

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

HELIKOPTEREIDEN KÄYTTETTÄVYYDEN KEHITTYMINEN

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Atte Sievälä

Kadettikurssi 98
Rajavartiolinja

Maaliskuu 2014

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 98	Linja Rajavartiolinja
Tekijä Kadetti Atte Sievälä	
Tutkielman nimi Helikoptereiden käytettävyyden kehittyminen	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Maaliskuu 2014	Tekstisivuja 29 Liitesivuja 2
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Tutkimuksen lähtökohtana on etsiä vastauksia sille, miten rajavartiolaitoksen helikoptereiden käytettävyyden on muuttunut 1960-luvulta. Tavoitteena on määrittellä käytettävyyden ja tutkia rajavartiolaitoksen käytössä olevien helikoptereiden käyttövarmuutta. Lisäksi on olennaista tietää mitkä asiat rajoittavat käytettävyyttä ja miten haasteisiin vastataan.</p> <p>Tutkimuksen ensimmäinen osa muodostuu käytettävyyden määrittelystä. Lähdeaineisto koostuu käyttövarmuuskirjallisuudesta ja oppimateriaaleista. Käytettävyyden määrittely tutkimuksessa standardi SFS-EN 60300-1 mukaan ja sitä tutkitaan järjestelmälogistiikan keinoin. Tutkimuksen toinen osa koostuu helikopterin käytettävyyden tutkimisesta. Pääaineistona tutkimuksessa käytetään rajavartiolaitoksen helikopterin käytettävyytilastoja. Kokeiden mekaanikkojen haastatteluiden pohjalta muodostetaan käytettävyyden kehittämisen erilaiset keinot. Tutkimus on ottanut huomioon Suomessa olevien helikoptereiden käytettävyyteen liittyviä ongelmia.</p> <p>Käytettävyyden on todennäköisyys sille, että laite on käyttökunnossa satunnaisena ajanhetkenä. Helikopterin käytettävyyden on riippuvainen sen toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta. Helikopteritekniikan kehittyminen vaikuttaa toimintavarmuuteen ja kunnossapidettävyyteen, sillä helikopteri vikaantuu harvemmin ja sen palauttaminen toimintakuntoon on nopeampaa. Organisaatio, laitevalmistaja ja niiden väliset sopimukset vaikuttavat kunnossapitovarmuuteen. Riittävä huoltokalusto, varaosat ja nopeat jotosuhteet parantavat niin huoltojen nopeutta kuin laatuakin. Käytettävyyttä voidaan parantaa kouluttamalla henkilöstöä, suunnittelemalla huoltajaksoja MSG-3 menetelmillä, päivittämällä helikoptereita ja hankkimalla tarpeellisia varaosia. Ihmisen vaikutus käytettävyyteen on muuttunut aikaisemman laitteistokeskeisen ajattelun suunnalta yhä enemmän ohjelmistojen kehittämiseen. Automatisoituminen ja kehittynyt ohjekirjallisuus vaikuttavat inhimillisten virheiden todennäköisyyteen ja vianetsintäaikaan vähentävästi.</p> <p>Helikoptereiden käytettävyyden on muuttunut vuodesta 1960. Uusi tekniikka, organisaatio muutokset ja osaamisen kehittyminen ovat mahdollistaneet käytettävyyden kasvun. Viimeisen 20 vuoden aikana käytettävyyden ei ole muuttunut merkittävästi. Tutkimus osoittaa, että ongelmista on siirrytty toisiin. Kaluston vanhenemiseen on pitänyt vaikuttaa lisäämällä tarkastuksia, kunnes päivittämisen jälkeen huoltorakenteita on kehitetty. Käytettävyyden on tasapaino huollon ja operatiivisen käyttäjän välillä. Tasapaino syntyy, kun huollolla on tasaisesti töitä, eivätkä voimakkaat lentomäärät pysty vaikuttamaan koko kaluston käytettävyyteen.</p>	
<p>AVAINSANAT käytettävyyden, helikopteri, toimintavarmuus, kunnossapidettävyyden, kunnossapitovarmuus</p>	

HELIKOPTEREIDEN KÄYTETTÄVYYDEN KEHITTYMINEN

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	TUTKIMUSAIHEEN ESITTELY	1
1.2	TUTKIMUSTEHTÄVÄN MÄÄRITTELY	2
1.3	KÄSITTEET.....	3
1.4	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	4
1.5	RAJAUS	5
2	KÄYTETTÄVYYDEN MÄÄRITTELY	6
2.1	JÄRJESTELMÄLOGISTIIKAN MÄÄRITTELY	6
2.2	ESIMERKKILASKUT KÄYTETTÄVYYDESTÄ	9
2.3	ISO 9241-11 MÄÄRITELMÄ.....	11
3	HELIKOPTERITEKNIIKAN KEHITTYMINEN	12
3.1	HELIKOPTERITEKNIIKAN HISTORIA	12
3.2	HELIKOPTEREIDEN TULEVAISUUS	13
3.3	RAJAVARTIOLAITOKSEN HELIKOPTEREIDEN KÄYTETTÄVYYS VUOSINA 1960-1990.....	14
4	RAJAVARTIOLAITOKSEN HELIKOPTEREIDEN KÄYTETTÄVYYS.....	15
4.1	TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	15
4.2	YKSIMOOTTORINEN RAJAVALVONTA HELIKOPTERI AW 119 Ke KOALA	16
4.3	KAKSIMOOTTORINEN MERIPELASTUSHELIKOPTERI AB/B412.....	18
4.4	KAKSIMOOTTORINEN MERIPELASTUSHELIKOPTERI SUPER PUMA	20
4.5	UUDEN SUPER PUMAN KÄYTETTÄVYYS.....	21
5	KEINOT KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMISEEN.....	23
5.1	TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN	23
5.2	KUNNOSSAPIDETTÄVYYDEN KEHITTÄMINEN	24
5.3	KUNNOSSAPITOVARMUUDEN KEHITTÄMINEN	24
6	TUTKIMUSTULOKSET.....	25
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	28
	LÄHTEET	30
	LIITEET.....	33

HELIKOPTEREIDEN KÄYTETTÄVYYDEN KEHITTYMINEN

1 JOHDANTO

Vartiolentolaivue on saavuttanut maineensa käyttämällä helikoptereita niille käskettyihin meripelastus-, etsintä- ja rajaturvallisuustehtäviin. Rajavartiolaitoksen helikopterikalustoa pidetäänkin luotettavana, vaikka silloin tällöin meripelastustehtäviä joudutaan lopettamaan kesken, kovien olosuhteiden takia. Kaluston käytettävyys näkyy parhaiten siinä, miten helikopteri suoriutuu sille asetetuista tehtävistä ja lähtee se tehtävälle. Tutkimuksessani vastaan kysymykseen, kuinka rajavartiolaitoksen helikopterikaluston käytettävyys on kehittynyt. Helikoptereiden käyttövarmuus sekä lainmukaiset tehtävät ovat muuttuneet rajavartiolaitoksen historian aikana. Käytettävyyttä pyritään jatkuvasti kehittämään ja rakentamaan stabiiliksi, jotta lento- ja huoltotoiminnan tasapaino säilyisi hallittuna. Tulevaisuudessa käytettävyys muuttuu etenkin uusien helikopterihankintojen myötä.

1.1 Tutkimusaiheen esittely

Rajavartiolaitoksella on käytössään 11 helikopteria rajaturvallisuuden, meripelastuksen ja viiranomaistoiminnan tukemiseen. Se ei ole kuitenkaan aina itsestään selvää, että helikopterit olisivat käytettävissä silloin, kun niitä tarvitaan. Tutkimuksella pyrin luomaan mielikuvan siitä, millaisiin asioihin vartiolentolaivue joutuu kiinnittämään huomiota, jotta kone olisi valmiina tehtävää varten.

Tutkimuksessa käytän lähestymistapana käyttövarmuutta, jota tutkimalla voidaan laskea käytettävyys. *Käyttövarmuuden* jaan ”Kunnossapito ja käyttövarmuus” -kirjan mukaan: *toimintavarmuuteen, kunnossapidettävyyteen ja kunnossapitovarmuuteen* [1, s. 9-12]. *Toimintavarmuuden* tarkastelu keskittyy niihin innovaatioihin, joilla helikopterin vikaantumista ja suorituskykyä on teknisesti parannettu. Kunnossapitotoiminnalla tutkin, kuinka helikopteri saadaan palautettua toimintakuntoiseksi ja takaisin käyttöön.

Historian katsauksella lukija saa käsityksen siitä, miten helikopteritoiminta on saanut alkunsa ja miten helikopterit ovat vuosien aikana muuttuneet. Liitteessä 1 esitellään rajavartiolaitoksella käytössä olleiden helikoptereiden perustiedot sekä niiden suorituskyvyt. Tutkimuksen taustalla on myös hyvä tuntee vartiolentolaivueelle määrätyt lainmukaiset tehtävät ja niiden kehitys.

Tällä tutkimuksella pyrin luomaan ensimmäisen suomenkielisen helikoptereiden käytettävyyttä tutkivan työn. Tekniikassa käytettävyyttä tutkitaan eri aloilla joka päivä, mutta rajavartiolaitoksessa käytettävyyttä on tutkittu vain satunnaisesti kuukausittain tai välillä vain vuosittain. Tutkimuksessa osoitetaan tekniikan kehityksen seuraukset helikopterin käytettävyydessä. Tutkimusta voisi täydentää laajentamalla tutkimusta koskemaan kaikkia helikoptereita tai tutkimalla käytettävyyttä taloudellisuuden ja kustannustehokkuuden rinnalla.

1.2 Tutkimustehtävän määrittely

Tutkimuksen pääkysymys: *Kuinka rajavartiolaitoksen helikopterikaluston käytettävyys on kehittynyt?*

Johdannossa avataan rajavartiolaitoksen määrittämiä lainmukaisia tehtäviä. Toisessa luvussa käsitellään käytettävyyden termiä tekniikan näkökulmasta. Kirjallisuuden ja tekniikan oppikirjojen avulla pyritään vastaamaan kysymykseen: *mitä on käytettävyys?* Kolmannessa luvussa kerrotaan, kuinka helikopteritekniikka on kehittynyt historiasta nykypäivään ja vastataan kysymyksiin: *Miten helikopteritekniikka on kehittynyt ja mihin tekniikka on kehittymässä?* Neljännessä luvussa syvennytään rajavartiolaitoksen käytössä oleviin helikoptereihin ja niiden käytettävyyteen. Haastattelemalla ja tutkimalla tilastoja pohdin vastausta kysymykseen: *Mikä on rajavartiolaitoksen käytössä olevan kaluston käytettävyys?* Viidennessä luvussa pohdin keinoja käyttövarmuuden parantamiseksi. Kysymykseen: *miten käytettävyyden haasteisiin voidaan vastata?* saan vastauksen haastattelemalla kokeneita mekaanikkoja ja vieraillemalla eri korjaamoilla.

Pääkysymyksessä on otettava huomioon vartiolentolaivueelle asetettujen tehtävien muuttuminen. Tämä huomioidaan käsitteiden määrittelyvaiheessa ja kolmannessa luvussa. En pidä oleellisena tutkia lakiuudistuksia, vaan kertoa miten helikopteritoiminta on muuttunut. Tärkeintä helikopteri toiminnassa ei ole saavuttaa mahdollisimman suurta käytettävyyttä, koska silloin ei kannattasi lentää ollenkaan. Käytettävyyden suhteen on oleellista löytää tasapaino

lentotoiminnan ja huoltamisen välillä. Muutoksiin joudutaan kuitenkin vastaamaan, kun lisätään suorituskykyä tai tehtävien määrää.

1.3 Käsitteet

Rajavartiolain 3.§ tiivistää rajavartiolaitokselle annetut tehtävät rajaturvallisuuden ylläpitämiseen, erikseen säädettyjen valvontatehtävien suorittamiseen sekä toimenpiteitä rikosten ennaltaehkäisemiseksi, selvittämiseksi ja syytteen saattamiseksi. Poliisi-, tulli-, etsintä- ja pelastustehtävien suorittaminen sekä osallistuminen sotilaalliseen maanpuolustukseen kuuluvat myös lainmukaisiin tehtäviin. Lisäksi pykälässä mainitaan meripelastustoimi erikseen säädettyä meripelastuslaissa. [2] Meripelastuslain 3.§ mukaan rajavartiolaitos on johtava meripelastusviranomainen, kyseisessä pykälässä muut kohdat määrittävät mistä rajavartiolaitoksen on huolehdittava. Vartiolentolaivue toimii yhdessä muiden rajavartiolaitoksen hallintoyksiköiden ja viranomaisten kanssa osana meripelastusta, valvontaa ja rajaturvallisuuden ylläpitämistä. [3]

Vartiolentolaivue on yksi rajavartiolaitoksen hallintoyksikkö. Kesäkuusta 2013 alkaen vartiolentolaivue on koostunut lentotoiminta- sekä lentoteknisestä yksiköstä. *Lentotoimintayksikössä* on yksi lentokoneryhmä ja kolme helikopteriryhmää. Yksikkö huolehtii laivueen operatiivisen lentotoiminnan suunnittelusta ja johtamisesta sekä lentokoulutuksesta. *Lentoteknisessä yksikössä* on kaksi ilma-aluskorjaamoja ja lentokelpoisuusjaos. Sisäministerin päätöksellä (9.12.2013) ilma-aluskorjaamot keskitetään pääkaupunkiseudulle vuoden 2016 aikana. *Lentotekninen yksikkö* huolehtii ilma-alusten huolto- ja korjaustoiminnasta ja lentokelpoisuuden valvonnasta. [4] Helikoptereiden *operatiivisella lentotoiminnalla* tarkoitetaan rajaturvallisuus- ja meripelastustehtäviä, käyttöhuoltoa sekä viranomaisten tukemista. *Lentotoimintakäsikirja* (LTK) määrittää mitä helikopterilla voidaan tehdä ja mitä rajoituksia toiminnalle on asetettu. *Ilma-aluskorjaamot* vastaavat kaluston *määräaikaishuollon* suunnittelusta ja toteuttamisesta sekä vika- ja vauriokorjauksista. *Käyttöhuolto* eroaa *määräaikaishuollosta* sen laajuuden kannalta. *Käyttöhuolto* pitää sisällään käyttäjän tekemät tarkastukset, täydennykset ja hyväksymiset lentotehtävälle. *Määräaikaishuolto* on puolestaan lentotuntimäärään tai kalenteriaikaan perustuvaa helikopterin laitteiden tarkastamista ja huoltamista.

Järjestelmälogistiikka (Systems Engineering) keskittyy yleisesti erilaisten järjestelmien analysointiin ja kehittämiseen. *Järjestelmälogistiikan* prosessi alkaa ongelmien määrittelyistä ja loppuu järjestelmän käytöstä poistamiseen. Järjestelmälogistiikan kannalta *käytettävyys* syntyy *käyttövarmuuden* (Availability performance) osoittimena. *Käytettävyys* kertoo miten laite

pystyy toteuttamaan vaaditut toiminnot tietyllä ajan jaksolla. [5] Käytettävyyttä määritellään tarkemmin toisessa luvussa. Järjestelmiä on varmennettava tai huolettava, sillä yksikään lentotekninen järjestelmä ei pääse käytettävyydeltään sataan prosenttiin [1, s.11]. Järjestelmiä varmentamalla ja huoltamalla pyritään siihen, että edes yksi helikopteri olisi käytettävissä silloin, kun sitä tarvitaan. Järjestelmälogistiikan avulla pystytään arviomaan tarvittavien varaosien, varajärjestelmien ja huoltojen kustannukset ja elinkaaret.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus pohjautuu pääasiassa lähdekirjallisuuteen. Lähdemateriaalin pohjalta tutkitaan sitä, miten käyttövarmuuden osatekijät ovat muuttuneet yhdessä rajavartiolaitoksen tehtävien ja kaluston kanssa. Aikaisempia tutkimuksia käytetään hyväksi asiasisältöjen tarkentamiseen. Käytettävyyttä on tutkittu Suomessa monilla eri osa-alueilla, kuten teollisuudessa ja tietotekniikassa. Helikoptereiden käytettävyyttä on seurattu Suomessa, mutta kirjallisia tutkimuksia siitä ei ole julkaistu.

Lähdekirjallisuus muodostuu helikoptereiden yleistä kehittymistä käsittelevistä teoksista sekä Jyväskylän Ammattikorkeakoulun järjestelmälogistiikan opetusmateriaalista ja konetekniikan käyttövarmuuden oppikirjoista. Helikopterikirjallisuudessa voidaan nähdä kirjoittajien kokemus ja helikopterituntemus. Suomenkieliset helikopterikirjat ovat hyvin samankaltaisia, ainoastaan muutamia yksityiskohdat poikkeavat toisistaan. Lähteitä vertailemalla ja kirjoittajien näkemyksiä selvittämällä sain monipuolista ja laaja-alaista tutkimustietoa, sillä teokset olivat toisiaan täydentäviä. Lehti- ja internetartikkeleissa luotettavuus täytyi tarkastaa vertailemalla lähteitä keskenään. Tutkijana luokittelin artikkelit todenmukaisiksi, vaikka helikopterin suorituskykyä tarkistaessa pitää muistaa markkinoinnin liioittelu. Englanninkieliset lähteet perustuivat kansainvälisiin lehtiartikkeleihin, joissa pohdittiin helikoptereiden käyttöön ja kehitykseen liittyviä asioita. Artikkelit on julkaistu kansainvälisesti arvostetuissa ilmailulehdissä tai verkkosivuilla.

Ammattilaisen haastattelut ovat tärkeä osa tutkimusta tehtäessä, sillä mekaanikot ja asiantuntijat tuntevat kaluston ja sen puutteet parhaiten. Rajavartiolaitoksen helikoptereiden käytettävyys tunnetaan hyvin vartiolentolaivueen esikunnassa, missä käytettävyyttä seurataan vuosittain. Haastatteleamalla kokeneita mekaniikkoja ja ohjaajia sain selville koneita koskevia yksittäisiä havaintoja ja huomioita tekniikasta ja taktiikasta. Tilastoanalyysit ja niiden vertaaminen teorioihin luovat tieteellisesti havaittavia tuloksia. Vieraillemalla vartiolentolaivueessa pääsin itse näkemään tällä hetkellä käytettävissä olevan kaluston toimintaa.

1.5 Rajaus

Tutkimuksessani rajaan käytettävyyden kehittymisen rajavartiolaitoksella olleisiin helikoptereihin. Helikopteriteoriaa ja aerodynamiikkaa käsitellään vain, kun sillä on merkitystä käytettävyyteen. Tutkittavat aineistot koskevat vartiolentolaivueen esikunnassa kerättyjä käytettävyyden tilastoja. Pääpainona tällä hetkellä käytössä olevat helikopterit: AW119KE Koala, AB/B412 ja AS322L1 Super Puma sekä vuoden 2015 lopussa tuleva AS332L1e Super Puma. Lisäksi pohdin ilmavoimien, helikopteripataljoonan ja Helitecin tapoja parantaa käytettävyyttä. Tutkimuksessa pohditaan myös tulevaisuuden helikoptereiden mahdollisia vaikutuksia helikoptereiden käytettävyyteen.

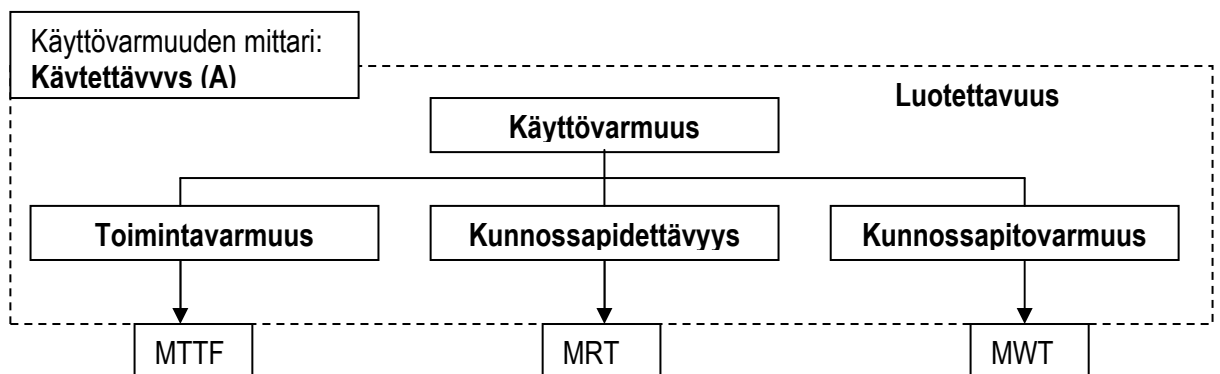
2 KÄYTETTÄVYYDEN MÄÄRITTELY

Tässä luvussa käytettävyys jaetaan kahteen alalukuun. Ensimmäinen alaluku määrittelee käytettävyyden yleisellä järjestelmälogistiikan ja standardin SFS-EN 60300-1 määrittelemillä tavoilla. Tässä kappaleessa keskeisiä sanoja ovat *käyttövarmuus*, *luotettavuus*, *toimintavarmuus*, *kunnossapidettävyys* ja *kunnossapitovarmuus*. Toisessa alaluvussa perehdytään tuotekehityksen tapaan muodostaa *käytettävyys* standardin ISO 9241-11 tavalla.

2.1 Järjestelmälogistiikan määrittely

Järjestelmälogistiikka määrittelee käytettävyyden käyttövarmuuden mittariksi. Käytettävyydessä usein puhutaan prosenttiosuudesta, mikä saadaan laskemalla laitteen toimintakelpoisuusaajan (UP -time) suhteessa laitteen toimintakelvottomuusaikaan (DOWN -time). Jokaiselle laitteelle voidaan siis laskea käytettävyys, jolla osoitetaan miten laitteisto pystyy toimimaan annetulla tehtävällä kyseisenä ajan jaksona. [5; 6]

Standardi SFS-EN 60300-1 määrittää käyttövarmuuden järjestelmälogistiikan tavoin. Käytettävyys $A(t)$ on todennäköisyys sille, että laite toimii valitulla ajan hetkellä, vaikka ennen sitä laitetta olisi korjattu useita kertoja. Luotettavuus $R(t)$ on puolestaan todennäköisyys sille, että laite on ollut toiminnassa valittuun ajan hetkeen saakka. [6; 7; 8]



Kuva 1. Käyttövarmuus [5; 6]

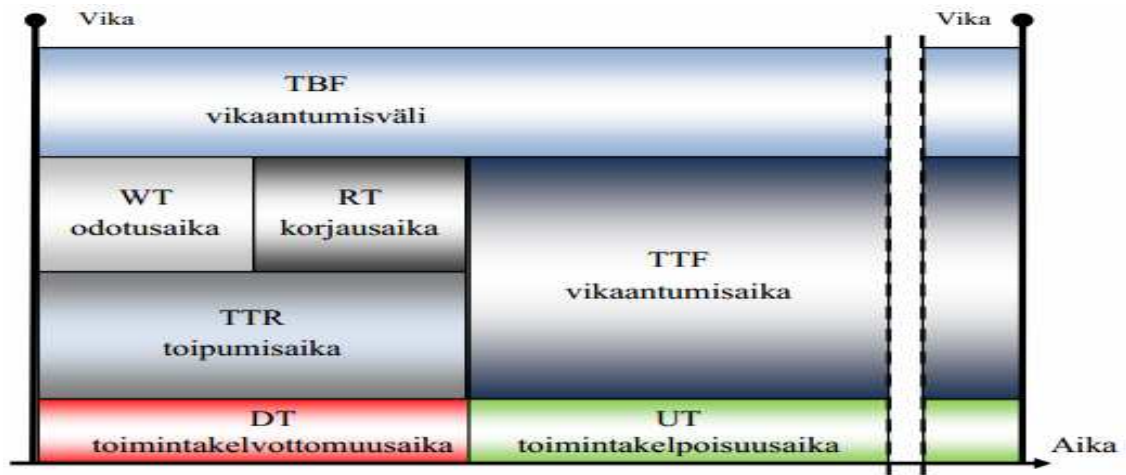
Kuvan 1 mukaan *käyttövarmuus* (Availability) on jaettu *toimintavarmuuteen*, *kunnossapidettävyteen* ja *kunnossapitovarmuuteen* [1, s. 9-12; 8]. Käyttövarmuus kuvastaa järjestelmän kykyä suorittaa vaaditut toiminnot määritellyissä olosuhteissa ja ajanjaksoina, edellyttäen, että vaadittavat ulkoiset resurssit, kuten polttoaine, ovat käytettävissä [5]. Näistä siis kaksi ensimmäistä, *toimintavarmuus* ja *kunnossapidettävyys*, ovat koneen teknisiä ominaisuuksia, jot-

ka tulisi ottaa huomioon laitetta hankittaessa. *Kunnossapitovarmuus* sen sijaan muodostuu järjestelmää ylläpitävän infran olemassaolosta. Käytettävyys muuttuu siis sen mukaan miten edellä olevia osatekijöitä kehitetään ja parannetaan. [1; 5; 6; 7]

Toimintavarmuus voidaan myös ymmärtää laitteiston *luotettavuutena* (reliability). *Toimintavarmuus* on järjestelmän kykyä suorittaa vaaditut toiminnot määritellyissä olosuhteissa ja määrättyinä ajanjaksona. Tässä kontekstissa termit voidaan yhdistää ja jakaa *luotettavuus* kolmeen alatekijään: *laitteistoihin*, *ohjelmistoihin* ja *ihmisiin*. *Laitteistot* (hard ware) ja niiden kehittyminen mekaanisista sähköisiin ja langattomiin, vaativat yhä enemmän huomiota *ohjelmistoihin* (soft ware) ja niiden *luotettavuuteen*. *Toimintavarmuuden* kolmas tekijä on *ihmisen* (human) kyky hallita laitteita ja ohjelmistoja. [5; 6]

Kunnossapidettävyys (maintainability) eli huollettavuus syntyy yksinkertaisista, helpoista, standardisoiduista ja modulaarisista järjestelmistä (hard ja soft ware). *Kunnossapidettävyys* kuvaa laitteiston kykyä pysyä toimintakunnossa tai olla palautettavissa toimintakuntoon, kun kunnossapito suoritetaan määräoloissa käyttäen määrämenetelmiä, -välineitä ja -henkilöstöä [5]. *Kunnossapidettävyyttä* voidaan arvioida sitä kautta, miten nopeasti järjestelmä voidaan palauttaa tehtäväkelpoiseksi. Aikaisemmin mekaanikko joutui purkamaan jopa puolet moottorista, vaihtaakseen kuluneen osan. Nykyään mekaanikko vaihtaa tilalle kokonaan uuden moduulin ja helikopteri on nopeammin toimintakuntoinen. [1; 6]

Kunnossapitovarmuus (supportability) eli tuettavuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä hankkia kunnossapitoon tarvittavat välineet, tarvikkeet ja henkilöt. Koska tekniikka on kehittynyt monimutkaisemmaksi, yksi mekaanikko ei pysty hallitsemaan koko järjestelmää täydellisesti. Organisaation toiminnassa pitää nykyään huomioida useampia tekijöitä kuin aikaisemmin. Mistä varaosat saadaan, kuka osaa huoltaa avioniikkajärjestelmiä tai kenellä on lupa korjata tiettyjä laitteita? [5; 6]



Kuva 2. Käyttövarmuuden aikamääreitä [6]

Kuvan 2 avulla *käytettävyyden A* laskeminen voidaan tehdä useilla eri tavoilla. Yksinkertaisimmassa mallissa *käytettävyys* voidaan muodostaa vertailemalla *käytössä (UP)* -aikoja *ei käytössä (DOWN)* -aikoihin. Vastaavasti *käytettävyys* muodostuu *keskimääräisen vikaantumisaajan (MTTF, mean time to failure)* ja *keskimääräisen seisokkiajan (MDT, mean down time)* suhteista. MDT tarkoittaa samaa kuin *keskimääräinen toipumisaika (MTTR, mean time to restoration)*. MDT ja MTTR koostuvat *keskimääräisestä korjausajasta (MRT, mean repair time)* ja *keskimääräisestä korjaukseen kuluva viiveestä (MWT, mean waiting time)*. [5; 6] Ottamalla siis huomioon ajat, kun kone on käytössä, huollossa tai odottamassa varaosia, voidaan laskea *käytettävyys* kaavalla 1.

$$\text{Kaava 1 [5] } \textit{käytettävyys A} = \frac{UP}{UP+DOWN} = \frac{MTTF}{MTTF+MDT} = \frac{MTTF}{MTTF+MRT+MWT}$$

UP aika pitää siis sisällään ajat, jolloin järjestelmä on käytössä (USE) sekä toimintakunnossa, mutta odotustilassa (STAND BY). Ilma-aluksilla STAND BY aika lasketaan UP ajan sisälle, mutta esimerkiksi paperitehtaalla STAND BY aika ei ole UP ajassa, koska silloin koneet eivät tuota paperia. Ilma-aluksilla riittää, että järjestelmä on valmiina maassa. [5]

Käytettävyyden $A(t)$ ajanhetkellä t voi laskea kaavan 2 avulla, kun tunnetaan laitteen vikataipumuksen derivaatta $\lambda'(t)$ (Lamda), MTTR ja MWT. $\lambda'(t)$ muodostetaan vikataajuuden $w(t)$ derivaattana. Derivaatta kertoo siis miten vikaantuminen muuttuu laitteen eliniän aikana. Kaava toimii paremmin laitteille, joiden käyttö on jatkuvaa. Esimerkiksi teollisuusrobotin *käytettävyys* voidaan ennustaa, kun tunnetaan vikataajuus $w(t)$, MTTR ja MWT. [7; 9]

$$\text{Kaava 2 [7] } A(t) = (1 + \lambda'(t) * (MTTR + MWT))^{-1}$$

2.2 Esimerkkilaskut käytettävyydestä

Rajavartiolaitoksella on käytössään viisi AB/B412 helikopteria. Tilastojen mukaan vuoden 2007 aikana helikoptereilla on lennetty yhteensä 1368 tuntia. [10] Yksi kone lentää silloin keskimäärin 274 tuntia. Jos UP ajaksi hyväksyttäisiin ainoastaan lentotunnit, voitaisiin laskea lentotuntien suhde vuodessa oleviin tunteihin kaavan 1 avulla. Vuodessa on 8760 tuntia. Helikopterin UP aika on 274 tuntia ja DOWN aika 8486 tuntia. Kaavan 3 mukaan laskettuna *käytettävyys* koneella vain lentotunnit hyväksyen on 3,1 prosenttia.

Kaava 3

$$A = \frac{UP}{UP+DOWN} = \frac{274}{274+8486} \approx 0,031 = 3,1 \%$$

Koska STAND BY aika osa UP aikaa, voidaan *käytettävyys* laskea vertaamalla keskeytysvuorokausia koko vuoteen. Rajavartiolaitoksella helikoptereiden huoltopäivämäärät merkataan toiminnan keskeytysvuorokausiksi. AB/B412 -kaluston keskeytysvuorokaudet vuonna 2007 olivat helikoptereittain 95, 82, 75, 124 ja 83 päivää vuodesta. Voimme tutkia yksittäisen helikopterin *käytettävyyttä* esimerkiksi valitsemalla sellainen helikopteri, jolla keskeytysvuorokausia on 95. Koska vuodessa on 365 vuorokautta, on helikopteri käytössä 270 päivää vuodesta. Kaavan 4 mukaan laskettuna *käytettävyys* on silloin 74 prosenttia.

Kaava 4

$$A = \frac{UP}{UP+DOWN} = \frac{270}{270+95} \approx 0,74 = 74 \%$$

Koko kaluston *käytettävyys* voidaan laskea yksittäisten helikoptereiden *käytettävyys* keskiarvona. Edellistä kaavaa käyttämällä *käytettävyys* ovat likimäärin seuraavat: 74, 76, 79, 66 ja 77 prosenttia [10]. Näin ollen koko kaluston *käytettävyys* on 74,4 prosenttia. *Käytettävyys* voidaan laskea myös suoraan koko kalustolle. Vuonna 2007 keskeytysvuorokausia oli yhteensä 459. Tässä tarkastelussa pitää ottaa huomioon, että jokaisella helikopterilla on omat 365 vuorokautta, johon keskeytysvuorokausia verrataan. Näin ollen viiden helikopterin 1825 vuorokautta kohden tulee 459 keskeytysvuorokautta. Kaavan 5 mukaan *käytettävyys* olisi 74,8 prosenttia.

Kaava 5

$$A = \frac{UP}{UP+DOWN} = \frac{5 \cdot 365 - 459}{5 \cdot 365} \approx 0,748 = 74,8 \%$$

Käytettävyyttä voidaan pohtia myös toisesta näkökulmasta. Keskimäärin AB/412 helikopteria huolletaan lentotuntia kohden kolme tuntia [10]. Pelkistetysti *käytettävyys* on silloin 1:4 eli 25 prosenttia. Seuraavassa esimerkissä on laskettu, miten paljon helikopterilla voisi vuodessa

maksimissaan lentää, jos haluttaisiin, että *käytettävyys* olisi 70 prosenttia. Koska lentotuntia kohden helikopteri on huollossa kolme tuntia, täytyy helikopterin olla STAND BY tilassa x tuntia. Aikaa x voimme laskea kaavan 6 avulla.

Kaava 6
$$A = \frac{UP+STAND\ BY}{UP+DOWN+STAND\ BY} = \frac{1+x}{1+3+x} = 70\% \rightarrow x = 6$$

Matematiikan laskusääntöjen mukaan x :n arvoksi saadaan kuusi. Tämä tarkoittaa sitä, että huollon lisäksi helikopteri on lentotuntia kohden STAND BY -tilassa kuusi tuntia. Lentotuntiin menetetään siis $1+3+6$ eli yhteensä 10 tuntia. Jos lentotuntien ja huoltojen suhde pysyisi vakiona, voitaisiin lentää maksimissaan 876 tuntia vuodessa, jotta käytettävyys olisi 70 prosenttia. Jos sama laskutoimitus tehdään Super Puma -helikopterille, jota huolletaan keskimäärin 12 tuntia lentotuntia kohden [10], joutuu helikopteri olemaan STAND BY tilassa 27 tuntia. Näin ollen vuotuinen lentotuntimäärä jäisi alle 219 tuntiin. Kyseisiä arvoja joudutaan miettimään erityisesti ilmavoimissa, kun suunnitellaan vuotuisia lentotuntimääriä. Laskutoimituksissa ei kuitenkaan oteta huomioon muuttuvia seikkoja; esimerkiksi yhden koneen yllätyksellinen vaurioituminen pudottaa lentotuntien määriä huomattavasti.

Kaavan 2 käyttö ei suoraan palvele tutkimuksen käytettävyyslaskuja, mutta esimerkkinä kaavaa 2 voidaan käyttää käyttöhuollon puolella. Lasketaan esimerkki jossa laitteen vikaantumistaajuuden muutokset $A'(t)$ tunnetaan (Kaava 7). $A'(t)$ voidaan Poisson prosessin mukaan pitää samana kuin hasardifunktion $h(t)$, kun oletetaan korjauksen saattavan laite samanlaiseksi kuin enne vikaa. Vian korjaamiseen mekaanikolta tiedetään kestävän 30 minuuttia, viive katsotaan olevan niin pieni että sitä ei oleta huomioon. [7; 9]

Kaava 7 [7]
$$h(t) = 0.2 \left(1 - \frac{t}{15}\right)^6 + 0,035 = A'(t)$$

Sijoittamalla saadut $A'(t)$ arvot kaavaan 2 voimme laskea käytettävyydet eri t :n arvoilla. Käytettävyys muuttuu seuraavasti. [7]

Taulukko 1. Käytettävyys $A(t)$, t :n arvoilla 3, 5, 10, 20, 30 ja 40

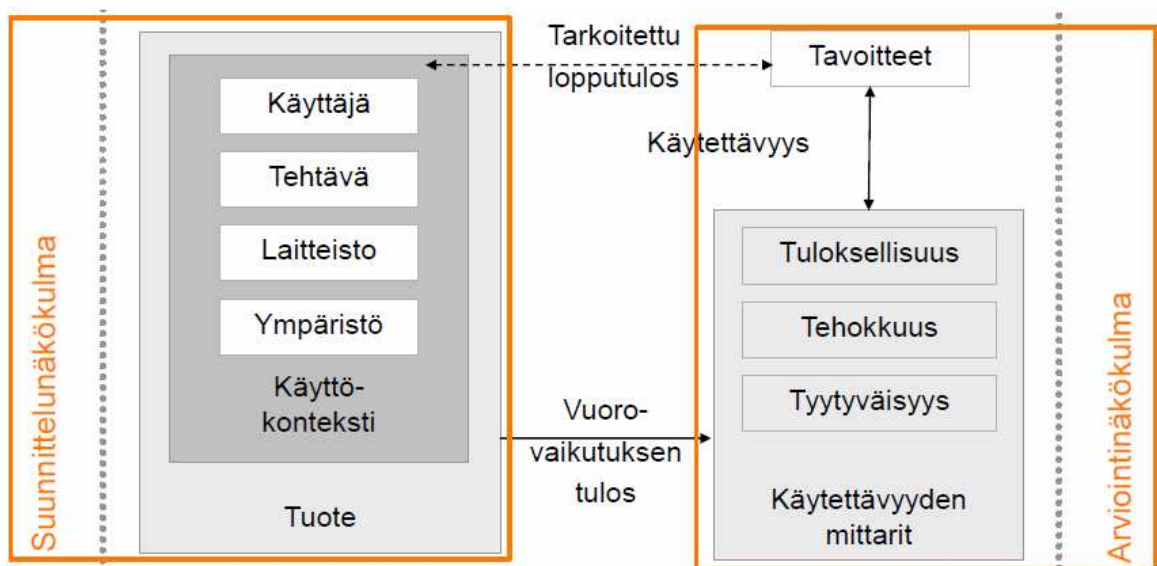
aika	3	5	10	20	30	40
$h(t) = A'(t)$	0,102	0,063	0,037	0,035	0,053	0,702
$A(t)$	0,951	0,969	0,982	0,983	0,974	0,740

Taulukko 1 kertoo, että kolmen tunnin kohdalla vikaantumisia tulee noin 0,1 kertaa tunnissa. Vastaavasti vikaantumisia tapahtuu kymmenen tunnin kohdalla noin 0,04 kertaa tunnissa.

Taulukosta 1 voimme nähdä käytettävyyden paranevan vielä 20 tunnin kohdalla kunnes 30 tunnin jälkeen käytettävyys romahtaa. Vikataajuuden pienentyminen laitteen elinkaaren alkuvaiheessa voidaan perustella luotettavuuden tekniikan avulla. Laitteen elinkaaren alkuvaiheessa on alkuvikoja. Kun laitetta korjataan, vikataajuus vakiintuu ja lopulta tapahtuu laitteen huononeminen ja vikaantumiset yleistyvät. Hetkellinen käytettävyys nähdään taulukosta ensin paranevan ja lopussa laskevan.[7; 9] Kaavan 2 avulla voidaan siis ennustaa laitteen vikaantumista, kun käytössä on riittävän kattavat tilastot laitteen vikaantumisista.

2.3 ISO 9241-11 määritelmä

Käsitteenä *käytettävyys* (usability) tarkoittaa suomenkielessä muutakin kuin miten järjestelmälogistiikka sen määrittelee. ISO 9241-11 standardi määrittää *käytettävyyden* tuloksellisuuden, tehokkuuden ja tyytyväisyyden mittariksi. Kuvassa 3 Standardi ottaa *käytettävyydessä* huomioon kuka tuotetta käyttää, mihin tehtävään sitä käytetään, miten laitteisto toimii ja onko ympäristöllä vaikutusta lopputulokseen. Kun tavoitteeseen on päästy, arvioidaan edellä mainittujen mittareiden avulla millainen tuote oli käytettävyydeltään. Esimerkiksi vanha ihminen yrittää soittaa puhelimella pimeässä. Hänellä kestää puhelun yhdistämiseen viisi minuuttia, mutta on kuitenkin tyytyväinen puhelimeen puhelun päätyttyä. Näin ollen *käytettävyys* voidaan arvioida hyväksi, jos tyytyväisyydellä olisi korkeampi painoarvo kuin tehokkuudella. [11; 12]



Kuva 3. Käytettävyys standardi ISO 9241-11 määritelmä [12]

3 HELIKOPTERITEKNIIKAN KEHITTYMINEN

Helikopterin toiminta oli tuttua kiinalaisissa leluissa jo 400-luvulla. Leonardo da Vincin piirustus helikopterista vuodelta 1485 on säilynyt aikansa tunnetuimpana piirustuksena. Jo vuonna 1843 esitettiin laite, joka näytti helikopterilta ja jonka voimalaitteena toimi höyrykone. [13, s 2-13] Kolmannessa luvussa tutkin helikopteritekniikan kehittymisen vaikutuksia *toimintavarmuuteen* ja *kunnossapidettävyyteen*. Samalla kuvailen miten rajavartiolaitoksella käytössä ollut kalusto ja sen kehittyminen ovat vaikuttaneet *käytettävyyteen*.

3.1 Helikopteritekniikan historia

Riittävän voimanlähteen löytyminen mahdollisti helikopterin ilmaannousun. Nykyisen mäntämoottorin esi-isä Antoinette-moottori nostatti ensimmäisen koneen 1,5 metrin korkeuteen 13. lokakuuta 1907, mikä rekisteröitiin ensimmäiseksi helikopterilennoksi. Ensimmäisen maailmansodan aikana kehitettiin tähtystyslaite, joka nousi kolmen tähtimoottorin ansiosta 40 metrin korkeuteen ja saavutti yhden tunnin lentoajan. Mäntämoottorien kehityttyä ongelmaksi muodostui aerodynaamisten lakien voittaminen. Toisessa maailmansodassa kehitetty turbiinimoottori saatiin helikoptereihin vuonna 1951, kun ranskalainen SNCASE -yritys alkoi valmistaa Alouette II -helikoptereita. Turbiinimoottoreita käytetään edelleen pienissä yksimoottorisissa koneissa ja suuremmissa kaksimoottorisissa helikoptereissa.

Helikopterin kehitystä vauhdittivat keksinnöt siitä, miten roottorin vauhdikkaasta pyörimisestä syntyneet voimat voidaan kumota. Kehitettiin koaksiaalihelikopteri, jossa kaksi pääroottoria pyöri eri suuntiin ja näin runkoon ei kohdistu vääntömomenttia. Hollantilainen Von Baumhauer rakensi helikopterin, jossa vääntömomentti kumottiin erikseen olevalla pyrstöroottorilla. [13] Espanjalainen Cierva rakensi lentolaitteen, jota kutsuttiin autogiroksi. Autogirossa työntövoima saatiin tavallisen lentokoneen tapaan potkurilla. Kiinteän siiven sijaan siinä käytettiin vapaasti pyörivää roottoria. Ilmanvastus muodosti roottorille pyörimisenergiaa, josta saatiin nostovoimaa ylöspäin. Cierva kehitti pääroottorin napaan lepatus- ja sulkanivelen. Nivelet mahdollistivat lavan vapaan liikkeen ylös-, alas-, eteen- ja taaksepäin. Vapaa liike tasoitti nostovoimaepätasapainon synnyttämän kallistuspyrkimyksen ja esti lavan tahattoman taipumisen. Koska autogiro vaati toimiakseen vähintään 50 kilometrin tuntinopeuden, kehitettiin kytkin, jolla potkurin sijaan pyöritettiin roottoria. Tämä mahdollisti sen, että helikopteri saattoi nousta ilmaan lähes paikaltaan. [13]

Tekniikan kehittyminen toi 1970-luvulta mukanaan digitalisoitumisen. Avioniikkajärjestelmät, lennonlaskentalaitteet ja muut sähköjärjestelmät alkoivat kehittyä ja vaikuttivat suuresti muun muassa ohjaamoiden ulkonäköön ja helikopterin suorituskykyyn. Sähköiset anturit moottoreissa ja hallintalaitteissa mahdollistivat tarkan ja virheettömän säätämisen sekä teknisentiedon analysoimisen jo lentotehtävän aikana. Raskaita laitteita vaihdettiin uusiin tehokkaampiin ja kevyempiin järjestelmiin. Muun tekniikan ohella pelastusjärjestelmät ja varusteet kehittyivät. Helikopteriin pystyttiin rakentamaan myös ensihoitoa varten kiinteitä ja siirrettäviä laitteita. Lisäksi laitteistot metsäpalojen sammuttamiseen kehittyivät.

3.2 Helikoptereiden tulevaisuus

Vuosituhanen vaihtuessa Suomen puolustusvoimille tuli uutta helikopteritekniikkaa edustava NH-90 helikopteri. Täysin sähköistä ohjausjärjestelmää (Fly-by-wire) ei aiemmin ole käytetty helikoptereissa, vaikka sen käyttö on tunnettu lentokoneissa jo 1970-luvulta. Fly-by-wire tarkoittaa yksinkertaisesti ohjausjärjestelmää, jossa ohjaaja esittää tietokoneelle toiveen halutusta lentotilan muutoksesta. Esimerkiksi jos ohjaaja haluaa kaartaa oikealle, tietokone laskee mitä ohjainpintoja kannattaa käyttää toiveen toteuttamiseksi. Helikopteri kaartaa oikealle ilman, että ohjaaja tietää mitkä ohjainpinnat liikkuvat. Uudet lennonlaskentalaitteet pystyvät yhä tarkemmin saavuttamaan niille määrättyjä tehtäviä, kuten lentämään määrättyyn paikkaan, säädetylle korkeudelle tai jatkamaan liikettä halutulla nopeudella, suunta ja korkeus säilyttäen. [14]

NH-90 helikopteri on rakennettu lujitemuovikomposiittimateriaalista. Tällä hetkellä kevyiden komposiittirakenteiden yleistymisen nopeus, sillä teräkseen verrattuna sama kestävyys saadaan komposiitilla. Näin järjestelmistä saadaan huomattavasti kevyempiä. Lisäksi materiaali on pitkään kestävä ja rakenteeltaan väsymätöntä eikä se altistu korroosiolle tai lämpölaajenemiselle. Toki komposiitti on kalliimpaa ja vaurioita on vaikea havaita ja korjata. Aineen työstäminen on muottien avulla nopeaa ja helppoa, mutta elimistölle se on haitallista. [15]

Helikopterivalmistajat pyrkivät valmistamaan klassisia helikoptereita etsintä-, pelastus-, ja VIP -tehtäviin, joiden kuormankanto kyky, varustamistaso ja toimintamatka palvelevat sekä hätään joutuneita että arvovaltaisia yritysjohtajiakin [16]. Valmistajat tavoittelevat yhä nopeampia helikoptereita, jolloin niistä poistetaan pyrstöroottori ja runkoon sijoitetaan potkureita. Potkureilla muodostetaan työntövoimaa liikesuunnassa eteenpäin, jolloin lentonopeus kasvaa yli kaksinkertaiseksi. Tällöin helikopterilla voidaan lentää nopeammin autogiron ja lentokoneen tavoin. Vuonna 2010 Sikorckyn X2 - helikopteri saavutti pyöriväsiipisten ilma-alusten

lennonopeusennätyksen lentämällä 417 kilometriä tunnissa. Helikoptereiden sotilaskäytön yleistyminen edesauttaa uuden helikopteritekniikan kehittymistä. [17]

3.3 Rajavartiolaitoksen helikoptereiden käytettävyys vuosina 1960-1990

Vuonna 1960 rajavartiostojen esikunta teki hankintasopimuksen kahden sairaankuljetushelikopterin SM-1 hankinnasta. Samalla esikunnassa päätettiin helikoptereiden käyttötarkoituksista sekä henkilöstön koulutuksen alkamisesta. SM-1 helikoptereilla ei saanut lentää yöllä eikä huonoissa olosuhteissa. 1960-luvulla lentotehtäviä oli vuosittain noin sata. Suomen Punainen Risti lahjoitti rajavartiolaitokselle Alouette II -turbiinihelikopterin, jonka tehokkuus näkyi parempana toiminta-aikana ja lentonopeutena. Jään esto- ja poistojärjestelmät olivat kuitenkin alkeellisia ja kovalla pakkasella helikopterin käynnistäminen oli hankalaa. [18; 19] Tekniikka oli pääosin mekaanista. Alumiiniset ja teräksiset rakenteet olivat raskaita ja ne joutuivat koville helikopterin värähtelyissä ja muuttuvissa olosuhteissa. Turbiinimoottoreita ei tarvinnut huoltaa yhtä usein kuin mäntämoottoreita, koska niiden huoltojaksot olivat pidempiä. [20]

Agusta Bell AB 206 Jet Ranger -helikopterihankinnan jälkeen vuonna 1970 lentolaitteet olivat kehittyneet jo niin paljon, että myös yöllä lentäminen tuli mahdolliseksi. Tekniikan kehittyminen paransi mekaanisten osien kestävyyttä, jolloin ne kestivät paremmin värinää ja kulumista. 1970-luvulla helikopterin käyttö yleistyi myös rajaturvallisuuden ylläpitämisessä, kadonneiden etsinnässä ja valtion ylimmän johdon kuljettamisessa. Lentotehtävät kasvoivat 200 tehtävään vuodessa. Vaikka helikoptereissa oli käytössä radiolaitteet, tuotti epämääräinen johdostuvuus kuitenkin haasteita tehtävälle hälyttämisessä. Hälytystä ei joko kuultu tai sitä ei tullut ollenkaan. [18; 19] Kun kalustoa oli enemmän, jouduttiin kouluttamaan lisää henkilökuntaa, minkä seurauksena myös kunnossapitovarmuus parani. Samalla varaosia voitiin ostaa valmiiksi, kun tunnettiin vikaantumiselle alttiit kohteet. [20; 21]

Uusien meripelastushelikoptereiden tarve kasvoi suurten onnettomuuksien seurauksena 1980-luvulla. Valittiin rajavartiolaitoksella edelleen käytössä oleva AB412 -helikopteri ja väliaikaisesti Suomen ilmavoimilla myös ollut MI-8 -helikopteri. MI-8:n kunnossapitovarmuus oli hyvä, sillä ilmavoimista saatiin varaosia sekä osaamista nopeasti. Tekniikka MI-8:ssa oli aikansa huippua. Mittarilentokyky, jäänpoistojärjestelmät ja vahvarakenne palvelivat käytettävyttä uudella tavalla. MI-8 ei kuitenkaan suuren koon ja heikkojen moottoreiden takia soveltunut meripelastustehtäviin. 1980-luvun lopussa valittiin MI-8:n korvaajaksi AS322 L1 Super Puma. [18; 19; 22; 23]

4 RAJAVARTIOLAITOKSEN HELIKOPTEREIDEN KÄYTETTÄVYYS

Tässä luvussa tutkin mikä on tällä hetkellä rajavartiolaitoksella käytössä olevan helikopterikaluston *käytettävyys*. Lisäksi tutkin toimintaympäristöjen muuttumisen vaikutusta helikopterin käytettävyyteen. Käytettävyyttä on rajavartiolaitoksella tutkittu 1990-luvulta ja sitä on tilastoitu yhden vuoden tarkkuudella. Vuoden aikana kerätään tietoa siitä, milloin helikopteri on ollut huollossa tai operatiivisessa käytössä. STAND BY -aika on huomioitu tilastoissa ja silloin helikopterin katsotaan olevan käytössä. Tilastoista käytettävyys on laskettu kaavan 1 avulla, esimerkkilaskukaavan 4 mukaan. Käytettävyyskuvat ovat yksinkertaistettu luettavuuden parantamiseksi. Muutamista tilastoista voidaan koota myös kuukausittainen käytettävyyskäyrä, mutta tutkimuksen kannalta oleellista on pitkän aikavälin seuraaminen. Tilastoista havaittuja muutoksia olen tutkinut yhdessä Diplomi-insinööri Matti Outisen kanssa, joka toimii vartiolentolaivueen esikunnassa ja on laatinut kyseiset aineistot ja tilastot. Vuoden 2006 tilastoja ei ollut saatavissa ja vuoden 2013 tilastot olivat keskeneräisiä. Liitteessä 2 on esitelty rajavartiolaitoksen käytössä oleva kalusto.

4.1 Toimintaympäristö

Toimintaympäristö ei historian aikana ole varsinaisesti muuttunut. Suurimpana erona vanhaan on helikoptereiden luotettavuuden kehittyminen. Näin ollen lentäminen yöllä, merellä ja haasteellisimmissa olosuhteissa on tullut mahdolliseksi ja turvallisemmaksi. Ihmisten työturvallisuuden takia on kuitenkin tehty asetuksia, jotka rajoittavat toimintaa, vaikka helikopterit pysyisivät vielä haasteellisempiinkin olosuhteisiin [24]. Ilmailulaki määrittää, että siviili-ilmailussa lentotoimintaluvan saaminen edellyttää toimintakäsikirjan laatimista, joka määrittelee muun muassa toiminnan rajoitukset. [25] Liikenteen turvallisuusvirasto (TraFi) määrittelee lentotoimintaa harjoittaville yrityksille ohjeet toimintakäsikirjan muodostamiseen. Samalla TraFi vastaa toimintakäsikirjan hyväksymisestä [26]. Vartiolentolaivueen oma lentotoimintakäsikirja (LTK) määrittelee vartiolentolaivuetta koskevat toimintarajoitukset, jotka rajoittavat lentotoimintaa tietyissä olosuhteissa. Toki ilma-aluksen päällikkö vastaa tehtävän suorittamisesta, mutta päätösten tulee perustua voimassa oleviin määräyksiin. [24] Trafien määritelmien mukaan toimintakäsikirjan ensimmäinen osa A, sisältää tietoa muun muassa miehistöä koskevista vaatimuksista, turva- ja toimintamenetelmistä sekä lentosäännöistä. B-osa sisältää ilmaaluksille yksilökohtaiset ohjeet ja menetelmät turvallisen lentotoiminnan ylläpitämiseksi. [26]

Vartiolentolaivueessa rajoitukset on tarkkaan säädetty. Pelastustoiminta määrittelee lentotoiminnan rajoitukset, vaikka suurin osa lentotoiminnasta on rajavalvontaa. Tärkeintä on ymmärtää rajoitteiden perusteet teoreettisesti sen sijaan, että kirjoittaisin toimintaympäristön jokaiset rajoitteet. Tärkeintä on huomioida, että käytössä olevat rajoitukset eivät ole absoluuttisia raja-arvoja milloin ilma-alus lakkaisi toimimasta tai milloin ohjaajan suorituskyky loppuisi täysin. Rajoituksilla pyritään luomaan turvallinen toiminta-alue, jotta ihminen ja kone pystyisivät turvallisesti toimimaan yhdessä. 2000-luvulle tultaessa on korostunut inhimillisen virheen merkitys lentotoiminnassa. Vaikka helikopteri pystyisi toimimaan vaativimmissakin olosuhteissa, rajoituksilla estetään uhkarohkeat pelastusyriytykset ja näin henkilöstölle luodaan tehtäväpaineeton työturvallinen toimintaympäristö. [24]

4.2 Yksimoottorinen rajavalvonta helikopteri AW 119 Ke Koala

Toimintavarmuus yksimoottorisilla helikoptereilla muodostuu suurelta osin sen yksinkertaisesta tekniikasta ja nopeasta huollettavuudesta. Pieneen helikopteriin kohdistuvat voimat eivät rasita rakenteita niin paljon kuin suuremmissa koneissa. Laitteet ovat varsinkin uudemmissa päivitysmalleissa liki vaurioitumattomia ja järjestelmä kokonaisuuksien luvataan olevan huoltovapaita. Näistä johtuen vikaantumisvälit ovat pitkiä.

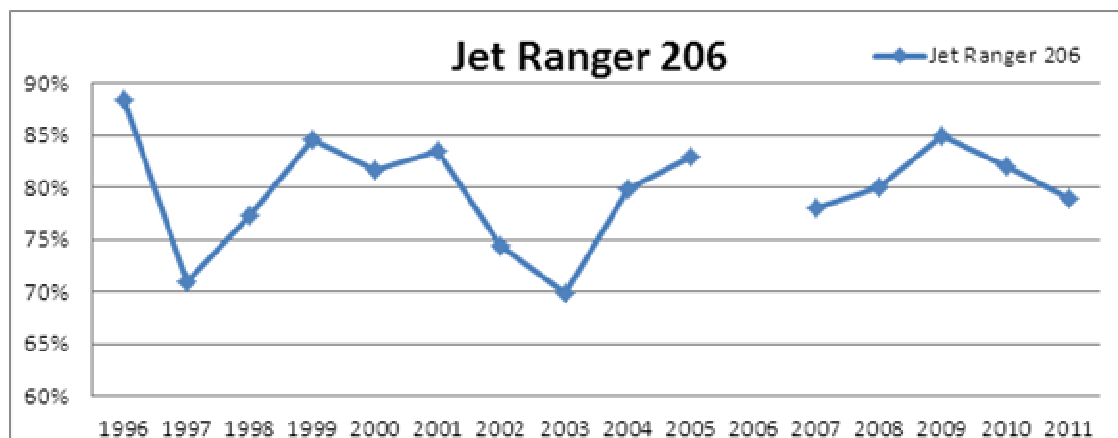
Kunnossapidettävyys muodostuu usein modulaarisista osista, jotka ovat pienen koon ja helpon huollettavuuden takia nopeasti irrotettavissa ja asennettavissa. Tyypillisesti vaurioituvat osajärjestelmät varmennetaan hankkimalla varaosia. Muut vaurioituneet osat joko korjataan itse tai lähetetään tehtaalle korjattavaksi [5]. Rajavartiolaitoksen Koala -kaluston etuna on helikoptereiden samankaltaisuus. Helikopterin osia voidaan vaihtaa keskenään, millä voidaan nopeuttaa huoltoja ja pidentää suurempien huoltojen aikavälejä.

Kunnossapitovarmuus muodostuu pääasiassa koulutetusta henkilöstöstä. Kaikki mekaanikot osaavat tuottaa huoltotoimenpiteitä yksinkertaisille helikoptereille, sillä mekaanikkojen koulutus aloitetaan yleensä yksinkertaisimmasta helikopterista. Uuden kaluston, kuten Koalan, kohdalla henkilöstö joutuu kuitenkin koville, sillä perushuoltojen lisäksi oman toiminnan tehostaminen ja kokemuksen kasvattaminen vie aikaa. Tavallisesti vartiolentolaivueen lentotekninen yksikkö huoltaa itse Koala -kaluston, mutta huoltopalveluita ostetaan myös Patrian helikopterihuollolta kiireellisyyden mukaan.

Vuonna 2010 vartiolentolaivue hankki Agusta Westland AW 119 Ke ”Koala” helikopterin Jet Rangerin tilalle. Koska Koalan käytettävyytilastoja on vain kolmelta vuodelta, on tutkimuk-

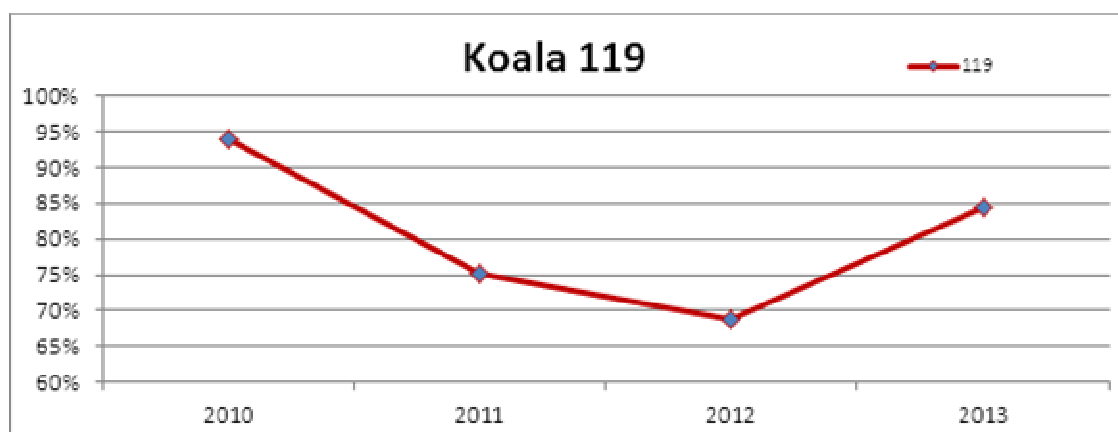
seen vertailun vuoksi otettu mukaan Jet Rangeristä kerättyä aineistoa. Aineisto paljastaa hyvin sen käytettävyytason, millä yksimoottoriset rajavalvontaan ja koulutukseen tarkoitettut helikopterit ovat. Kevyen yksimoottorisen helikopterin käytettävyys on suurempi kuin raskaamman meripelastushelikopterin, sillä rasitus jää kevyemmällä helikopterilla pienemmäksi.

Tilastojen mukaan vuosien 1996–2004 välisenä aikana AB206 -kaluston yhtä lentotuntia kohden helikoptereita huollettiin noin 1,5 tuntia. Suurimmillaan se oli vuonna 2007, lähes kaksi tuntia. Ulkopuolista huoltoapua käytettiin vain vuosina 1999–2001, jolloin koneisiin tehtiin päivityksiä. [10]



Kuva 4. Käytettävyys 1996 - 2011 Jet Ranger AB206 [10]

Tilastoissa *käytettävyyttä* on seurattu vasta vuoden 1996 jälkeen, vaikka Jet Ranger kalusto on ollut käytössä jo 1970-luvulta. Kuvasta 4 huomaamme, että *käytettävyys* on 70 - 90 prosentin välillä. Keskimäärin *käytettävyys* on ollut 80 prosenttia, mikä on hyvin tyypillinen yksimoottorisen helikopterin käytettävyys [10; 20]. Tuloksia tukevat vähäiset huoltotunnit lentotuntia kohden. Vuoden 2003 notkahdus johtui yhden Jet Rangerin pahasta vaurioitumisesta, jonka jälkeen se poistettiin käytöstä [22].



Kuva 5. Käytettävyys AW 119 Ke Koala [10]

Kuvasta 5 ei voida juurikaan tehdä johtopäätöksiä, mutta siitä voidaan havaita mille välille käytettävyys tulisi joskus tasoittumaan. Vuoden 2010 lopulle ei ehtinyt suuria huoltoja, koska helikopterit vastaanotettiin vasta vuoden loppupuolella. Käyrän notkahduksesta vuosina 2011 ja 2012 havaitaan, että henkilöstöllä kuluu uuden koneen perushuoltoihin enemmän aika, kuin vanhan tunnetun koneen kohdalla. Tämän voimme havaita vuoden 2013 kohonneesta käytettävyydestä. Vastaavasti Koalan tyypillisimmistä vioista ja kulumisista on opittu ja vaurioituvia osia osataan hankkia ennakkoon. Näin ollen laitevaihto pystytään tekemään ennaltaehkäisevästi ennen laitteen hajoamista. [10]

4.3 Kaksimoottorinen meripelastushelikopteri AB/B412

Ensimmäiset AB412 kaksimoottoriset meripelastushelikopterit saapuivat Suomeen 1985, 1987 ja SP -malli vuonna 1990. Myöhemmin tilattiin kaksi uutta helikopteria uudemmilla päivityksillä ja mallitunnuksilla, AB412EP-malli vuonna 1996 ja B412 vuonna 2000 [22; 27].

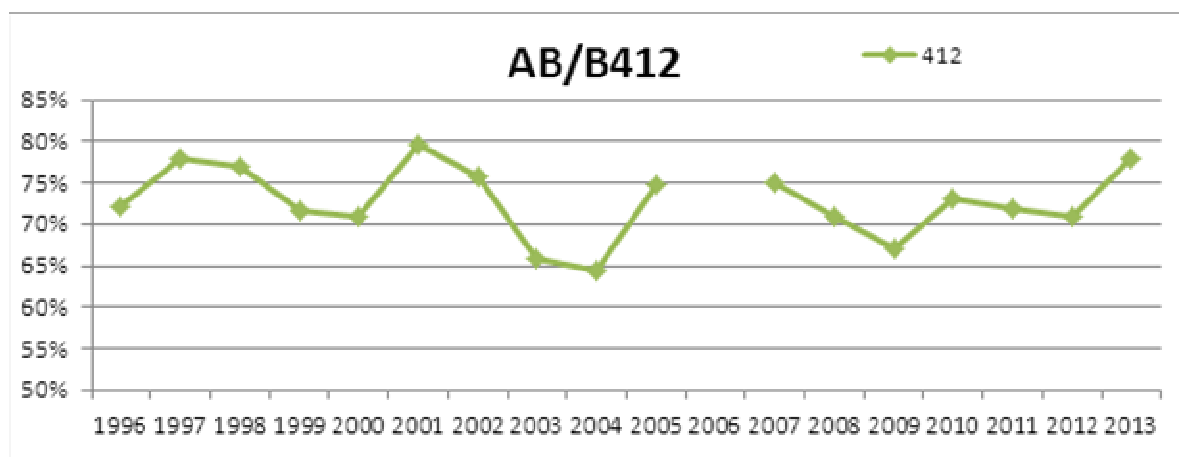
AB/B412 *toimintavarmuus* perustuu nykyaikaiseen avioniikkaan ja päivityksiin sekä ohjaajien lentotaitoon. Jatkuvilla modifikaatioilla ja päivityksillä helikopteri on edelleen meripelastuksen johtavaa kalustoa. Eri aikaan hankituissa helikoptereissa on toki eroja ja vanhemmat helikopterit vikaantuvat huomattavasti uudempia useammin. Esimerkiksi vuoden 2007 tilastosta voimme havaita, että vanhemmat helikopterit olivat kyseisen vuoden aikana 12 viikkoa DOWN tilassa, mutta uudemmat vain kymmenen viikkoa. *Toimintavarmuus* heikkenee lennettäessä haastavissa olosuhteissa, kuten merellä ja pimeässä. Meren kosteus ja suola kuluttavat mekaanisia osia ja parhaimman mahdollisen lentoradan hakeminen pimeässä rasittaa konetta jatkuvasti muuttuvien voimien takia. [10]

Kunnossapidettävyys on kehittynyt kahdenkymmenen vuoden aikana. Toki kaluston vanheneminen tulee ottaa huomioon varsinkin, kun kaluston elinikä lähenee loppuaan. Vaikka maailmalla B412 helikoptereita on paljon, kunnossapidettävyyden kannalta AB412 tilanne on sekava. Toisaalta uusiin päivitysmalleihin löytyy varaosia laitevalmistajilta ja tehtaan varastoista, mutta vanhempien yksilöiden varaosia ei enää valmisteta. Laitteita joudutaan usein lähettämään laitevalmistajille ja odottamaan jopa kuukausia jonotus- ja korjausaikojen takia. [10]

Kunnossapitovarmuus vartiolentolaiivueessa on AB412 -kaluston kohdalla hyvä. Osaaminen on lähellä ja huoltojaksot ovat ennalta suunniteltavissa. Kalusto tunnetaan ja huollot voidaan suorittaa omatoimisesti. Haasteita muodostuu juuri kaluston erilaisuudesta eikä osia tai huol-

tolaitteita voida käyttää koneissa ristiin. Huoltoa ostetaan kiireellisyyden mukaan myös Patrian helikopterihuollosta. Vuonna 1996 yhtä lentotuntia kohden AB412 -helikopteria huollettiin kolme ja puoli tuntia. Vuonna 2004 sitä huollettiin alle kolme tuntia lentotuntia kohden. Merkitys on suuri, sillä kyseisellä helikopterilla operoidaan vartiolentolaivueessa eniten. Koska lentotunteja yhtä helikopteria kohden vuoden 2000 jälkeen tulee keskimäärin 400 tuntia, sääsetään huolloissa vuosittain 1000 huoltotuntia. Kasvanut huollontarve on kuitenkin paikattu kiireisinä aikoina ulkopuolisilla helikopterihuoltamoilla. Vuosien 1996–2006 välisenä aikana ulkopuolista huoltoapua käytettiin maksimissaan 3 % huolloista, mutta tällä hetkellä ulkopuoliset suorittavat suuret päivitykset varsinkin vanhemmalle kalustolle. [10]

Käytettävyyttä on kyseisellä koneella vaikea muodostaa, erityisesti kaluston kirjavuuden, eripäivitystyyppien ja vuosimallien kohdalla. Kuvassa 6 verrataan kalustoa samassa taulukossa, vaikka uudempien mallien *käytettävyys* on viimeisten vuosien aikana ollut jopa viisi prosenttiyksikköä suurempi.



Kuva 6. Käytettävyys vuosina 1996–2013 AB/B412 [10]

Kuvasta 6 nähdään *käytettävyiden* olevan 70-75 % välillä. Vuoden 2003 ja 2004 kohdalla oleva notkahdus johtuu osittain yhden helikopterin törmäämisestä sähkölankoihin, jolloin kyseinen helikopteri oli vikakorjauksessa lähes vuoden. Kuten kaikissa vartiolentolaivueen kalustoissa, *käytettävyys* heilahtelee suuresti, mikäli yksikin helikopteri poistuu käytöstä. Vastaavanlaisia tilanteita voi syntyä, kun varaosaa joudutaan odottamaan kuukausia. Vuosina 1996 ja 2000 kalustoa hankittiin lisää ja *käytettävydet* nousivat molempina vuosina. *Käytettävyiden* suunta on 20 vuoden aikana hieman laskenut, johtuen vanhempien helikopteriyksilöiden vanhenemisesta. Huoltojaksoja joudutaan päivittämään ja helikoptereita tarkastetaan useammin. [10]

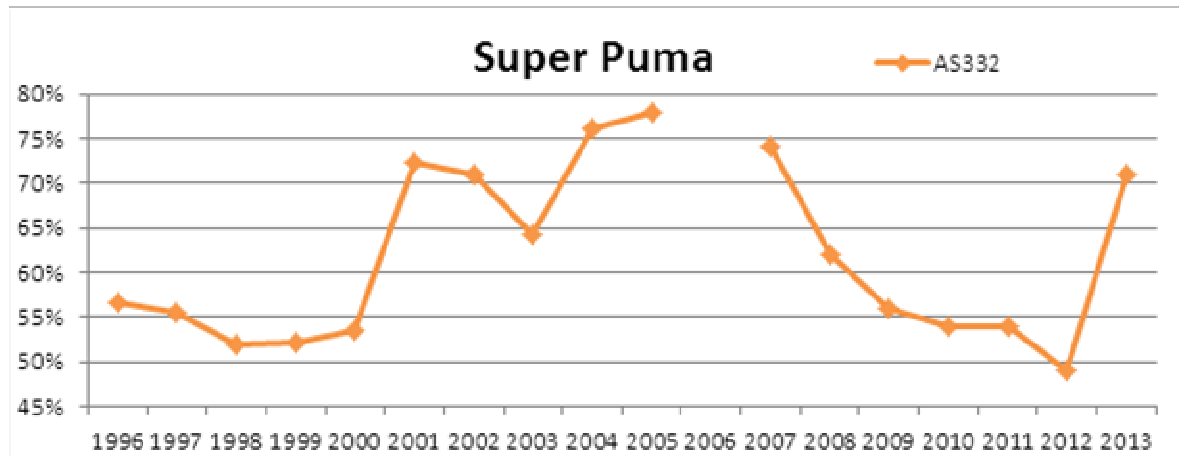
4.4 Kaksimoottorinen meripelastushelikopteri Super Puma

Rajavartiolaitoksen suurimman helikopterikaluston vaiheet ovat olleet muuhun kalustoon verrattuna monimuotoisemmat. Käytössä tällä hetkellä olevan helikopterin malli on nimeltään AS332L1 Super Puma. Helikopterin ensilento tehtiin jo vuonna 1978, ja helikoptereita hankittiin rajavartiolaitokselle 1990-luvun alussa ensin kaksi ja hieman myöhemmin kolmas. Uusi järjestelmä vaati uudenlaisen kouluttamisjärjestelmän, mikä myös näkyy käytettävyyden kuvaajasta. Koska kouluttava miehistö ei ollut Mi-8 tavoin ilmavoimilta lainassa, kesti kymmenen vuotta oppia Super Puman huoltaminen ja tehokas operointi, kuten kuvasta 7 voimme havaita.

Toimintavarmuus perustuu Super Puman kohdalla helikopterin laadukkaaseen tekniikkaan ja selkeisiin käyttötarkoituksiin. Raskas ja laadukas helikopteri tottelee ohjaajaa ja sen rakenne on suunniteltu kestävämmän meripelastusolosuhteissa. Helikopterin ohjaajat käyvät läpi pitkän koulutuksen eikä virheitä juurikaan tule. Haastavat olosuhteet kuitenkin aiheuttavat AB412:n tavoin väsymistä ja värinää helikopterin rakenteisiin. [13]

Kunnossapidettävyyys monimutkaisella helikopterilla on vielä AB412 kaltaista helikopteria haasteellisempaa. Osajärjestelmiä on enemmän ja niiden hallitseminen vie koulutuksessa enemmän aikaa. Myös suunnitelmanmukaiset huollot kestävät kauemmin. Laitteet ovat arvokkaampia ja niiden huolloista on erillismääräykset ja vaatimukset. Laitteita joudutaan usein lähettämään valmistajalle, koska kyseisiä huoltoja tai laiteasennuksia ei saa itse suorittaa. Helikopteri pystytään palauttamaan toimintakykyiseksi yhä nopeammin, kun huoltoaikataulun suunnitellaan hyvin, vaurioituvat osat tunnetaan ja laitevaihdot sujuvat nopeasti. [10]

Kunnossapitovarmuus Super Pumalla aiheuttaa vartiolentolaivueelle suurimmat haasteet. Koska osa laitteista lähetetään valmistajille, ne huollatetaan valmistajan oman aikataulun mukaan ja näin uutta tai huollossa olevaa laitetta joudutaan odottamaan pitkiäkin aikoja. Helikoptereiden suuret huollot ovat ulkoistettu kannattavuuden takia. Esimerkiksi suuren huollon tuottaminen kestää omalla henkilökunnalla puoli vuotta, mutta ostettuna se kestää kaksi viikkoa. Vuonna 1996 Super Puman yhtä lentotuntia kohden konetta huollettiin 8,5 tuntia, tällöin huolloista hoidettiin itse 63 prosenttia. Vuonna 2004 lentotuntia kohden huollettiin konetta 15 tuntia, joista itse huollettiin vain 43 prosenttia. Kun vuonna 2000 tehtiin Super Pumalle elinikäpäivityksiä, suoritettiin lentotuntia kohden 30 tuntia, joista vain kuusi tuntia tehtiin itse. [10]



Kuva 7. Käytettävyys 1996 – 2005 Super Puma [10]

Kuvasta 7 voimme havaita vuonna 2000 ja 2001 välillä käytettävyyden suuren nousun, syinä tähän on muun muassa 2000-luvun vaihteessa tehdyt elinikäpäivitykset ja huoltojen ulkoistaminen. Super Puman kohdalla voimme huomata, että helikopterin oppiminen vei vartiolentolaiivueelta kymmenen vuotta. Suurten huoltojen sopimukset ovat vaihtuneet vuosina 1992 ja 2000. Valmet Valtra pystyi tuottamaan kuusi kuukautta kestävän huollon kahdessa kuukaudessa ja myöhemmin norjalaiset tuottivat samaisen huollon kahdessa viikossa. Vuosina 1999, 2000 ja 2003 päivitettiin kalustoa portaittain. Päivitettäviä asioita olivat muun muassa ohjaimon mittaristot, matkustamon muutokset, tutkan- ja gps-laskimien uusiminen ja lämpökamera uudistukset. Koska kalusto muodostuu kolmesta helikopterista, vaikuttaa yhdenkin helikopterin poistuminen merkittävästi kaluston käytettävyyteen. [10]

4.5 Uuden Super Puman käytettävyys

Vuonna 2012 rajavartiolaitoksessa tehtiin päätös kahden uuden Super Puman hankinnasta. Nämä Eurocopterin valmistamat AS332 L1e mallin Super Pumat tulevat korvaamaan vanhemmat AB412 -helikopterit. [28] Uudet helikopterit saadaan käyttöön viimeistään vuoden 2015 lopussa.

Yhdysvaltalaisessa lehdessä Professional Pilot, 2012, artikkelin kirjoittaja kertoo Super Puman AS332L1e mallin päivityksistä. Kirjoittaja pitää uutta helikopteria hyvin luotettavana ja moniin tehtäviin kykenevänä. Kyky lentää jäisissä olosuhteissa, toteutetaan uudella jäänpoisto- ja estojärjestelmillä. Hätkellukkeet, uudensukupolven etsintälaitteet ja näyttölaitteet ovat saatavissa ja helpottavat miehistön työskentelyä tehtävällä. Eurocopter on saavuttanut uudelleen tason työturvallisuudessa ja työn luotettavuudessa. Suuresta koostaan huolimatta helikopterilla voidaan kuljettaa enemmän kuormaa tai lentämään kauemmas. Suuret ovet ja noin 4500 kilogramman ulkoisen kuorman kantokyky on edeltäjänsä enemmän. [16]

Suomessa hankintaa on pohdittu Suomen ilmailuliiton jäsenlehdessä lokakuussa 2012. Artikkelissa keuhataan kovasti suorituskyvyn paranemista, kun meripelastusvarustus, lämpökamera, pimeänäkölaitteet ja ensihoitovarustus päivittyvät. [28]. Suoranaisesti edellä mainitut järjestelmät eivät paranna käytettävyyttä standardin SFS-EN60300-1 mukaan, mutta ne parantavat oleellisesti miehistön toimintaa. Jäänpoistojärjestelmä ja uusi autopilottijärjestelmä taas mahdollistavat lentämisen huonommassa säässä [28]. Kuukautta myöhemmin lentopostin verkkosivuilla tarkennettiin Ilmailulehden artikkelia. Tulevaa varustusta tarkennettiin ja lisäksi ilmoitettiin avioniikan ja suunnistuslaitteiden uusiutuminen. Uudet säätutkat, mittaristot ja radiot saavuttavat uusimmat standardit, vaikka Super Puma rungon ensilento on tehty 1978. [29]

Super Puma kaluston *käytettävyys* paranee, vaikka tässä vaiheessa ei voida tietää miten herkkiä uudet laitteet ovat vikaantumaan, varsinkin Suomen olosuhteissa. Voidaan kuitenkin olettaa laitteiden toimivan valmistajien minimi vaatimusten mukaisesti ja luoda mallit laitteiden vikaantumisista. Vikaantumistiheydestä riippumatta kokonaisvaltaisen *käytettävyyden* paraneminen on mahdollista. Uudet laitteet toimivat vanhoja luotettavammin. Esimerkiksi avioniikkajärjestelmää, joka on vanhassa rungossa tällä hetkellä vikaantunein järjestelmä, ei tarvitse huoltaa niin usein kuin ennen. Runko ja vaihteistot ovat tekniikaltaan samoja kuin vanhassa Super Pumassa, mutta ne eivät ole väsyneet eivätkä kuluneet. Uuteen helikopteriin on helpompi saada uusia varaosia, sillä helikoptereita on paljon käytössä ja komponentteja löytyy tarpeen vaatiessa. Järjestelmillä voidaan lentää haastavissakin olosuhteissa ja miehistö pystyy suorittamaan tehtäviä nopeammin sekä varmemmin uusien laitteiden avulla.

5 KEINOT KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMISEEN

Käytettävyyden haasteet ovat Suomessa samankaltaiset ilma-aluksesta riippumatta. Suurimmat ongelmat muodostuvat vanhenevasta kalustosta ja varaosien hankalasta saatavuudesta. Jokaisella toimijalla on kuitenkin yksilölliset haasteet sekä yksilölliset keinot haasteiden voittamiseksi. Tässä luvussa avaan ilmavoimien, helikopteripataljoonan ja Helitechin keinoja parantaa käytettävyyttä omalla toiminnallaan. Alaluvut ovat jaettu *käyttövarmuuden* osatekijöiden mukaan.

5.1 Toimintavarmuuden kehittäminen

Heliteckin teknillinenjohtaja, Janne Kivi tiivistä *toimintavarmuuden* kehittämisen kaupallisella huoltoapuolella kolmeen pääkohtaan. Uudemmat helikopterit ovat toimintavarmempia kuin vanhat. Koska vanhan laitteen korjaaminen maksaa usein puolet uuden laitteen hinnasta, voi joskus olla käyttäjälle edullisempaa vaihtaa laite täysin uuteen. Käyttäjän kannalta halvempaa on siirtyä lentotunti perusteiseen huoltoon, jolloin konetta huolletaan silloin, kun sitä on käytetty. [20]

Usein suurin haaste *toimintavarmuuden* kannalta on kalustojen vanheneminen. AB412, Super Puma L1 ja myös ilmavoimien F/A-18 Hornet ovat lentäneet ensilentonsa 1980-luvulla. Tyypillisesti *toimintavarmuus* heikkenee laitteen vanhentuessa. Eri keinoilla sitä pystytään ylläpitämään ja välillä jopa parantamaan. Elinikäpäivitys (MLU, mid life update) on keino, jolla runkoa vahvistamalla sekä järjestelmiä vaihtamalla ja päivittämällä vanhasta koneesta pystytään tekemään lähes uudenkaltainen. MLU suunnitellaan tarkkaan ja sillä pyritään pidentämään laitteen elinikää, myös *toimintavarmuutta* parantaen. [30]

Toinen keino *toimintavarmuuden* parantamiseen on huollon ohjausmenetelmän (MSG-3, Maintenance Steering Group-3) avulla huoltojen uudelleen ryhmittely, kun tunnetaan laitteen keskimääräinen vikaantumisaika. Esimerkiksi aikaisemmin tehdyn D100-huollon sijaan tehdään D150-huolto ja kriittiset kohteet D100-huollosta ja D50-huollot siirretään D75-huoltoon. Huollon numero merkitsee aikaa lentotunteina, mikä jää huoltojen välille. Näin pystytään korottamaan huoltojaksoja 50 prosenttia. Järjestelmää huolletaan harvemmin ja huollot kestävät kuitenkin yhtä kauan. Näin laitteiden turha huoltaminen poistetaan, kuitenkin toimintaa vaarantamatta. [5; 30]

5.2 Kunnossapidettävyyden kehittäminen

Kivi on uransa aikana huomannut valmistajien väliset erot. Yhdysvaltalainen ajattelu kaupallisella puolella tiivistyi ajatukseksi, että valmistajan ja käyttäjän etu on, kun osaava henkilökuntaa koulutetaan maailmalle, ja varaosien hinnat saadaan pidettyä alhaisina. Vastaavasti eurooppalaiset valmistajat pyrkivät pitämään kosketuksessa jokaisen koneyksilön huollot, koulutukset ja päivitykset. Tämän takia Yhdysvalloista on helpompi saada koulutusta, huoltolaitteita ja huoltokirjallisuutta. [20]

Ilmavoimien ja helikopteripataljoonan suuripana *kunnossapidettävyyden* keinona on osaava henkilökunta. Huollon jälkeisen koelennon aikataulusuunnitelma korostuu ilmavoimilla, kun samanaikaisesti koelentoja tehdään useille eri koneille. NH-90 -helikopterin kohdalla *kunnossapidettävyyden* on tuottanut haasteita. Helikopterit ovat eripäivitys yksilöitä eikä niiden järjestelmiä voida vaihdella ristiin. Ilmavoimienhuoltokirjallisuus on kehittynyt jopa niin tarkaksi, että taloon tullut uusi mekaanikko pystyy huoltamaan laitteet. [21; 30]

5.3 Kunnossapitovarmuuden kehittäminen

Hankintasopimuksilla on suuri merkitys *kunnossapitovarmuuden* taustalla. Kaupallisella puolella se korostuu etenkin nopean huollon edellytykseksi. Kun vaurioituneella helikopterilla on hyvät sopimukset, on valmistaja luvannut lähettää varaosat tiettyyn aikaan mennessä. Kun sopimusta ei ole, voi valmistaja lähettää varaosat vasta silloin, kun ehtii, pahimmillaan puolen vuoden kuluttua. [20] Sen takia varaosavarastojen ennakoiva täydentäminen korostuu ilmavoimien, helikopteripataljoonan ja rajavartiolaitoksen toiminnassa, koska järjestelmän vikaantuessa ei ole aikaa odottaa uutta laitetta. Varaosapolitiikka korostuu etenkin siinä vaiheessa, kun vanhenevaan kalustoon ei valmisteta varaosia eivätkä rahat riitä kaikkien järjestelmien uusimiseen. [21; 30]

Kunnossapitovarmuuden taustalla on koko organisaatio. Suunnitellut huoltoaikataulut takaavat, että mekaniikoilla on riittävästi töitä, mutta töitä ei ole kuitenkaan liikaa. Mekaniikoita koulutetaan riittävästi ja tarvittaessa ylittöitä tuottamalla voidaan hetkelliset huoltojonot purkaa. Huoltolaitteiden hankkiminen tai vuokraaminen sekä riittävät huoltotilat mahdollistavat huollon lentoturvallisen toteuttamisen. Koulutus takaa myös sen, että suuret huollot voidaan tehdä itse. Kustannustehokkuuden takia, pienellä kalustomäärällä operoivan rajavartiolaitoksen, ei kannata pitää ylimääräisiä mekaniikkoja vain muutamia suuria huoltoja varten, vaan ostaa tarvittaessa huoltopalveluita muilta huoltofirmoilta. [21; 30]

6 TUTKIMUSTULOKSET

Rajavartiolaitoksen helikopteritoiminta alkoi tyhjästä tehtävänään toimittaa pelastuspalvelua sitä tarvitseville. Tehtävänkuvat muuttuivat, kun huomattiin helikoptereiden kehittyvä toimintakyky. *Käytettävyys* tehtävien osalta ei ole koskaan ollut huono, sillä tehtäväkirjoa on kasvatettu toiminnan ja kokemuksen kasvamisen tahdissa. Rajavartiolaitosta koskeva laki määrittää nykyään rajavartiolaitoksen tehtävät. Helikopterit ovat osaltaan mukana kaikessa lain määrittämissä tehtävissä ja niiden käyttö on yhä edelleen kasvanut meripelastuksessa ja viranomaisyhteistyössä. Rajaturvallisuuden ylläpitäminen ja meripelastuksen toteuttaminen onnistuu aina silloin, kun LTK sallii toiminnan ja helikopterit ovat käytettävissä. [2; 4; 13; 18; 24]

Organisaation muutos vaikutti *käytettävyYTEEN* roimasti varsinkin 80-luvun alussa. Selkeät johtosuhteet ja riittävä miesvoima saivat aikaan tehokkaamman organisaation tehtävän toteuttamisessa ja toiminnan turvaamisessa. Kokeneet mekaanikot ja ohjaajat pystyivät keskittymään tulevaan ja antamaan neuvoja uusille tekijöille. Yhtenäistetty meripelastusjohtokeskus mahdollisti nopeamman tehtäville lähtemisen päivystyskalustolla. Vuonna 2016 tapahtuva organisaatio muutos keskittää ilma-aluskorjaamot ja vartiolentolaivueen esikunnan saman rakennuksen sisälle. [10; 18; 24]

Toimintavarmuus on 1960-luvulta kasvanut huomattavasti. Vaikka mekaniikka on sama ja helikopteri tottelee samoja lakeja kuin ennen. Mekaaniset osat ovat kuitenkin entistä kevyempiä, kestävämpiä ja nopeasti valmistettavia. Komposiitit ja uudet rakenneratkaisut kestävät enemmän värähtelyä, väsymistä ja kulumista eikä järjestelmä pääse vaurioitumaan mekaanisesti. [15] Laitteiden ohjelmistoja ei vielä tunnettu helikopteritoiminnan alkuvaiheessa. Tietokoneet ovat kuitenkin mahdollistaneet laitteiden toiminnan entistä hienommaksi ja tarkemmaksi. Avioniikka, lennon laskimet, Fly By Wire, etsintälaitteet ja nykyiset radiolaitteet helpottavat ohjaajan ja miehistön toimintaa tehtävällä. Lähes automaattisesti toimiva helikopteri luo uudenlaisia haasteita toimintavarmuuteen, sillä ohjelmistojen vikaantumista on vaikea ennakoida. Ohjelmointia ja järjestelmäsuunnittelua joudutaan tekemään laitteen koko elinkaaren ajan. [5; 14; 20; 21] Ihminen on vaikuttanut toimintavarmuuden muutoksiin, koska laitteet ja ohjelmistot ovat ihmisen suunnittelemlia. Samalla inhimillisten virheiden määrää on pystytty ennaltaehkäisemään. Vartiolentolaivueessa ohjaajien koulutus on laadukasta, eikä tieto, taito tai motivaatio ole vuosien varrella heikentynyt. Lisäksi miehistön käyttöön on tullut uusia laitteita, kuten pelastusvinssi ja etsintälaitteet. [5; 10; 13; 24] Moottoreiden suorituskyky on parantunut, mikä tuo toimintavarmuutta poikkeustilanteissa. Täysin huoltovapaata järjestelmää ei

ole vielä rakennettu. Vanhojen helikoptereiden toimintavarmuutta voidaan kuitenkin parantaa tekemällä elinikäpäivityksiä ja muuttamalla huoltojaksoja MSG-3 -menetelmän avulla. [x1; 10; 30]

Kunnossapidettävyyden osalta helikoptereiden käytettävyys on kehittynyt huomasti. Modulaariset osat on helppo vaihtaa ja kone saadaan käyttöön nopeammin ja vaurioitunut laite voidaan korjata myöhemmin. Kova kilpailu helikopterivalmistajien välillä, ajaa helikopteriteknikan aivan uudelle tasolle, myös huollon suhteen. Erityisesti ohjelmistojen ja laitteiden digitaalinen kehittyminen mahdollistaa miehittämättömän helikopteritoiminnan. Helikopterin omat tietokonelaitteet kirjaavat lennonaikaisia tietoja muistiin, josta mekaanikko tarkastaa mitkä osat ja laitteet olisi syytä korjata. Näin ollen vian etsintään ja huoltamiseen menee vähemmän aikaa. Järjestelmien vikaantumiset pystytään koneellisesti todentamaan ja huoltojaksot luomaan tarpeiden mukaan. Helikopteri pystyy jopa itsenäisesti korjaamaan ohjelmistojen vikoja uudelleen käynnistämällä ilman, että ohjaaja tietää näin tapahtuvan. Laitteistojen varmentaminen ja uudelleen käynnistäminen lennolla mahdollistavat turvallisen laskeutumisen ja jopa tehtävän jatkamisen. [5; 10; 20; 16]

Kunnossapitovarmuus on kehittynyt rajavartiolaitoksella helikoptereiden kehittymisen rinnalla. Selkeät ohjekirjat ja työvaihetaulukot mahdollistavat nopeat tarkastukset, kuitenkin niin, että vauriot havaitaan ajoissa. Organisaatio joutuu vastaamaan helikopterinkäytössä tapahtuviin muutoksiin, jotta käytettävyys saadaan pidettyä halutulla tasolla. Vuonna 2016 keskitetty ilma-aluskorjaamo mahdollistaa tehokkaan huoltotoiminnan Suomen alueella. Odottamiseen kuluvaa aikaa saadaan lyhennettyä, kun varaosat, huoltolaitteet ja osaaminen löytyvät saman rakennuksen sisältä. Henkilöstön jatkuva koulutus takaa laadukkaan osaamisen, myös sinä aikana, kun osa henkilökunnasta on lomalla. Helikopterivalmistajat määräävät sopimuksissaan mitä oikeuksia ja koulutuksia huolto-organisaatiolle myönnetään. Näin ollen ilma-aluskorjaamot ovat riippuvaisia varaosia tuottavista valmistajista, koska niillä ei ole osaamista tai lupaa huoltaa kyseisiä laitteita. Kehitystä on myös tapahtunut laitevalmistajilla, koska muu teollisuustekniikka nopeuttaa laitteiden valmistamista. [5; 10; 20] Tutkimuksessani en ole vielä ottanut huomioon käytössä olevan rahan vaikutusta *käytettävyyteen*, vaikka *kunnossapitovarmuus* riippuukin käytössä olevista resursseista ja etenkin rahasta. Tämän takia joudutaan miettimään sitä, kuinka paljon mekaanikkoja voidaan palkata ja voidaanko vaurioituneen laitteen tilalle ostaa uusi laite. Sami Hämäläinen tutki Diplomityössään, 2013: Helikopterien suorien käyttökustannusten, suorituskyvyn ja huoltojärjestelmävaihtoehtojen vertailumenetelmiä. Hämäläinen vertaili vartiolentolaihueessa käytettävien huoltoresurssien ja helikoptereiden

elinikäkustannuksia. Hämmäläisen tutkimuksessa kuvataan tarkemmin mihin vartiolentolai-
vudessa käytetään rahaa ja onko se kustannustehokasta. [31]

Käytettävyys mielletään rajavartiolaitoksessa tavoitteena, jota halutaan ylläpitää. Tavoitteena on tasapaino huoltotoiminnan ja operoinnin välillä. Sellainen tilanne, jossa yhtään helikopteria ei ole huollossa, voi kuitenkin jo kuukauden päästä muodostua tilanteeksi, jossa kaikki helikopterit olisivat vikaantuneita ja jonossa huoltoon [30]. Huollolla ja sen suunnittelulla on yhtä tärkeä rooli kuin ohjaajilla ja heidän koulutuksellaan. [10; 24] Rajavartiolaitos on ottanut huomioon vanhenevien meripelastushelikoptereiden käytettävyyden huononemisen, uusissa konehankinnoissa. Konehankinnat ja mekaanikoiden koulutus uusille järjestelmille, noudattavat järjestelmälogistiikan mukaista elinkaaren kaavaa. [5; 10]

Kun *käytettävyyttä* ajatellaan standardin ISO 9241-11 avulla, huomaamme että näkökulma käytettävyyden arviointiin muuttuu. Nyt arvioimme helikopterin helppokäyttöisyyttä ja kykyä päästä tavoitteeseen. Määritelmän mukaan käytettävyys voitaisiin arvioida huonosta aina erinomaiseen. Jos olosuhteet sallivat lentotoiminnan pystyy kokenut lentäjä suorittamaan tehtävän entisaikojana nopeammin ja tehokkaammin. Näin ollen *käytettävyys* katsottaisiin olevan erinomainen. *Käytettävyys* olisi kuitenkin huono, jos säädökset kieltäisivät lentotoiminnan huonossa säässä ja apu jäisi antamatta. Merkityksellistä on havaita että käytettävyys kyseisen standardin mukaan on kehittynyt viimeisen 20 vuoden aikana. Paremmilla ensihoitovaruksilla, etsintälaitteilla, lääkäreillä, nopealla hälytyksellä ja kehittyvällä taktiikalla *käytettävyyttä* on pystytty kehittämään. Standardi ei kuitenkaan kerro sitä, minkälaisia huollollisia ratkaisuja koneelle on tehty, jos *käytettävyyttä* arvioidaan eksyneen pelastamiseksi. Kyseisellä määritelmällä voisimme kuitenkin arvioida huoltohenkilöstön *käytettävyyttä*; esimerkiksi miten olosuhteet, huollon laajuus, työkalujen saatavuus ja henkilöstön koulutus vaikuttavat huollon suorittamiseen. [12]

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa vastaan tutkimuskysymyksiini oman tutkimukseni pohjalta. Kysymykset on kirjattu tutkimuksen kohtaan *1.2 Tutkimustehtävän määrittely*.

Käytettävyys A tarkoittaa standardi SFS-EN 60300-1 mukaan todennäköisyyttä sille, että laite toimii valitulla ajanhetkellä, vaikka sitä olisi korjattu useita kertoja. Järjestelmälogistiikassa käytettävyys tarkoittaa puolestaan edellä olevan standardin tavoin todennäköisyyttä sille, miten laitteisto pystyy toimimaan annetulla tehtävällä valittuna ajanjaksona. Standardi ISO 9241-11 poikkeaa edellä mainitusta ja määrittää käytettävyyden: tuloksellisuuden, tehokkuuden ja tyytyväisyyden mittariksi.

Helikopteritekniikka on muun tekniikan ohella kehittynyt viimeisen 50 vuoden aikana. Eniten helikopteritekniikkaan on vaikuttanut 1970 -luvulta alkanut digitalisoituminen. Yhä pienemmät mikrokomponentit korvaavat vanhat mekaaniset kellot ja anturit. Tietokoneet pystyvät sellaisiin suorituksiin, joihin ihmisen suorituskyky ei riitä. Uudet materiaalit, kuten lujitemuovikomposiitit, mahdollistavat lujat ja kestävät ratkaisut, jotka eivät ole alttiita korroosiolle, lämpölaajenemiselle tai värinälle. Uusi tekniikka mahdollistaa myös uudenlaisia innovaatioita, kuten tehokkaammat ohivirtausmoottorit, jolloin värähtelyä syntyy vähemmän.

Rajavartiolaitoksen käytössä olevan kaluston *käytettävyys* on viimeisen 20 vuoden aikana muuttunut jatkuvasti, mutta säilyttänyt hyvän tasonsa. Historian aikana tehtävällelähjä on jouduttu peruuttamaan vain muutamia kertoja, vaikka helikoptereita olisi ollut käytettävissä. Ajatus siitä, että helikopterit olisivat aina käytettävissä, voi tuntua todelliselta, koska useista helikoptereista vähintään yksi on aina käytettävissä. Suunnittelemalla huollot hyvin, ei tule sellaista tilannetta, että operatiivisella toimijalla ei olisi haluttua konetta halutussa varustuksessa. Tasapaino huollon ja operatiivisen käytön välillä on viimeisten vuosien aikana ollut hyvä. Tulevien organisaatiomuutosten uskotaan edelleen parantavan *kunnossapitovarmuutta*. lisäksi uuden Super Puman uskotaan parantavan helikoptereiden *toimintavarmuutta*, vaikka *kunnossapidettävyys* ei edeltäjäänsä verrattuna ole suuresti muuttunut.

Yleisesti käytettävyyden haasteisiin vastataan seuraavasti: järjestelmiä varmentamalla, hankkimalla varaosia, kouluttamalla henkilökuntaa, tekemällä elinikäpäivityksiä, huoltoja suunnittelemalla ja tuottamalla ylitöitä. Helikoptereiden toimintakuntoisuus voidaan turvata, järjestelmiä varmentamalla sekä varaosahankinnoilla. Koulutetulla henkilökunnalla huoltoon kuluu

vähemmän aikaa ja inhimillisten virheiden todennäköisyys saadaan pieneksi. Elinikäpäivitykset parantavat koneen toimintavarmuutta. MSG-3 -menetelmän mukainen huollonsuunnittelu keventävää huoltotakkaa, mikä mahdollistaa tehokkaat ja nopeat määräaikaishuollot. Lentotuntiperusteiseen huoltokiertoon siirtyminen mahdollistaa järkevät huoltotoimenpiteet eikä helikopteria huolleta turhaan, jos sillä ei ole ollut käyttöä. *Käytettävyyden* haasteisiin voidaan vaikuttaa myös tuottamalla ylitöitä. Ylitöiden teettäminen ei kuitenkaan pitkä kestoisesti ole kannattavaa, sillä siitä voi syntyä muita ongelmia.

Rajavartiolaitoksen helikopterikaluston *käytettävyys* on kehittynyt 1960 -luvulta paljon, vaikka muutokset eivät ole olleet suuria viimeisten 20 vuoden aikana. Helikopteritekniikan ansioista käyttövarmuuden osatekijät *toimintavarmuus* ja *kunnossapidettävyys* ovat kuitenkin kehittyneet huomattavasti, vaikka rajavartiolaitoksen helikopterikalusto on pääosin 1980-luvulta. Päivitetyn tekniikan suorituskyky on mahdollistanut toiminnan useissa tehtävissä ilman viikaantumista. Kehittyneet laitteet ja ohjelmistot mahdollistavat kevyet, kestävät ja nopeasti huollettavat modulaariset laitteet. Miehistön koulutus on pysynyt samalla tasolla, vaikka varsinaiset tehtävänkuvat ovat historiasta muuttuneet. Lennonlaskentalaitteet, tietokoneet ja automatiikka pystyvät korjaamaan ohjaajan tekemiä virheitä sekä suorittamaan ohjelmistojen huoltotoimenpiteitä käsketyin menetelmin. *Kunnossapitovarmuus* on historiasta parantunut myös huomattavasti. Organisaatiomuutokset ovat mahdollistaneet *käytettävyyden* kehittymisen sen sijaan, että muutoksilla olisi tehty toiminnalle hallaa. Osaaminen on lähellä ja huoltokirjallisuus on jokaisen saatavilla. Tarkkaan suunnitellut huoltojärjestelmät tuottavat ihanteellisen tasapainon huollon ja operatiivisen toiminnan välille. Edelleen huolto on riippuvaista valmistajan kyvystä lähettää varaosia ja erityisesti vanhenevan kaluston kohdalla varaosien saaminen voi olla vaikeaa. Kuvasta neljä voimme havaita, että Super Puman kohdalla *käytettävyys* on pudonnut paljon viimeisen viiden vuoden aikana. Rajavartiolaitoksen kaluston käytettävyyden haasteet syntyvät, kun vanhaa kalustoa yritetään elinikäpäivitysten ja muutosten avulla rakentaa uuden kaltaiseksi. Kustannustehokkuuden takia tärkeimpiä osajärjestelmiä ei kannata vaihtaa, vaan taloudellisempaa on hankkia uusia helikoptereita.

LÄHTEET

- [1] Tertsonen Ari. *Kunnossapito ja käyttövarmuus*. Jyväskylä: Gummetus Oy, 1985. 200 s. ISBN 951-99614-5-3.
- [2] L 15.7.2005/578 Rajavartiolaki.
- [3] L 30.11.2001/1145 Merivartiolaki.
- [4] Ilma-alustoiminta rajavartioloitsessa, RVLPAK C.14.
- [5] Lehtola Pasi. Kunnossapidettävyyden ja Luotettavuuden suunnittelu. Jyväskylä, 2013, Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Järjestelmälogistiikan peruskurssin opintomateriaali. 310 s.
- [6] Jännes Jere. *käyttövarmuuden ja turvallisuuden hallinta suunnittelun alkuvaiheessa*. Diplomityö. Tampere, 2011. Tampereen Teknillinen Yliopisto, konetekniikan koulutusohjelma. 89 s.
- [7] Pernu Heikki. *Käyttövarmuuden ja kunnossapidon perusteet*. In: Kadettien koulutusmateriaali, MPKK, 2013. Tampere 2013, TTY.
- [8] SFS-EN 60300-1. 2004. Luotettavuuden hallinta. Osa 1: Luotettavuuden hallintajärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 30 s.
- [9] Ervamaa Juhani, Mankamo Tuomas, Suokas Jouko. *Luotettavuustekniikka*. Helsinki: Insinööritieto Oy, 1979. 326s. ISBN. 951-793-055-0
- [10] Outinen Matti. DI, lentotekninen johtaja, Vartiolentolaivueen Esikunta. Helsinki, Epävirallinen haastattelu käytettävyytilastoista 19.12.2013. Lisäksi käytettävyytilastoja vuosilta 1996-2013. Muistiinpanot aineistosta käydyistä keskusteluista.
- [11] Kuutti Wille. *Käytettävyy, suunnittelu ja arviointi*. Talentum Oyj, 2003. 191 s. ISBN-10: 9517628358.
- [12] Kaipio Johanna. Käytettävyyysuunnittelu osana tuotekehitystä (osa 1). Espoo, 10.5.2012. Aalto-yliopisto. Luentomateriaali. 26 s.
- [13] Raunio Jukka. *Helikopterin rakenteet ja järjestelmät*. Helsinki: Oy Edita Ab, 2000. 130 s. ISBN 951-96866-3-0.
- [14] Lillomäki Hannu, *Fly-By-Wire*. Halli, 2013. Ilmavoimien Teknillinen Koulu. Kadettikurssin 98. lentoteknisenopintosuunnan koulutusmateriaali. 30 s.
- [15] *Materiaalioppi*. Halli, 2013. Ilmavoimien Teknillinen Koulu. Kadettikurssin 98. lentoteknisenopintosuunnan koulutusmateriaali. 186 s.
- [16] Baylor Ken. *Helicopter – the only choice when it has to be point-to-point transportation*. Professional Pilot, 2012. Vol 46 no 2. p. 70-82.

- [17] Bernstein Joseph A. Sikorsky and Eurocopter Compete To Build Super-High-Speed Choppers [verkkojulkaisu]. Internet, Popular Science. 5.1.2011 [viitattu 27.2.2014]. Saatavissa: <http://www.popsci.com/technology/article/2010-12/concepts-and-prototypes-twice-fast>.
- [18] Autere Pekka. *Rajavartiolaitoksen lentotoiminta*. Rovaniemi 15.5.2006, Luonnos.
- [19] Saarinen Ahti. *Helikopterikirja*. Lahti: Lahti-Kopio Oy, 2001. 253 s. ISBN 950-98755-3-0.
- [20] Kivi Janne. insinööri, teknillinen johtaja, Helitech oy. Helsinki. epävirallinen haastattelu helmikuu 2014. muistiinpanot tutkijalla.
- [21] Kaikonen Pasi. Lentotekninenjohtaja, helikopteripataljoona. Sähköposti keskustelu helmikuu 2014. Sähköposti keskustelu tutkijalla.
- [22] Saarinen Ahti. *Uusi Helikopterikirja*. Lahti: Ekin Taittotupa Oy, 1999. 336 s. ISBN 952-5340-00-7.
- [23] Raunio Jukka. *Helikopteriteoria*. Ensimmäinen painos. Helsinki: Valtion painatuskeskus Kampin Valtimo, 1989. 197 s. ISBN 951-47-2849-1.
- [24] Malmgren Jan. Sotatieteiden kandidaatti, helikopteriohjaaja, vartiolentolaivue. Helsinki. *Helikopteri Toimintaympäristö*. Epävirallinen haastattelu ja sähköpostikeskustelu 25.2.2014. Sähköpostiviestit tutkijalla.
- [25] L 1194/2009 Ilmailulaki.
- [26] Lentotoiminnan toimintakäsikirja [verkkojulkaisu]. Liikenteenturvallisuus virasto Trafi verkkosivut, TraFi. [viitattu: 24.2.2014]. Saatavissa: <http://www.trafi.fi/ilmailu/organisaatioluvat/lentotoiminta/toimintakasikirja>.
- [27] Haapanen Atso. *Helikopterit Suomessa 1953-2003*. Ensimmäinen painos. Hämeenlinna: Karisto oy, 2003. 111 s. ISBN 952-5026-29-9.
- [28] Virolainen Pekka. *Rajavartiolaitokselle Eurocoptereita*. Ilmailu, 2012. 10/2012, s.8. ISSN.0019-252X
- [29] Rajavartiolaitos ostaa Eurocopterilta kaksi AS332L1e -helikopteria [verkkojulkaisu]. Lentoposti. Internet 15.11.2012 [viitattu 27.2.2014]. Saatavissa: http://www.lentoposti.fi/uutiset/rajavartiolaitos_ostaa_eurocopterilta_kaksi_as332l1e_helikopteria.
- [30] Lahtinen Riku, Paajanen Henry. Materiaalilaitos. Sähköpostikeskustelu. epävirallinen haastattelu aiheesta *Ilmavoimien käytettävyyden haasteet* helmikuu 2014. Sähköposti keskustelu tutkijalla.
- [31] Hämäläinen Sami. *Helikopterien suorien käyttökustannusten, suorituskyvyn ja huoltojärjestelmävaihtoehtojen vertailumenetelmät*. Diplomityö. Espoo, 2013. Aalto-yliopisto, Sovelletun mekaniikan laitos. 106 s.

- [32] Vartiomentolaivueen ilma-aluskalusto [verkkajulkaisu]. Rajavartiolaitos. Internet, vartiomentolaivue. [viitattu 21.03.2014]. Saatavissa: http://www.raja.fi/vllv/vartiomentolaivueen_ilma-aluskalusto.
- [33] Mil-Mi-1. [verkkoartikkeli]. Internet, Aviastar. [viitattu 20.03.2014]. Saatavissa: http://www.aviastar.org/helicopters_eng/mi-1.php
- [34] Aerospatiale SE-313B/SA-318C ”Alouette II”. [verkkoartikkeli]. Internet, Aviastar. [viitattu 20.03.2014]. Saatavissa: http://www.aviastar.org/helicopters_eng/snias_alu2.php
- [35] Mil-Mi-8. [verkkoartikkeli]. Internet, Aviastar. [viitattu 20.03.2014]. Saatavissa: http://www.aviastar.org/helicopters_eng/mi-8.php
- [36] AS322 L1e Super Puma. [verkkoartikkeli]. Internet, Airbushelicopter. [viitattu 20.03.2014]. Saatavissa: <http://www.airbushelicopers.com>.

LIITEET

LIITE 1 Taulukko käytössä olleiden helikoptereiden suorituskyvyistä

LIITE 2 Rajavartiolaitoksen käytössä olevan kaluston suorituskyky.

TAULUKKO KÄYTÖSSÄ OLLEIDEN HELIKOPTERREIDEN SUORITUSKYVYISTÄ

Helikopteri	Määrä	Pituus (m)	Roottorin halkaisija (m)	Toimintamatka (km)	Max Lentonopeus (km/h)	Teho (hv)	Oma massa (kg)	Max lentoonläh- tömassa (kg)
Yksimoottoriset Kevyet helikopterit								
SM-1 / MI-1 [33]	2 / 1	12,05	14,35	360	190	575	1900	2550
Alouette II [34]	1	9,7	10,2	565	185	406	895	1600
AB 206 jet ranger [32]	7	11,9	10,16	693	222	420	1057	1451
AW119 Ke koala [32]	4	13,01	10,83	750	250	1002	1430	2850
Kaksi moottoriset Meripelastushelikopterit								
Mi-8 [35]	3	18,2	21,29	450	230	2x 1481	6990	11100
AB412 / B412 [32]	4 / 1	17,1	14	800	220	2x 900	3079	5400
AS332L1 Super Puma [32]	3	16,29	15,6	1000	240	2x 1742	4500	8600
AS332L1e Super Puma [36]	3	16,29	15,6	841	262	2x 1588	4510	9350

Taulukko 2. Käytössä olleiden helikoptereiden suorituskyvyt

RAJAVARTIOLAITOKSEN KÄYTÖSSÄ OLLEIDEN HELIKOPTEREIDEN SUORITUSKYKY**Agusta Bell/Bell 412 [32]**

- Kaksimoottorinen kevyt helikopteri
- Miehistö: 4
- Matkustajaluku: max 10
- Max lentoonlätöpaino 5 400 kg
- Nopeus: 220 km/h
- Toimintamatka 800 km

Varustus:

- meripelastus- ja lääkintävarustus
- pimeännäkölaitteet ja lämpökamera
- säätutka/ etsintätutka
- etsintävalonheitin
- pelastusvinssi, nostokyky 270 kg
- ulkopuolisen kuorman nostokoukku, nostokyky 1 000 kg
- metsänsammutusvälineistö, 1 000 litran sammutuspussi



Kuva 8. AB412, OH-HVH [32]

Rekisteritunnus	Valmistusvuosi
OH-HVD	1985
OH-HVE	1986
OH-HVH	1990
OH-HVJ	1996
OH-HVK	1999

AS332 - Super Puma [32]

- Kaksimoottorinen keskiraskas helikopteri
- Miehistö: 5
- Matkustajaluku: max 20
- Max lentoonlätöpaino 8 600 kg
- Nopeus: 240 km/h
- Toimintamatka: 1 000 km

Varustus:

- meripelastusvarustus ja lääkintävarustus
- jäänpoistojärjestelmä
- pimeännäkölaitteet ja lämpökamera
- säätutka/etsintätutka
- etsintävalonheitin
- kaksi pelastusvinssiä, nostokyky 270 kg/136 kg
- ulkopuolisen kuorman nostokyky 3 000 kg
- metsänsammutusvälineistö, 2 000 litran sammutuspussi



Kuva 9. Super Puma [32]

Rekisteritunnus	Valmistusvuosi
OH-HVF	1987
OH-HVG	1988
OH-HVI	1991

AW 119 Ke Koala [32]

- Yksimoottorinen kevyt helikopteri
- Miehistö: 1-2
- Matkustajaluku: max 7
- Max lentoonlätöpaino 2 850kg
- Nopeus 250 km/h
- Toimintamatka 750 km

Varustus:

- viranomaisradio ja taktinen tietokone
- pimeännäkölaitteet
- sairaankuljetuspaarit
- ulkopuolisen kuorman nostokyky 1 000 kg
- metsäpalonsammutusvälineistö, 1 000 litran sammutuspussi



Kuva 10. Koala, OH-HVL [32]

Rekisteritunnus	Valmistusvuosi
OH-HVL	2009
OH-HVM	2010