

REUNAHDOT JA TESTAUSSUUNNITELMAT TAISTELIJANRADION VALINTAAN ELINKAARIKUSTANNUSTEN NÄKÖKULMASTA

Juha Savolainen

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2013

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma. Ylempi AMK
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) SUKUNIMI, Etunimi	Julkaisun laji Opinnäytetyö. Ylempi ammattikorkeakoulututkinto	Päivämäärä 3.6.2013
	Sivumäärä 59+2 liitettä	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi REUNAHDOT JA TESTAUSSUUNNITELMAT TAISTELIJANRADION VALINTAAN ELINKAARIKUSTANNUSTEN NÄKÖKULMASTA		
Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma. Ylempi ammattikorkeakoulututkinto.		
Työn ohjaaja(t) JURVELIN, Jouni, ALAKANGAS, Juhani PALOKANGAS, Tero		
Toimeksiantaja(t) Puolustusvoimat		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa perusteet hankkia elinjaksokustannusten näkökulmasta optimaalisin taistelijanradio ryhmän ja joukkueen käyttöön. Työn ensimmäisessä vaiheessa selvitetään taistelijanradioiden reunaehdot sekä taistelijanradion valintaan vaikuttavia elinjaksokustannuksia. Työn toisessa vaiheessa määritellään laboratorio- ja kenttätestaukset, joilla saadaan selville testattavista taistelijanradioista ominaisuuksiltaan ja elinjaksokustannuksiltaan optimaalisin käyttöä ja ylläpitää taistelukentällä tai sitä vastaavissa olosuhteissa osana taistelunjohtojärjestelmää.</p> <p>Työn ensimmäisessä vaiheessa materiaalina käytettiin puolustusvoimien tietokantaa, muiden maiden ”tulevaisuuden taistelija” – hankkeiden tuloksia ja tietokantoja, aikaisempia kokemuksia vastaavalaisista radioista ja radiovalmistajilta saatavaa tietoa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksissa kävi esillä, että taistelijanradion tulee olla kooltaan, painoltaan ja käytettävyydeltään sellainen, että se ei hankaloita käyttäjän liikkumista ja taistelemista taistelukentällä. Radion on myös toimittava luotettavasti kaikissa olosuhteissa. Taistelijanradion käyttövarmuuden on oltava riittävän hyvä sekä kunnossapidon ja huollon sellaisia, että kunnossapidosta ja huollosta syntyvä logistinen jalanjälki on mahdollisimman pieni.</p> <p>Opinnäytetyön tulokset osoittavat, että pelkästään yksittäisen laitteen tekniset ja toiminnallisuudet ominaisuudet eivät riitä tehtäessä taistelijanradiovalintoja. Valintaa tehtäessä on otettava huomioon, että taistelijanradio on vain yksi osa taistelunjohtojärjestelmää ja sen on toimittava osana sitä useita vuosia.</p> <p>Seuraava vaihe on kenttätestien tekeminen ja niiden tulosten käyttäminen arvioitaessa eri laitevalmistajien radioiden operatiivista käytettävyyttä, järjestelmän toimintavarmuutta, järjestelmän elinjaksokustannuksia, käyttökustannuksia, logistista jalanjälkeä ja logistiikan vasteaikaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Taistelijanradio, elinjaksohallinta, elinjaksokustannus, operatiivinen käytettävyyys		
Muut tiedot		



Author(s) SAVOLAINEN, Juha	Type of publication Master's Thesis	Date 3.6.2013
	Pages 59+2 appendixes	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title CRITICAL TECHNICAL SPECIFICATIONS AND TEST PLAN FOR THE SOLDIER RADIO FROM THE LIFE CYCLE COST'S POINT OF VIEW		
Degree Programme Professional Master Degree Programme in Technological Competence Management		
Tutor(s) JURVELIN, Jouni, ALAKANGAS, Juhani PALOKANGAS, Tero		
Assigned by The Finnish Defense Forces		
Abstract <p>The aim of the thesis work was to provide criteria for the Finnish Defense Forces' project to acquire the best soldier radio for the squad and platoon level from the life-cycle cost's point of view. The first step was to find out critical technical specifications and life-cycle costs needed to be noticed and highlighted in the selection of the soldier radio. The second step was to define the laboratory and field tests to figure out which one of the radio under testing would be best to operate and maintain on the battlefield as part of the command and control system.</p> <p>The material used in the first step was found from the database of the Finnish Defense Forces, from discussions with the military personnel, from the "future fighter" soldier projects of the other countries, from past experience with similar radios and from radio manufacturers.</p> <p>The results of the thesis work were that the size, weight and usability of the soldier radio would be such as it does not disturb the user's movement and fighting on the battlefield. The radio has to work reliably in all conditions. Operational availability and reliability of the soldier radio must be good enough and the logistic footprint of the maintenance and service could be as small as possible.</p> <p>The results also show that the functionality and technical specifications of the soldier radio are not sufficient for making the selection of the soldier radio. One important thing to understand is that the soldier radio is only one part of the command and control system and will be operating many years in the future.</p> <p>The next step is to make field tests and to find out operational availability, system reliability, system life-cycle costs, operational costs, logistics footprint, and logistics response time from the radios of different radio manufacturers.</p>		
Keywords Soldier radio, Life Cycle Management, Life Cycle Cost, Operational Availability		
Miscellaneous		

KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

Seuraavassa on kuvattu määritelmiä käsitteille, joita on käytetty opinnäytetyössä. Määritelmän yhteydessä on mainittu, mistä lähteestä määritelmä on otettu. Jos käsitteen lopussa ei ole mainittu lähdettä, voidaan sitä pitää yleisesti käyttöön vakiintuneena.

Suorituskyky

Suorituskyky muodostuu joukosta, sen materiaalista ja käyttöperiaatteesta sekä näitä tukevasta tukeutumisympäristöstä ja infrastruktuurista (Puolustusvoimien määritelmärekisteri). Kosolan (2007, 3) mukaan suorituskyky muodostuu oikeista vaatimuksista ja vaatimusten mukaisesta tuotteesta.

Elinjakso

Elinjakso alkaa tavoitteen tai tavoitteiden määrittelystä ja loppuu asiasta luopumiseen. Suorituskyvyn elinjakso alkaa operatiivisen suorituskykyvaatimusten ja operatiivisen konseptin laatimisesta ja päättyy suorituskyvystä luopumiseen. Järjestelmän elinjakso alkaa järjestelmävaatimusten ja –arkkitehtuurin laatimisella ja päättyy järjestelmän hylkäämiseen. Joukon elinjakso alkaa joukkotarpeen tunnistamisesta ja päättyy, kun joukko poistetaan perustamistehtäväluettelosta. (PAK 08-04 Liite 1 2007, 1-3)

Elinjakso on järjestelmän, tuotteen, palvelun, projektin tai muu ihmisen tekemä kokonaisuus konseptivaiheesta luopumisvaiheeseen. (ISO/IEC 15288 2008, 4)

Elinjaksosuunnittelu

Suorituskyvyn elinjaksosuunnitelmassa kuvataan millä aikataululla suorituskyky luodaan, kuinka kauan sitä ylläpidetään ja milloin siitä luovutaan sekä millaisia resursseja tarvitaan, kun se luodaan ja ylläpidetään. (PAK 08 – 04 2007, 2) Elinjaksosuunnitelma luo edellytykset suorituskyvyn hallintaan sen koko sen elinjakson ajan.

Elinjaksokustannuslaskelma

Elinjaksokustannuslaskelma on laskelma elinjakson aikana syntyvistä välittömistä ja välillisistä kustannuksista. (PAK 08-04, Liite 1 2007, 1)

Taistelijanradio

Taistelijanradio on koko puolustusvoimien käyttöön tarkoitettu radio, jota on tarkoitus käyttää ryhmä-, joukkue- ja komppaniatasolla välittämään puhetta ja dataa.

1	Johdanto	5
1.1	Tavoite ja tutkimusongelmat.....	6
1.2	Työn rajaus	6
1.3	Työn rakenne.....	7
2	Suorituskyvyn elinjaksollahinta	8
2.1	Suorituskyvyn elinjaksollahinnan prosessit puolustusvoimissa	8
2.2	Suorituskyvyn elinjaksoprosessien hallinta	9
2.3	Elinjaksokustannuslaskenta.....	12
2.4	Suorituskyvyn elinjaksollahinnan haasteet	19
2.4.1	Järjestelmien järjestelmät.....	19
2.4.2	Elinjakson lyhentymisen elektroniikan ja ohjelmistojen myötä.....	20
2.4.3	Kustannusten kasvaminen	20
2.5	Suorituskyvyn elinjaksollahinta	21
2.5.1	Operatiivinen käytettävyys	23
2.5.2	Järjestelmän toimintavarmuus	24
2.5.3	Järjestelmän elinjaksokustannus	24
2.5.4	Käyttökustannus.....	26
2.5.5	Logistinen jalanjälki.....	27
2.5.6	Logistiikan vasteaika	27
3	Sotilasjärjestelmän kunnossapito	27
3.1	Kunnossapito	27
3.2	Kunnossapito kentällä	30
3.2.1	Kenttähuolto ja huollossa tehtävä huolto	31
3.2.2	Kunnossapitolajit.....	33
3.2.3	Viesti- ja elektroniikkalaitteiden kunnossapito.....	34
4	Opinnäytetyön toteutus	35
5	Opinnäytetyön tulokset	37
5.1	Taistelijanradion valintaan vaikuttavat reunaehdot	37
5.2	Taistelijanradion valintaan vaikuttavat elinjaksokustannukset	41
5.2.1	Taistelijanradion elinjaksokustannusten tarkastelua.....	41
5.2.2	Kustannustyytit ja ryhmittely	42
5.2.3	Integrointi muuhun järjestelmään ja sen vaikutus käyttöön ja koulutukseen ..	44
5.2.4	Akut ja niiden tarve	46
5.2.5	Logistiikka.....	46

5.2.6	Käyttö ja ylläpito	46
5.3	Taistelijanradion valintaan vaikuttavien laboratorio- ja kenttätestien kohteet ja testisuunnitelmat.....	47
6	Opinnäytetyön pohdinta ja johtopäätökset	52
6.1	Tehtyjen testien tulokset.....	53
6.1.1	Yksikkötestaus.....	53
6.1.2	Järjestelmättestaus	55
6.1.3	Integraatiotestaus	55
6.2	Johtopäätökset	56
	LÄHTEET	57
	LIITTEET	59

KUVAT

Kuva 1.	ISO/IEC-15288 - standardin prosessit.....	7
Kuva 2.	Puolustusvoimien käyttämän elinjaksomallin vaiheet verrattuna ISO/IEC-15288 – standardin esittämän elinjaksomallin vaiheisiin.....	8
Kuva 3.	ISO/IEC-15288 standardin prosessit liitettynä puolustusvoimien elinjaksomallin vaiheisiin.....	9
Kuva 4.	Tyypillinen elinjaksokustannuksien jakautuminen järjestelmän elinjakson aikana.....	15
Kuva 5.	Käyttö- ja ylläpitokustannusten määräytyminen hankinnan eri vaiheissa.....	15
Kuva 6.	Valmiusaste, luotettavuus ja käyttö- ja ylläpitokustannukset.....	16
Kuva 7.	SOE Kaavio.....	21

TAULUKOT

Taulukko 1.	Taistelijanradion suorituskyvyn elinjaksokustannuksiin vaikuttavatekijät.....	41
Taulukko 2.	Järjestelmien ennakoitut/ennustetut vanhenemisaikataulut.....	44

1 Johdanto

Tulevaisuuden taistelijalla on oltava aikaisempaa parempi tilannekuva taistelulentästä. Kuva siitä, missä omat joukot on, kyky tunnistaa omat joukot ja havainnoida missä vihollinen on sekä tunnistaa vihollisen joukot. Nämä tarpeet ovat tehneet sen, että taistelulentältä kerättyä tietoa on tarvetta saada siirrettyä aikaisempaa tehokkaammin sekä taistelijalta taistelunjohtoverkon läpi komentopaikoille että komentopaikoilta mm. tilanneraportteja ja käskyjä taistelunjohtoverkon läpi taistelijalle. Jotta tämä ketju toimisi kunnolla, on taistelijalla oltava päätelaitteen ja sensoreiden lisäksi myös radio jonka avulla dataa ja puhetta siirretään taistelunjohtoverkon ja taistelijan välillä.

Puolustusvoimien Maapuolustuksen tiedonsiirtohanke (MATISI-hanke) on osa puolustusvoimien johtamisen kehittämisohjelmaa. MATISI-hankkeessa on tarkoitus kehittää ja hankkia uutta suorituskykyä maapuolustuksen tiedonsiirtoon (Maapuolustuksen tiedonsiirtohanke (MATISI) Hankesuunnitelma ver. 2.0 2010, 1). Hankkeen yhtenä osakokonaisuutena on taistelijan kommunikointijärjestelmän hankinta. Tarkoitus on hankkia operatiivisiin ja teknisiin vaatimuksiin vastaava taistelijanradio ryhmän ja joukkueen käyttöön, osaksi taistelunjohtojärjestelmää.

Hankittaessa ja käytettäessä taistelijanradioita on tärkeää, että radio on soveltuva siihen käyttöön ja niihin olosuhteisiin, joissa sitä tullaan käyttämään niin rauhan kuin kriisinkin aikana koko elinjakson ajan. Tämän takia ennen hankintaa on selvitettävä mahdollisimman tarkasti käyttäjien tarpeet ja käyttöympäristö ja – olosuhteet eli reunaehdot taistelijanradiolle.

1.1 Tavoite ja tutkimusongelmat

Tässä dokumentoidun opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa perusteet hankkia elinjaksokustannusten näkökulmasta edullisin taistelijanradio ryhmän ja joukkueen käyttöön. Opinnäytetyö jakautuu kahteen osaan: 1) selvitetään, mitä taistelijanradioiden elinjaksokustannuksia on otettava huomioon ja painotettava taistelijanradion valintaa tehtäessä ja näillä perusteilla 2) määritellään laboratorio- ja kenttätestaukset, joilla saadaan selville testattavista taistelijanradioista ominaisuuksiltaan ja elinjaksokustannuksiltaan paras käyttää ja ylläpitää taistelukentällä tai sitä vastaavissa olosuhteissa osana taistelunjohtojärjestelmää.

Opinnäytetyö sisältää kaksi tutkimusongelmaa:

1. Mitä taistelijanradioiden elinjaksokustannuksia on otettava huomioon ja painotettava taistelijanradion valintaa tehtäessä?
 - Mitä kustannuksia taistelijanradiolle syntyy elinkaaren aikana, kun taistelijan radiota käytetään ja kunnossapidetään taistelukentällä tai sitä vastaavissa olosuhteissa?
 - Mitä elinkaaren aikana syntyvistä kustannuksista tulisi ottaa huomioon tehtäessä taistelijanradiovalintoja?
2. Minkälaisilla testeillä selvitetään testattavista taistelijanradioista elinkaarikustannusten kannalta sopivin?

1.2 Työn rajaus

Tässä dokumentoitu opinnäytetyö pitää sisällään taistelijanradion reunaehtojen selvittämisen ja laboratorio- ja kenttätestausten suunnittelun. Laboratorio- ja kenttätestausten tekeminen ja testaustuloksien analysointi on rajattu opinnäytetyön ulkopuolelle.

Puolustusvoimissa on käytössä oma normisto elinjakson hallinnasta. Normien laadinnassa on ollut lähtökohtana kuitenkin suurempien kokonaisuuksien, ku-

ten suorituskyvyn elinjaksohallinta, kuin pelkästään taistelijanradioiden elinjaksohallinta. Tästä syystä on kussakin hankkeessa tärkeää selvittää ja käyttää normeja soveltuvin osin ja käyttää hyväksi vain ne osat, jotka ovat kyseisessä hankkeessa tarpeellisia. Suorituskyvyn tai järjestelmän käyttö taistelukentällä tai sitä vastaavissa olosuhteissa luo omat vaatimukset suorituskyvylle tai järjestelmällä verrattuna esimerkiksi tehdasympäristössä käytettäviin tuotantolaitteisiin. Tästä syystä tässä opinnäytetyössä on lähteinä käytetty virallisen normipohjan lisäksi myös muiden maiden puolustusministeriöiden vastaavia ohjeistuksia, oppaita ja julkaisuja. Niissä on lähtökohtana suorituskyvyn tai järjestelmän elinkaarihallinta ja kunnossapito taistelukentällä tai taistelukentän mukaisissa olosuhteissa. Lisäksi työn lähteinä on käytetty historiatietoja aikaisempien radiojärjestelmien huolto- ja kunnossapitohistoriasta.

1.3 Työn rakenne

Työ jakaantuu viiteen kokonaisuuteen: 1) johdantoon, 2) teoriaosaan, 3) työn toteutuksen kuvaukseen, 4) tuloksien esittämiseen ja 5) niistä tehtäviin johtopäätöksiin. Johdannossa käydään läpi tausta opinnäytetyölle, opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimusongelma sekä opinnäytetyön rajaus ja rakenne. Teoriaosassa käydään läpi opinnäytetyö-aiheeseen oleellisesti liittyvä teoria/kirjallisuus ja se jakaantuu kahteen lukuun: teoriaosan ensimmäisessä luvussa käydään läpi suorituskyvyn elinjaksohallintaan liittyviä asioita ja toisessa luvussa kerrotaan sotilasjärjestelmän kunnossapidosta ja sen haasteista. Opinnäytetyön toteutuskuvauksessa kerrotaan, miten opinnäytetyön kaksi eri vaihetta toteutettiin. Opinnäytetyön tulokset ja johtopäätökset luvuissa kuvataan opinnäytetyön tulokset ja niistä tehtävät johtopäätökset sekä esitetään miten testaukset jatkuvat.

2 Suorituskyvyn elinjaksollahinta

2.1 Suorituskyvyn elinjaksollahinnan prosessit puolustusvoimissa

Sotilaallisen suorituskyvyn elinjaksollahinnalla pyritään suorituskyvyn oikea aikaisen luomisen ja hankkimisen lisäksi ylläpitämään suorituskykyä siihen varatuin resurssein sekä luopumaan suorituskyvystä hallitusti (Kosola 2007, 15). Puolustusvoimien elinjaksollahinnassa käytettävät prosessit perustuvat ISO/IEC-15288 – standardiin ja ne on sen mukaisesti jaettu neljään pääprosessiin, joiden alta löytyy useita alaprosesseja. Standardin pääprosessit ovat sopimusprosessit (Agreement Processes), yritysprosessit (Organizational Project-Enabling Processes), projekti-/hankeprosessit (Project Processes) ja tekniset prosessit (Technical Processes). IES-15288 standardin prosessit on esitetty kuvassa 1 (ISO/IEC 15288 2008, 12).

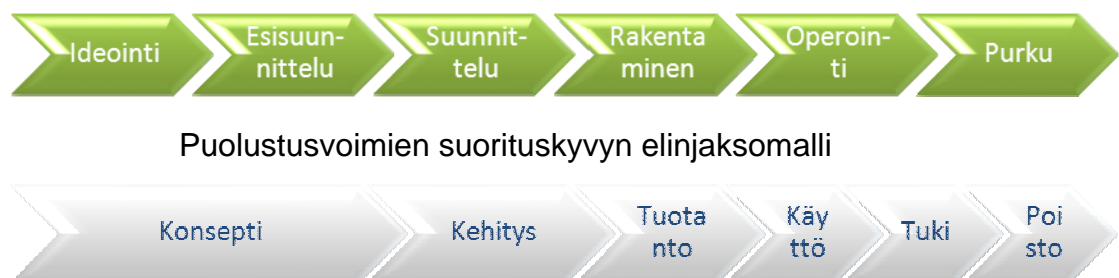


Kuva 1. ISO/IEC-15288 - standardin prosessit (ISO/IEC 15288 2008, 12)

Sopimusprosessit kuvaavat sen, miten tuote tai palvelu hankitaan käyttöön (Hankintaprosessit) sekä sen, miten tuote tai palvelu tuotetaan asiakkaalle (Toimitusprosessit). Hankinta- ja toimitusprosessit ovat kaupallisia prosesseja, joita ohjaavat valtionhallinnon yleiset ja puolustusvoimien omat kaupalliset määräykset, lait ja asetukset. Yritysprosessit taas kuvaavat menettelytavat, joilla yritys pystyy käynnistämään, tukemaan ja ohjaamaan hankinta- ja toimitusprosesseja. Projektiprosessilla kuvataan, miten projektit suunnitellaan, miten niitä seurataan ja ohjataan sekä miten projekteissa hallitaan riskejä, konfiguraatioita ja informaatiota. Tekniset prosessit kuvaavat hankittavan tuotteen tai palvelun. Niissä kuvataan vaatimusten hallinta, tuotteen rakenne ja toiminta sekä se, miten tuote testataan, verifioidaan ja hyväksytään. Lisäksi kuvataan se, miten tuotetta käytetään, miten sitä ylläpidetään ja miten siitä luovutaan. (Kosola 2007, 49-53)

2.2 Suorituskyvyn elinjaksoprosessien hallinta

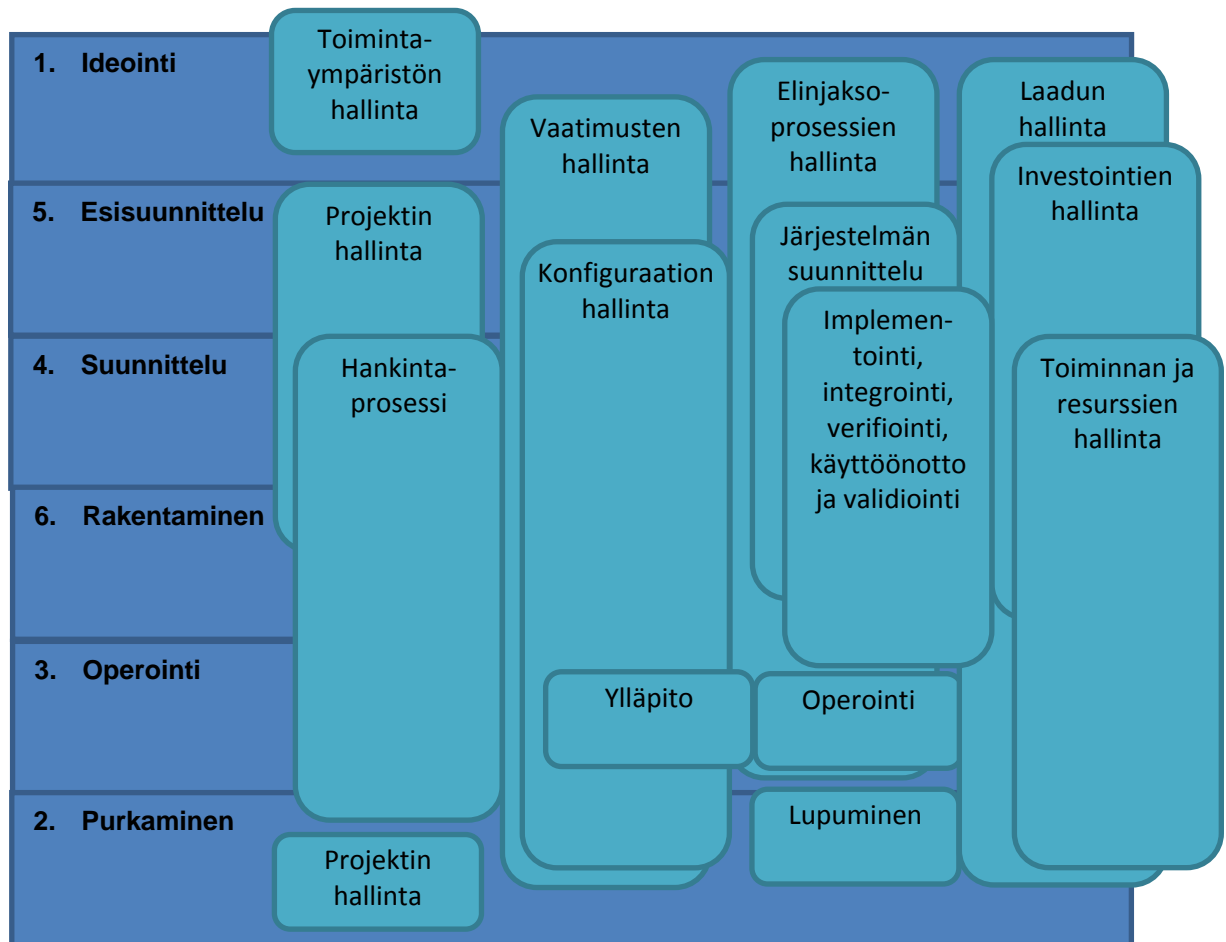
Kuten standardi ISO/IEC 15288 määrittää, on elinjakson hallinta hyvä jakaa vaiheisiin ja jokaiselle vaiheelle täytyy määrittää selkeästi organisaatio, joka vastaa kyseisestä vaiheesta. Puolustusvoimilla on käytössä ISO/IEC 15288 – standardiin perustuva suorituskyvyn elinjaksomalli, jota on muunneltu soveltuvasi puolustusvoimien käyttöön. Puolustusvoimien käyttämän elinjaksomallin vaiheet verrattuna ISO/IEC 15288 – standardiin on esitetty kuvassa 2.



ISO/IEC 15288 –standardin mukainen elinjaksomalli (ISO/IEC PDTR 19760, 2002, 16)

Kuva 2. Puolustusvoimien käyttämän elinjaksomallin vaiheet verrattuna ISO/IEC-15288 – standardin esittämän elinjaksomallin vaiheisiin. (Kosola 2007, 70)

Kuvassa 3 (Kosola 2007, 78) on esitetty ISO/IEC-15288 - standardin prosessit liitettynä puolustusvoimien elinjaksonmallin vaiheisiin. Puolustusvoimien elinjaksonhallinnan vaiheet on määritelty Pääesikunnan Materiaali-osaston pysyväisasiakirjassa 08:04 Suorituskyvyn elinjakson suunnittelu (PEMATOS PAK 08:04).



Kuva 3. ISO/IEC-15288 standardin prosessit liitettynä puolustusvoimien elinjaksonmallin vaiheisiin. (Kosola 2007, 78)

Ideointivaihe – Ideointivaiheessa luodaan ja kehitetään erilaisia vaihtoehtoja sille, miten haluttu suorituskyky voitaisiin saavuttaa. Ideointivaiheessa tuotetaan operatiiviset suorituskykyvaatimukset, operatiivinen konsepti, konseptien vertailu ja valinta, elinjaksosuunnitelman perusteet ja hankesuunnitelman 1. versio. (PEMATOS PAK 08:04 2007, Liite 1, 2-3 ja Kosola 2007, 89–91)

Esisuunnitteluvaihe – Esisuunnitteluvaiheessa aloitetaan järjestelmätason suunnittelu ja lähestytään teollisuutta tietopyynnön kanssa. Esisuunnitteluvaiheessa tuotetaan käsitteet ja määritelmät, sidosryhmäanalyysi, tietotarpeen määrittely, taktiset suorituskykyvaatimukset, tärkeimmät järjestelmävaatimukset, järjestelmäarkkitehtuuri päätasolla, tehtäväprofiili, konfiguraationhallintasuunnitelma, tuoterakenne päätasolla, joukon ja järjestelmän elinjaksosuunnitelmien ensimmäiset versiot, tukeutumiskonsepti, teollisen yhteistyön suunnitelma, tietopyyntö, hankintasuunnitelma ja hankesuunnitelman 2. versio. (PEMATOS PAK 08:04, Liite 1 2007, 3-4 ja Kosola 2007, 129–139)

Suunnitteluvaihe – Suunnitteluvaiheessa tehdään tarkka hanke-, hankinta- ja järjestelmäsuunnitelma ja valmistellaan tarjouspyyntö. Suunnitteluvaiheessa tuotetaan osajärjestelmien järjestelmävaatimukset, järjestelmäarkkitehtuuri osajärjestelmätasolla, osajärjestelmien käyttöprofiilit, järjestelmäkonfiguraatio, tuoterakenne osajärjestelmätasolla, teknisen elinjakson suunnitelmat, tukeutumisjärjestelyiden suunnitelmat, testaus- ja evaluointisuunnitelmat, hankintasuunnitelman 2. versio, tarjouspyyntö, tarjousten vertailu, hankesuunnitelman 3. versio, tarkennetut hanketehtävät TRSS:ssä (toiminnan resurssien suunnittelu ja seuranta) ja hankeresurssien varaus. (PEMATOS PAK 08:04, Liite 1 2007, 5 ja Kosola 2007, 240- 256)

Rakentaminen – Rakentamisvaiheessa tehdään tarvittavat kaupalliset ja hallinnolliset toimenpiteet, jotta suorituskyky saadaan hankittua sekä suoritetaan tarvittavat testaukset ja hyväksynät. Rakentamisvaiheessa tuotetaan hankkeen resursointi, hankintatoimeksianto, sopimukset (hankinta-, tukeutumis-, sotatalous- ja turvallisuus-), tukeutumisjärjestelyiden toteuttamispäätökset, testauspöytäkirjat ja hyväksynät sekä tekninen ja käyttöön hyväksyntä. (PEMATOS PAK 08:04, Liite 1 2007, 5 ja Kosola 2007, 336–372)

Operointivaihe – Operointivaiheessa ylläpidetään saavutettua suorituskykyä ja suunnitellaan kuinka pitkään suorituskykyä on mahdollista pitää yllä esim. teknisen elinjakson näkökulmasta. Operointivaiheessa tuotetaan käytön aikainen elinjakson hallinta, vaatimusten ylläpito, konfiguraationhallinta, järjestelmäpäivitykset, käyttövarmuuden varmistaminen ja teknisen elinjakson hallinta. (PEMATOS PAK 08:04, Liite 1 2007, 5 ja Kosola 2007, 375–389)

Purkamisvaihe – Purkamisvaiheessa suorituskyky puretaan, osalle osajärjestelmistä suunnitellaan uudelleen käyttö sekä lopulta materiaali hylätään ja poistetaan käytöstä. Purkamisvaiheessa tuotetaan tuoterakenteen purkamisen, järjestelmäelementtien uudelleenkäytön suunnittelu, materiaalin hylkääminen, romuttaminen, myynti ja museointi. (PEMATOS PAK 08:04 2007, Liite 1, 6 ja Kosola 2007, 390/394)

Suorituskyvyn elinjaksomallin lisäksi puolustusvoimissa on käytössä elinjaksosauditointijärjestelmä, jossa tarkastellaan kunkin elinjaksovaiheen jälkeen edellytyksiä siirtyä elinjaksomallissa seuraavaan vaiheeseen.

2.3 Elinjaksokustannuslaskenta

Hankkeissa kustannuslaskelman perustana käytetään elinjaksosuunnitelmaa, jonka tulee perustua pitkän tähtäimen suunnitelmassa esiintyviin tehtävävaatimuksiin (PAK 08:05 2007, 2). Suorituskyvyn elinjaksokustannukset voidaan jakaa investointikustannuksiin sekä omistuksesta ja käytöstä syntyviin kustannuksiin, jotka yhdessä muodostavat kokonaiselinjaksokustannukset (PAK 08:05, Liite 1 2007, 2).

Puolustusvoimien pysyväisasiakirjan (PAK 08:05 2007, 2) mukaan suorituskyvyn elinjaksokustannuslaskennalla on kaksi päätavoitetta:

1. Elinjaksokustannuslaskelman avulla saadaan laskelmaan perustuva kustannusarvio, jonka avulla voidaan varmistua rahoituksen riittäväyydestä koko suorituskyvyn elinjakson ajan.
2. Elinjaksokustannuslaskelmalla saadaan tukea investointipäätöksiin, jotta raharesurssit voidaan kohdentaa suorituskyvyn kannalta oleellisiin osiin.

Päätavoitteiden lisäksi voidaan huolellisen kustannuslaskelman avulla välttää virrehankintoja ja vähentää yllättäviä kustannuksia, joita muuten voisi tulla esille elinjakson aikana. Kustannuslaskelma mahdollistaa myös ylläpito-, kehi-

tys- ja päivityskustannusten arvioinnin ja budjetoinnin koko suorituskyvyn elinjakson ajaksi. Se voidaan tehdä eri tasoilla ja eri tarkoituksiin ja sillä voidaan arvioida kokonaiskustannuksia koko suorituskyvyn yli tai toisaalta voidaan laskelmaa käyttää apuna vertailtaessa eri vaihtoehtoja keskenään. Jotta elinjakson kustannuslaskelma olisi uskottava ja käyttökelpoinen, on suorituskyvyn elinjaksosuunnitelmassa kuvattava ja siihen yhdistettävä ne tekijät, jotka synnyttävät kustannuksia elinjakson aikana. Tällaisia tekijöitä ovat mm. (PAK 08:05 2007, 6-7):

- käytöstä aiheutuvat kulut
 - käyttötunnit
 - käytössä kuluva materiaali
 - integroinnista aiheutuvat kulut
 - varaosat
 - huollot, päivitykset
- henkilöstöstä aiheutuvat kulut
 - palkat
 - koulutus
- infrastruktuurista ja tukeutumisesta aiheutuvat kulut
 - kiinteistöjen vuokraaminen
 - kiinteistöjen rakentaminen

Puolustusvoimien elinjakson kustannuslaskenta on ohjeistettu puolustusvoimien materiaaliosaston pysyväisasiakirjassa PEMATOS PAK 08:05 Suorituskyvyn elinjakson kustannuslaskenta puolustusvoimissa. Ohjetta käytetään soveltuvien osien kaikissa puolustusvoimien hankkeissa, joissa elinjakson aikana syntyvät kustannukset muodostuvat merkittäviksi. Ohjeen avulla luodaan yhtenäiset perusteet elinjakson kustannuslaskelmalle puolustusvoimissa määrittelemällä käytettävät mallit sekä osapuolten roolit, vastuut ja tehtävät suorituskyvyn elinjakson aikana. Ohjeessa kuvataan myös prosessi, jonka avulla voidaan hankkeelle luoda uskottava kustannusprofiili koko elinjakson yli. Ohjeella myös luodaan edellytykset kehittämisohjelman koordinoinnille ja hankkeiden suunnittelulle ja jo luodun suorituskyvyn ylläpitämiselle. (PEMATOS PAK 08:05 2007, 2)

Elinjaksokustannuksien laskenta tulee aloittaa jo elinjakson ideointivaiheessa ja sitä tulee tarkentaa jokaisessa elinjakson vaiheessa (esisuunnittelu, suunnittelu, rakentaminen, operointi ja purkaminen). Laskelma tarkentuu sitä mukaan, kun eri vaiheissa saadaan tarkempaa tietoa suorituskyvyn luomisesta ja ylläpitämisestä aiheutuvista kustannuksista. Kun elinjaksokustannuslaskenta aloitetaan heti hankkeen alussa, sitä voidaan käyttää hyväksi koko hankkeen ajan. Kun elinjakson kustannuslaskelmaa pidetään yllä koko elinjakson ajan, purkaminen mukaan lukien, sillä helpotetaan uusien arviointien tekoja tulevisissa hankkeissa. (PEMATOS PAK 08:05 2007, 2)

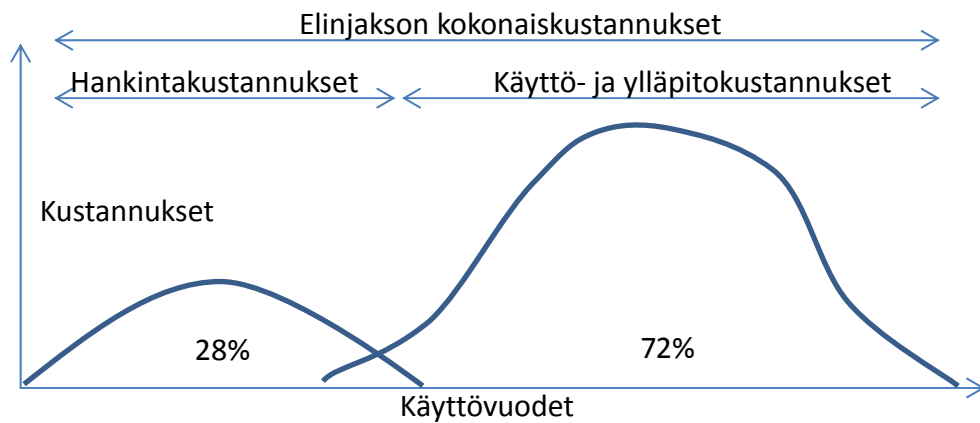
Suunnitteluvaiheen vaikutus elinjaksokustannuksiin GAO:n (U.S. Government Accountability Office) raportissa (GAO-03-57 2003, 22) löytyi kolme pääsyytä siihen, minkä takia DoD (U.S. Department of Defense) on joutunut käyttämään enemmän rahaa kentällä olevien järjestelmien käyttöön ja ylläpitoon, kun se oli niihin budjetoinut:

1. järjestelmän pääparametreja asetettaessa on liian vähälle huomiolle jäänyt vaatimusten vaikutus kustannuksiin,
2. tuotekehityksen tai tietyissä tapauksissa tuotannon aikana ei ole tiedetty tarpeeksi tuotteessa käytettävistä teknologioista ja niiden luotettavuudesta ja
3. ei ole riittävästi tietoa vastaavanlaisien jo käytössä olevien järjestelmien käyttö- ja ylläpitokustannuksista vaadittavista toimista käytönaikana, jotta voitaisiin parantaa tuotteita joita parhaillaan kehitetään.

Nämä tukevat näkemystä, että ottamalla huomioon käyttö- ja ylläpitokustannukset tuotekehityksen aikana voidaan tuote suunnitella sellaiseksi, että se on helppo huoltaa, valmis ajallaan ja luotettava käyttää pienillä kustannuksilla. Nämä vaatimukset ovat elinjakson kokonaiskustannuksen kannalta tärkeitä ja ne on otettava huomioon suorituskyvyn vaatimuksia määritettäessä, samalla tavalla kuin suorituskykyyn vaikuttavat muutkin vaatimukset. Jotta käyttö- ja huoltokustannukset voidaan ottaa huomioon tuotekehitysvaiheessa, on tärkeää, että kentältä saadaan historiatietoa aikaisemmista samanlaisista tai vastaavista järjestelmistä.

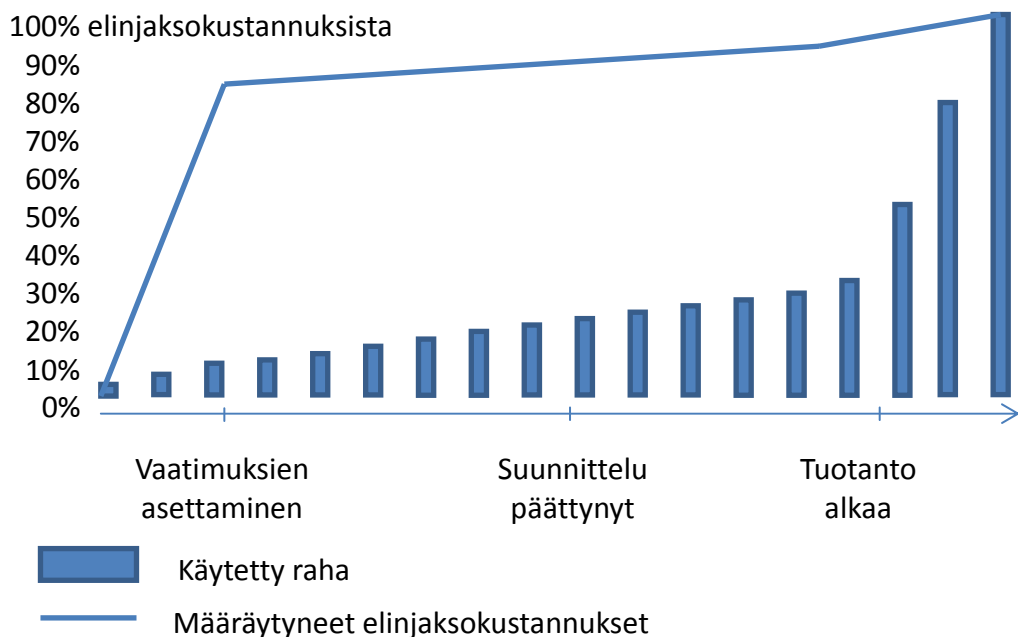
Elinjaksokustannuksiin vaikuttaa paljon myös se, minkälaisia teknologioita on käytetty tuotekehitys- ja tuotantovaiheessa. Vaatimusten määrittelyn jälkeen, kun tuotekehittäjät suunnittelevat tuotteen vastaamaan määriteltyä luotettavuusastetta, käyttäen teknologioita jotka on aikaisemmin todettu toimiviksi tai testattu voidaan vaikuttaa tuotteen elinjakson kokonaiskustannuksiin huomattavasti. Kun ase- ja muut sotilaallisessa käytössä käytettävät järjestelmät ovat käytössä kentällä, tarvitsevat ne usein kalliita varaosia sekä tuki- ja huoltojärjestelmiä, jotta niiden valmiusaste pysyy vaaditulla tasolla. (GAO-03–57 2003, 3 -7)

Käytöstä, ylläpidosta ja järjestelmästä luopumisesta muodostuvat kustannukset ovat tyypillisesti suurimmat kustannukset järjestelmän elinjakso-kustannuksissa. Näitä kustannuksia syntyy järjestelmän käytöstä ja järjestelmän käyttökunnossa pitämisestä, joissain tapauksissa jopa 30 vuoden ajan. Asejärjestelmän suorituskyvyn elinjakson aikaisista kustannuksista, jopa 60 – 70 % syntyvät käytöstä ja ylläpidosta (Rachuri ym. 2006, 2). GAO:n raportin mukaan tuotekehityksen ja tuotannon kustannuksien eli hankintakustannuksien osuus on noin 28 prosenttia asejärjestelmän elinjakson kustannuksista (GAO-03-57 2003, 13–14) (kuva 4). Näin olleen käytöstä, ylläpidosta ja poistamisesta syntyvien kustannusten osuus on noin 72 % asejärjestelmän elinjakson kokonaiskustannuksista. Tuosta 72 % asejärjestelmän käytön ja ylläpidon kustannusten (mm. polttoaineet, voiteluaineet, varaosat, huolto, modifiointisarjat ja asennukset) osuus kokonaiskäyttö- ja ylläpitokustannuksista on 48 %. Muut kustannukset tulevat terveydenhuollosta, tukikohdasta ja sen tukikodan palveluista. (GAO-03–57 2003, 13–14).



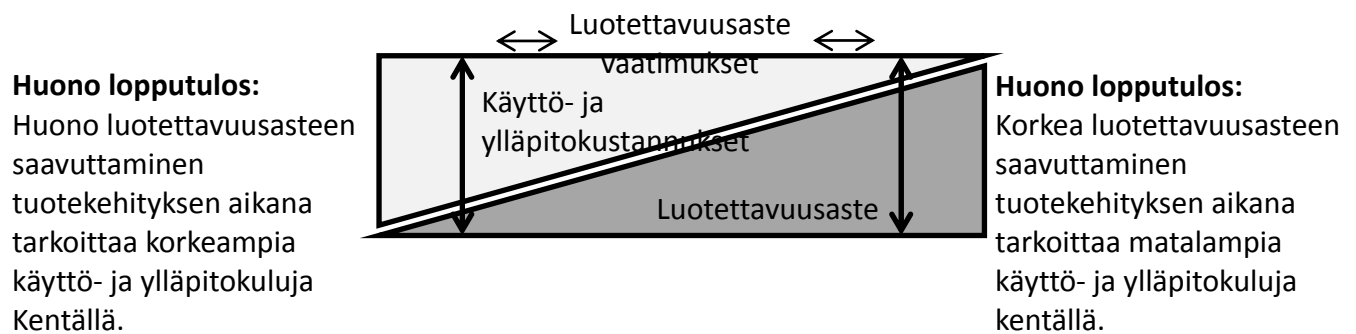
Kuva 4. Tyypillinen elinjaksokustannuksien Jakautuminen Järjestelmän elinjakson aikana. (GAO-03–57 2003, 14)

Käytännössä yli 85 % asejärjestelmän koko elinjakson kustannuksista on jo määritelty, kun vaatimukset on asetettu eli kun alle 10 % elinjakson kustannuksista on toteutunut (kuva 5). Kun tuote on valmis tuotantoon, 90 % sen elinjaksokustannuksista on jo päätetty ja vasta noin 28 prosenttia elinjakson kustannuksista toteutunut. (GAO-03–57 2003, 14)



Kuva 5. Käyttö- ja ylläpitokustannusten määräytyminen hankinnan eri vaiheissa. (GAO-03–57, 2003 23)

Yhteenvetona kuvista 4 ja 5 voidaan todeta, että asettamalla vaatimukset erilaiksi ja suunnittelemalla tuote tiettyjen vaatimusten mukaan voi vaikutus suorituskyvyn elinjakson kustannuksiin olla merkittävä. Asejärjestelmän käyttö- ja ylläpitokustannukset riippuvat asejärjestelmän suorituskyvystä, odotetusta valmiusasteesta ja luotettavuudesta, joiden mukaan järjestelmä on suunniteltu. Jos asejärjestelmältä odotetaan korkeaa valmiusastetta, mutta sen rakenne ei ole luotettava, voi käyttö- ja ylläpitokustannuksista muodostua korkea ja arvaamaton. Toisaalta, jos käytetty malli on kunnolla testattu ja se on luotettava ja kestävä, muodostuu käyttö- ja ylläpitokustannuksista pienemmät ja paremmin ennustettavat. Tavoitetilä on jossain näiden kahden ääripään välissä. Olisi hyvä löytää sopiva tasapaino valmiusasteen ja käyttö- ja ylläpitokustannusten väliltä. Tätä tasapainoa esitetään kuvassa 6.



Kuva 6. Valmiusaste, luotettavuus ja käyttö- ja ylläpitokustannukset (GAO-03–57 2003, 23)

Esimerkkinä luotettavuusasteen vaikutuksesta voidaan mainita DOD:n viisi (Apache, Abrams, C-17, B-2 ja B-1) valittua käytössä olevaa asejärjestelmää, joissa ei otettu käyttövalmiutta tai käyttö- ja ylläpitokustannuksia avainparametreiksi suunnitteluvaiheissa. Näiden järjestelmien käyttö- ja ylläpitokustannukset ovat kasvaneet 16 – 48 % arvioiduista. (GAO- 03–57 2003, 24)

Tuotekehityksen aikana voidaan parantaa tuotteen luotettavuutta vähentämällä teknisiä vaatimuksia, käyttämällä luotettavia ja hyväksi osoittautuneita komponentteja ja teknologioita sekä panostamalla alussa enemmän testaukseen.

Nämä päätökset parantaisivat tuotteen luotettavuutta ja siten sen käyttövalmiutta. Lisäksi ne alentavat käyttökustannuksia koko elinjakson aikana.

Suunnittelu- ja tuotekehitysvaiheessa täytyy ottaa huomioon myös yrityksen tietoliikennearkkitehtuuri, jossa on määritelty järjestelmissä käytettäviä teknologioita ja rajapintoja. (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 3). Nämä arkkitehtuuripäätökset evaluoidaan ja testataan, jotta voidaan varmistaa järjestelmän joustavuus ja avoimuus. Suunnittelu- ja tuotekehitysvaiheessa tämä voi nostaa kustannuksia jonkin verran työn lisääntymisen ja lisääntyneen resurssitarpeen muodossa, mutta voi johtaa alhaisempiin elinjakson kokonaiskustannuksiin mahdollistamalla helpomman ylläpidon, huollon, korjauksen ja päivityksen. Asia mihin myös kannattaa suunnittelussa ja tuotekehityksessä kiinnittää huomioita on kuluvat osat joita joudutaan vaihtamaan usein sekä niiden vaihtamisen suorittamisen helppous.

Teknologioiden kehittyminen on nykyään entistä nopeampaa (Kosola 2007, 43). Tämän huomioiminen suunnittelu- ja tuotekehitysvaiheessa on yksi mahdollinen tapa pienentää elinjakson kokonaiskustannuksia. Nopea teknologioiden kehittyminen vaikuttaa järjestelmän päivityksiin ja ottamalla huomioon niiden ajoittaminen oikeaksi, voidaan käyttö- ja ylläpitokustannuksiin vaikuttaa merkittävästi.

Jos suorituskyvyn tuotekehitys perustuu pääasiassa teknisiin vaatimuksiin ja tuotekehityksessä huomioidaan vain vähän käytön ja ylläpidon aiheuttamia kustannuksia voi näistä kustannuksista tulla arvioitua suuremmat. Toisaalta tuotekehityksen alussa on kuitenkin mahdollisuus vaikuttaa näihin käytönkuluihin käyttö- ja ylläpitokustannuksiin. (GAO-03-57 2003, 7)

Tunnistamalla ja valitsemalla oikein mahdolliset teknologiat ja tekniikat perustuen suorituskykyyn, edullisuuteen ja taistelukestävyyteen vaikutetaan tuotteen käyttö- ja ylläpitokustannuksiin (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final). 2003, 3). Lisäksi mahdollisten teknologioiden täytyy sopia standardeihin ja arkkitehtuuriin, joita on valittu käytettäväksi siinä laite- ja ohjelmistoympäristössä, joiden kanssa tuotetta suunnitellaan käytettäväksi ja johon tuote on suunniteltu integroitavaksi.

Arvioitaessa uuden järjestelmän käyttö- ja ylläpitokustannuksia tai kunnossapito trendejä ovat nykyisten järjestelmien huoltotiedot tärkeitä tietolähteitä. Mitä tarkemmin käytöstä ja ylläpidosta aiheutuvat kustannukset on kerätty, sitä parempi hyöty niistä saadaan uusia järjestelmiä hankittaessa. Jos aikaisemmista järjestelmistä kerätyt tiedot ovat käytettävissä suunnittelu ja tuotekehitysvaiheessa, voidaan jo hyvissä ajoin ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin jotta uusissa järjestelmissä vastaavia aikaisemmissa järjestelmissä havaittuja luotettavuutta ja käyttövalmiutta heikentäviä teknologioita ja komponentteja ei olisi tai niitä olisi paranneltu. Lisäksi käyttö- ja ylläpitokustannuksien historia-tieto auttaa käyttö- ja ylläpitobudjettien arvioinnissa ja varaosien hankinnassa.

Nousseet ylläpitokustannukset yhdessä koko ajan pienentyvän puolustusbudjetin kanssa voi johtaa siihen, että tulevaisuudessa on hyvin rajalliset mahdollisuudet uudistaa ja investoida uusiin asejärjestelmiin. Erityisesti, mikäli uudistuksiin ja hankintoihin budjetoidut rahat joudutaan käyttämään käytössä olevien järjestelmien kasvavien käyttö ja ylläpitokustannusten maksamiseen. GAO:n raportissa (GAO-03–57 2003, 4) on tuotu esille, että DOD on ollut yhä enemmän huolissaan siitä, että järjestelmien korkeat ylläpitokustannukset jättävät vain rajalliset mahdollisuudet uudistaa ja investoida uusiin aseisiin.

2.4 Suorituskyvyn elinjaksohallinnan haasteet

2.4.1 Järjestelmien järjestelmät

Suorituskyvyt perustuvat yleensä useamman järjestelmän kokonaisuuksiin ja järjestelmät, joista suorituskyky koostuu, rakentuvat osajärjestelmistä eli elementeistä. Jotkut elementeistä kuuluvat vain tiettyihin järjestelmiin, mutta osa elementeistä on yleiskäyttöisiä ja niitä käytetään useammassa järjestelmissä. Tästä syystä järjestelmien eri osilla on erilaisia elinjaksoja. Yhtenä esimerkkinä mainittakoon kenttäradiot osana järjestelmää tai suorituskykyä. Tässä tapauksessa kenttäradioiden elinjaksoa ei määrää järjestelmän tai suorituskyvyn elinjakso vaan viestijärjestelmän elinjakso. Jos kenttäradioiden elinjakso on pidempi kuin sen järjestelmän, missä kenttäradioita käytetään, koh-

dennetaan kenttäradiot uuteen järjestelmään, kun järjestelmän elinjakso loppuu. Jos taas kenttäradioiden elinjakso on lyhyempi kuin sen järjestelmän, jossa kenttäradioita käytetään, täytyy järjestelmään hankkia uudet kenttäradiot toisiin järjestelmän elinjakson aikana.

2.4.2 Elinjakson lyhentyminen elektroniikan ja ohjelmistojen myötä

Nykyään järjestelmien suorituskyky perustuu kasvavassa määrin elektroniikkaan ja ohjelmistoihin. Elinjaksot ovat kuitenkin lyhentyneet, koska vaikka elektroniikan käyttökelpoinen käyttöikä on kuitenkin suhteellisen lyhyt johtuen elektroniikan nopeasta kehityksestä. Tästä yhtenä esimerkkinä on esimerkiksi salauksen murtotekniikoiden kehittyminen. Vaikka radiot toimisivat vielä pitkäänkin, niiden operatiivisesti käyttökelpoinen elinikä loppuu silloin, kun salaus on purettu. Lyhimmät elinjaksot ovat tyypillisesti ohjelmistoilla. Esimerkiksi käyttöjärjestelmien, tietokantojen, laiteohjainten ja järjestelmiin liittyvien ohjelmistojen elinikä on tyypillisesti vain muutamia vuosia. Tästä johtuen on järjestelmän elinjakson aikana varattava resursseja ohjelmistojen ylläpitämiseen. Myös järjestelmän käyttöjärjestelmä voidaan joutua uusimaan käyttöjärjestelmän elinjakson ja sitä myötä teknisen tuen ja ylläpidon loppumisen johdosta. (Kosola 2007, 19–20)

2.4.3 Kustannusten kasvaminen

Samalla kun järjestelmien suorituskyky kehittyy, myös niiden yksikkökustannukset kasvavat. Kun vuonna 2001 USA:n viisi tärkeintä puolustusjärjestelmää maksoivat 281 miljardia dollaria, niin vuonna 2005 niiden yhteiskustannusarvon arvioitiin olevan 521 miljardia. Siis neljässä vuodessa päähankkeiden hinta oli kaksinkertaistunut. (Kosola 2007, 20)

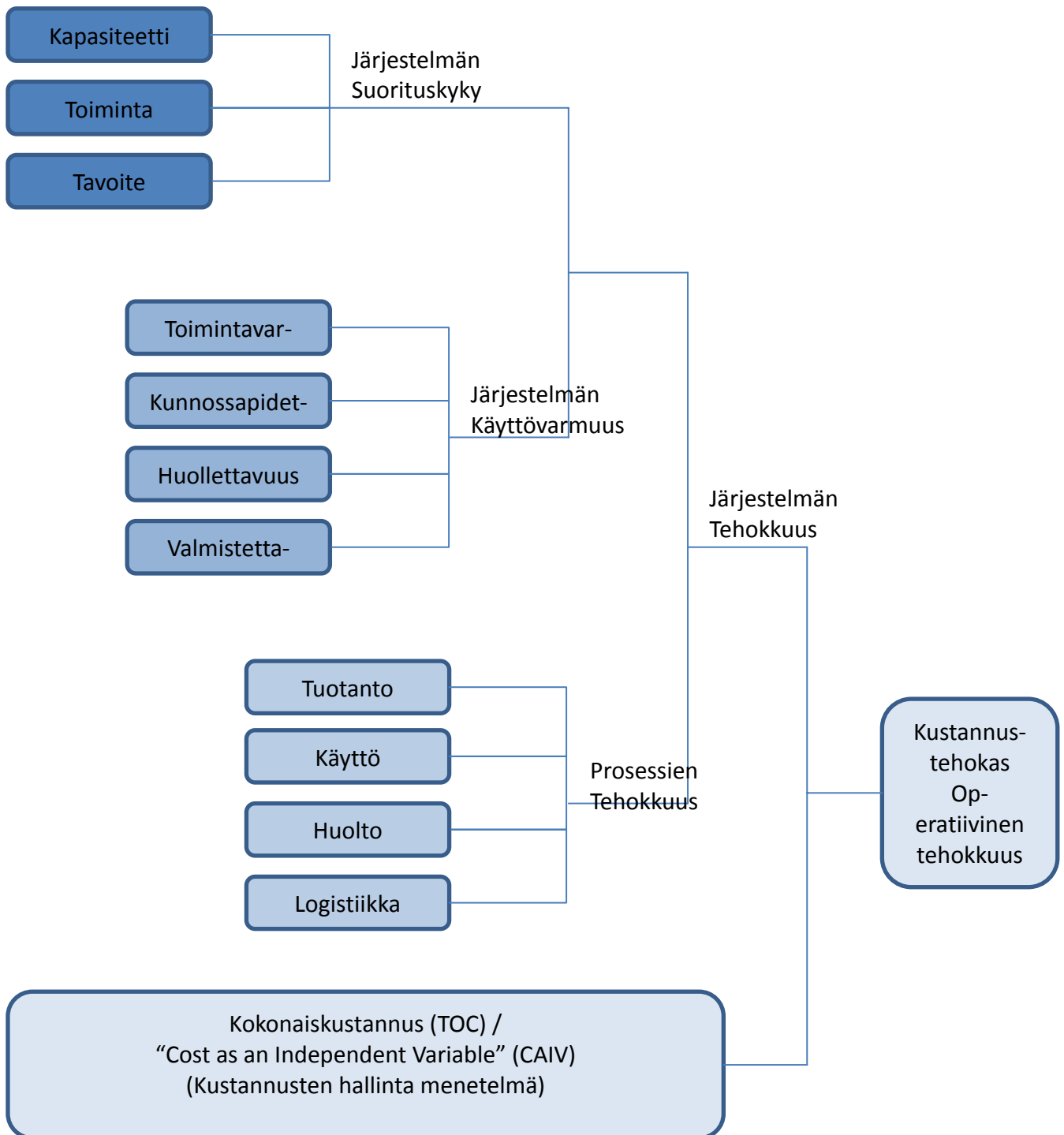
Puolustusjärjestelmien yksikkökustannukset ovat nousseet noin 7 – 10% vuositahtia jo pidemmän ajan. Hankittavien järjestelmien tiimoilta tämä tarkoittaa sitä, että olemassa olevalla budjetilla hankittavien järjestelmien määrä puolittuu 7 – 10 vuoden välein. Samanaikaisesti myös joukkojen ylläpitokus-

tannukset ovat kasvaneet 6 – 10% vuosivauhtia, joukkojen teknistymisen ja uudelleen varustamisesta johtuen. Hankintahintojen ja ylläpitokustannusten kasvamisesta johtuen on oltava yhä tarkempi siitä, että tarvittava suorituskyky on mahdollista paitsi hankkia myös ylläpitää sen koko elinjakson ajan. (Kosola 2007, 20)

2.5 Suorituskyvyn elinjaksohallinta

Sitä myötä kun järjestelmistä on tullut monimutkaisempia ja kalliimpia, on myös niiden ylläpidon ja huollon jättämä logistinen jalanjälki kasvanut. PTC:n (Parametric Technology Corporation) raportissa vuodelta 2009 todetaan, että uusien järjestelmien tuominen taistelukentälle nopeammin kuin aikaisemmin on tuottanut omat haasteet valmiuden ylläpitämiselle: järjestelmät tuodaan taistelukentälle nopeammin kuin aikaisemmin, ne eivät välttämättä ole käytössä silloin kuin niitä tarvitaan. Jotta järjestelmä pystytään pitämään taistelukentällä kunnossa ja käyttövalmiina, se vaatii, että järjestelmästä kerätään tarkkaa, todenmukaista ja helposti hyväksi käytettävää dataa jatkuvasti koko sen elinkaaren ajan. (Total Lifecycle Systems Management (TLCSM) 2009, 1)

USA:n puolustusministeriön Joulukuussa 2008 julkaisemassa ohjeistuksessa tunnistetaan monimutkaisen järjestelmän asettamat haasteet kunnossapidolle taistelukentällä. Vastauksena näille haasteilla USA:n puolustusministeriössä on käytössä ns. suorituskyvyn elinjaksohallinta (TLCSM, Total Lifecycle Systems Management), jolla pyritään parantamaan järjestelmän käytettävyyttä taistelukentällä. Yhtenä periaatteena suorituskyvyn elinjaksohallinnassa on parantaa järjestelmän operatiivista tehokkuutta (SOE) koko sen elinkaaren ajan. Taistelujärjestelmissä järjestelmän operatiivista tehokkuutta kuvataan ns. SOE (System Operational Effectiveness) kaaviolla (kuva 7.), joka esittää suorituskyvyn (System Performance), käytettävyyden (System Availability), prosessien tehokkuuden (System Effectiveness) ja järjestelmän kokonaiselinjaksohallintakustannusten (Total Ownership COST) välisiä riippuvaisuuksia ja tasapainoa. (Total Lifecycle Systems Management (TLCSM) 2009, 2-4)



Kuva 7. SOE Kaavio (Designing and Assessing Supportability in DOD Weapon Systems: A Guide to Increased Reliability and Reduced Logistics Footprint, 10)

Vuonna 2004 USA:n puolustusministeriö julkaisi muistion, jossa määriteltiin TLCSM:ssä käytettävät mittarit, joilla mitataan ja seurataan kokonaiselinkaari-kustannusten kannalta tärkeimpiä suureita ja kustannuksia koko elinkaaren yli. Näitä mittareita käyttämällä ja niiden tuloksia analysoimalla ja seuraamalla voidaan parantaa järjestelmän käyttövalmiutta taistelukentällä ja varmistaa, että järjestelmä on kunnossa silloin, kun sitä tarvitaan.

USA:n Puolustusministeriön määrittelemät kuusi mittaria ovat (Total Life-Cycle Systems Management Metrics 2005, 1-5):

- Operatiivinen käytettävyys (Operational Availability, Ao),
- Järjestelmän toimintavarmuus (Mission Reliability),
- Järjestelmän elinjaksokustannus (Total Life Cycle System Cost per Unit of Usage),
- Käyttökustannus (Cost per Unit Usage),
- Logistinen jalanjälki (Logistics Footprint) ja
- Logistiikan vasteaika (Logistics Response Time).

2.5.1 Operatiivinen käytettävyys

Operatiivisella käyttövarmuudella (Operational Availability, Ao) mitataan aikaa ja todennäköisyyttä, jolla järjestelmä tai suorituskyky on saatavilla tarvittaessa operatiiviseen käyttöön. Operatiivinen käyttövarmuus määrittelee todellisen valmiuden, jonka järjestelmän tai suorituskyvyn käyttäjät voivat saavuttaa järjestelmän tai suorituskyvyn toimintaympäristössä suunnitellulla resurssilla. (Operational Availability Handbook 2003, 4-5)

$$A_o = \frac{\textit{Toteutunut käyttöaika}}{\textit{Kokonaiskäyttöaika (Toteutunut käyttöaika + käytöstä poissaoloaika)}} \quad (1)$$

Kokonaiskäyttöaika koostuu kahdesta osatekijästä eli toteutuneesta käyttöajasta ja käytöstä poissaoloajasta. Toteutunut käyttöaika on aika, jonka järjestelmä tai suorituskyky on käytössä ja käytöstä poissaoloaika on aika, jonka järjestelmä tai suorituskyky ei ole käytössä. (Operational Availability Hand-

book, 2003, 9 ja Opinnot YAMK, Modernin kunnossapidon perusteoria, Kari Mäki, dia 9.)

Operatiivinen käytettävyys voidaan esittää myös kaavalla (OSD Memo Total Life-Cycle Systems Management Metrics 2005, 1)

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (2), \text{ jossa}$$

MTBM (Mean Time Between Maintenance) on keskimääräinen aikaväli huoltojen välissä pitäen sisällään sekä ehkäisevän että korjaavan kunnossapidon. MDT (Mean Down Time) on keskimääräinen aika, jonka järjestelmä on poissa käytöstä ehkäisevän tai korjaavan kunnossapidon takia. Aika pitää sisällään korjausajat ja kaikki odotusajat.

2.5.2 Järjestelmän toimintavarmuus

Järjestelmän toimintavarmuudella (Mission Reliability) mitataan sitä, miten hyvin järjestelmä tavoittaa tehtävälle asetetut tavoitteet: kuinka monta prosenttia tehtävistä on epäonnistunut järjestelmästä johtuvista vioista. (OSD Memo Total Life-Cycle Systems Management Metrics 2005, 1)

$$R_M = 1 - \frac{\text{Total Number of System Related Mission Failures}}{\text{Total Number of Missions Attempted}} \quad (3), \text{ jossa}$$

System Related Mission Failure tarkoittaa lukumäärää, jonka takia tehtävä epäonnistuu laite- tai ohjelmavikojen takia. Viat, jotka johtuvat esim. käyttäjäs- tä eivät kuulu tähän. Missions Attempted tarkoittaa tehtävien kokonaismäärää.

2.5.3 Järjestelmän elinjaksokustannus

Järjestelmän elinjakokustannuksilla (Total Life Cycle System Cost per Unit of Usage) mitataan järjestelmän kokonaiskustannusta elinjakson aikana. (OSD Memo Total Life-Cycle Systems Management Metrics 2005, 2)

$$\frac{\text{Total Life Cycle System Cost per Unit of Usage}}{\text{Unit of Usage}} = \frac{C + E + RP + DLRI + CM + IM + UP + DM + CSI + IA}{WSUM},$$

(4), jossa

- *C (Consumables)* = materiaalikustannukset, jotka syntyvät sen materiaalin kustannuksesta, joka liittyy järjestelmän kunnossapitoon ja huoltoon ja niihin liittyviin huolto- ja koulutuslaitteisiin
- *E (Energy)* = polttoainekustannukset, joita syntyy järjestelmän käytöstä
- *RP (Repair Parts)* = varaosakustannukset, jotka syntyvät järjestelmän ja siihen liittyvien huolto- ja koulutuslaitteiden varaosista
- *DLRI (Depot Level Repable Items)* = varikkotason huolto-osat
- *CM (Contract Maintenance)* = ulkopuolisen kunnossapidon henkilöistä ja materiaalista syntyvät kustannukset
- *IM (Intermediate Maintenance)* = keskitason huollossa tehtävien huoltojen aiheuttamat kustannukset
- *UP (Unit Personnel)* = kustannukset, jotka syntyvät järjestelmän käyttäjistä, kunnossapitäjistä ja muusta tukihenkilöstä, joita tarvitaan järjestelmän käytössä
- *DM (Depot Maintenance)* = työvoima-, materiaali ja muut kulut, joita syntyy järjestelmän tai siihen liittyvien huoltolaitteiden kunnossapidosta varikolla
- *CSI (Continuing System Improvements)* = sellaisien laitteiden ja ohjelmistojen päivityksestä aiheutuvat kulut, jotka parantavat järjestelmän turvallisuutta, käyttövarmuutta, huollettavuutta ja suorituskykyä läpi elinjakson saavuttaakseen järjestelmälle asetetut tavoitteet
- *IA (Initial Acquisition)* = kulut, jotka syntyvät järjestelmän tutkimus- ja tuotekehitys- sekä tuotantokuluista

- *WSUM (Weapon System Unit of Measurement)* = yksikkö, johon kustannuksia verrataan. Voi olla esim. lentotuntia tai ajettuja kilometrejä.

2.5.4 Käyttökustannus

Käyttökustannuksilla (Cost per Unit Usage) mitataan järjestelmän käytöstä aiheutuvia kustannuksia. (OSD Memo Total Life-Cycle Systems Management Metrics 2005, 3)

$$\text{Cost per Unit of Usage} = \frac{C + E + RP + DLRI + CM + IM + UP + DM}{WeSUM} \quad (5), \text{ jossa}$$

- *C (Consumables)* = materiaalikustannukset, jotka syntyvät sen materiaalin kustannuksesta, joka liittyy järjestelmän kunnossapitoon ja huoltoon ja niihin liittyviin huolto – ja koulutuslaitteisiin
- *E (Energy)* = polttoainekustannukset, joita syntyy järjestelmän käytöstä
- *RP (Repair Parts)* = varaosakustannukset, jotka syntyvät järjestelmän ja siihen liittyvien huolto- ja koulutuslaitteiden varaosista
- *DLRI (Depot Level Reple Items)* = varikkotason huolto-osat. *Contract Maintenance* tarkoittaa ulkopuolisen kunnossapidon henkilöistä ja materiaalista syntyviä kustannuksia
- *IM (Intermediate Maintenance)* = keskitason huollossa tehtävien huoltojen aiheuttamat kustannukset
- *UP (Unit Personnel)* = kustannukset, jotka syntyvät järjestelmän käyttäjistä, kunnossapitäjistä ja muusta tukihenkilöstä, joita tarvitaan järjestelmän käytössä
- *DM (Depot Maintenance)* = työvoima-, materiaali- ja muut kulut, joita syntyy järjestelmän tai siihen liittyvien huoltolaitteiden kunnossapidosta varikolla
- *WSUM (Weapon System Unit of Measurement)* = yksikkö, johon kustannuksia verrataan. Voi olla esim. lentotuntia tai ajettuja kilometrejä

2.5.5 Logistinen jalanjälki

Logistisella jalanjäljellä (Logistics Footprint) mitataan sen joukon suuruutta, joka tarvitaan järjestelmän käyttöönottoon, ylläpitoon ja siirtoon sisältäen tavarat, henkilöt, laitteet, kuljetuskaluston ja kiinteistöt. (OSD Memo Total Life-Cycle Systems Management Metrics 2005, 4)

$$\text{Logistinen jalanjälki (Paino)} = \text{Tarvikkeiden, huoltolaitteiden, polttoaineen ja varaosien kokonaismäärä} \quad (6)$$

$$\text{Logistinen jalanjälki (Henkilö)} = \text{Järjestelmän kuljettamiseen ja ylläpitämiseen tarvittava henkilöstö kokonaismäärä} \quad (7)$$

$$\text{Logistinen jalanjälki (Tilavuus)} = \text{Tarvikkeiden, huoltolaitteiden, polttoaineen ja varaosien kokonaistilavuus} \quad (8)$$

2.5.6 Logistiikan vasteaika

Logistiikan vasteajalla (Logistics Response Time) mitataan aikaa, joka kuluu logistikkatarpeen tilauksesta siihen, kun tarve on täytetty. (OSD Memo Total Life-Cycle Systems Management Metrics 2005, 5)

$$\text{Logistics Response Time} = \frac{\sum (\text{Receipt Date} - \text{Requisition Date})}{\text{Total Requisitions}}, \text{ jossa (9)}$$

- *Receipt Date* = tilauspäivä
- *Requisition Date* = vastaanottopäivä
- *Total Requisition* = kokonaisaika

3 Sotilasjärjestelmän kunnossapito

3.1 Kunnossapito

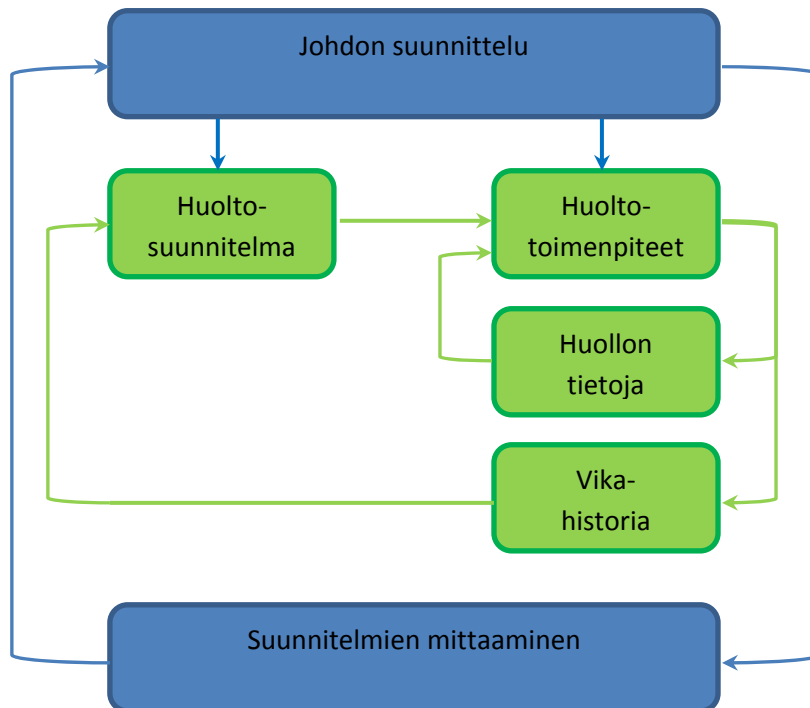
Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus (PSK) määrittelee kunnossapidon seuraavasti (PSK 6201, 2):

”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.”

Nykyään tuotantolaitoksissa käytettäviltä tuotantolaitteilta ja -koneilta vaaditaan korkeaa tuottavuutta. Korkean tuottavuuden odotus yhdessä tuotantokoneiden korkean käyttöomaisuuden ja korkeiden

ylläpitokustannusten kanssa johtaa siihen, että huoltoon ja huollon johtamiseen täytyy kiinnittää aikaisempaa enemmän huomiota. Myöskään aikaisemmin kunnossapitoon käytetyt toimintatavat eivät enää riitä vaan käyttöön täytyy ottaa uusia tapoja, tekniikoita ja menetelmiä, jotta uusiin ongelmiin ja haasteisiin voitaisiin vastata. Näitä käytettäviä tapoja ja menetelmiä ovat mm. luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM - reliability centred maintenance), tuottava kunnossapito (TPM - total productive maintenance), kuntoon perustuva kunnossapito (CBM - condition based maintenance) sekä kunnossapidon toimintaohjausjärjestelmien (CMMS - computerised maintenance management systems) ja auditontijärjestelmien (auditing systems) hyödyntäminen (Coetzee 1999, 278). Vaikka kaikilla näillä tavoilla ja menetelmillä päästään hyviin lopputuloksiin on tärkeää, että huolto- ja ylläpitotarpeisiin otetaan kokonaisavaltainen näkemys. Tämä tarkoittaa sitä, että huoltotoimintojen tulee olla hyvin vaiheistettuja ja koordinoituja halutun saadaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

Coetzeen (1999, 277) mukaan kokonaisvaltainen kunnossapidon prosessi koostuu kahdesta eri prosessista: strategisesta prosessista ja toiminnallisesta prosessista. Kunnossapidon prosessit on kuvattu kuvassa 8.



KUVA 8. Kunnossapidon prosessit. (Coetsee 1999, 277)

Ulommassa prosessissa (strateginen prosessi) suunnitellaan ja mitataan huollon toimintaan strategisella tasolla. Strategista prosessia käytetään huollon toiminnan johtamisessa ja ohjaamisessa. Johdon suunnittelu pitää sisällään huollon käytäntöjen ja menettelyiden määrittelyt, tavoitteiden asettelun ja huoltotoiminnan suunnittelun. Toinen osa strategista prosessia on suunnitelmien mittaaminen ja arviointi. Siinä tarkastellaan, miten hyvin asetettuihin tavoitteisiin on päästy ja kuinka hyvin tehtyjä suunnitelmia on pystytty noudattamaan. Mittaamisella on tarkoitus saada tietoa huollon strategisen tason suunnittelun ja ohjaamisen onnistumista ja tietoa mahdollisesti korjaustoimenpiteistä, joita pitää suunnata kunnossapidon työskentelyyn ja johtamiseen. (Coetsee 1999, 277-278)

Sisempi prosessi on ns. toiminnallinen prosessi, joka koostuu huoltosuunnitelmasta ja itse huoltotoimenpiteistä. Huoltotoiminnan suunnittelussa käytetään hyväksi vika-historiaa, organisaation aikaisempia kokemuksia huolloista ja

kunnossapidoista ja jotain kunnossa pidon suunnitteluun tarkoitettua menetelmää kuten luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa (RCM). Huollon toiminnasta saatavia tietoja ovat kustannus-, suorituskyky-, laatu- ja turvallisuustiedot. Niitä käytetään tehtäessä lyhyen tähtäimen suunnitelmia ja mahdollisia huollon toimintaan liittyviä korjaus- ja muutostoimenpiteitä. (Coetzee 1999, 277-278)

3.2 Kunnossapito kentällä

Puolustusvoimissa kunnossapidolla tarkoitetaan materiaalin, yksittäisen laitteen, laitteiston tai järjestelmän tekniseen kuntoon kohdistuvaa koko elinjakson kestävästä suunnitelmallista huolto- ja korjaustoimintaa (Kunnossapitoparas, 2003, 16). Tämän päivän suorituskyky koostuu järjestelmien järjestelmistä (System of System), joukot ovat sotakalustoltaan, miehistöltään, laiteratkaisuista ja koulutukseltaan hyvin laaja-alaisia ja suorituskykyä käytetään olosuhteissa, joissa osajärjestelmät voivat olla levittäytyneet maantieteellisesti laajalle alueelle monesti pitkien ja salaamattomien tietoliikenneyhteyksien taakse. Nämä vaatimukset asettavat kunnossapidolle omanlaisia vaatimuksia, jotka eivät tule esille tuotantolaitoksissa, joissa tuotantolaitteet ja – linjat ovat pysyvästi tietyissä paikoissa. Laitteiden ollessa fyysisesti kiinteässä paikassa voidaan esimerkiksi käyttöön, kunnossapitoon liittyvä logistiikka suunnitella helpommin etukäteen. Siitä huolimatta kunnossapidon täytyy toimia riittävällä tasolla, jotta järjestelmät ja osajärjestelmät pysyvät taistelukentällä taisteluolosuhteiden vaatimassa kunnossa. Tämä tarkoittaa sitä, että logistinen jalanjälki minimoidaan niin pieneksi kuin mahdollista (Maintenance Operation 2011, 1_2).

Asejärjestelmät ja muut sotilaallisessa käytössä olevat järjestelmät tarvitsevat usein kalliita varaosia sekä tuki- ja huoltojärjestelmiä, jotta niille asetettu valmiusaste pysyy vaaditulla tasolla. Jotta kunnossapidon resursseja voidaan käyttää tehokkaasti monimutkaisten järjestelmien huoltoon ja ylläpitoon, täytyy kunnossapitotarpeet ennakoita, analysoida ja kohdentaa tarpeen mukaan (Maintenance Operation 2011, 1_1). Joukkojen toimintavarmuuden ylläpitäminen taistelukentällä riittävällä tasolla vaatii vikaantumisvälien (MTBF) ja vi-

kaantumisaikojen (MTTF) minimoimista korjaamalla, vaihtamalla ja huoltamalla komponentteja etukäteen. Ennakoimalla huoltotarpeita voidaan myös nopeuttaa varaosien saatavuutta ja toimitusta taistelukentälle. (GAO-03-57 2003, 3)

Jotta suorituskyvyn valmiusaste voidaan pitää riittävällä tasolla, on asejärjestelmien kunnossapidossa yleisesti käytössä kuntoon perustuva (CBM) ja luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM). Onnistuminen taistelujärjestelmän kunnossapidossa perustuu yksinkertaisiin käyttäjätasolla tehtäviin mittarointeihin: kuinka nopeasti vikaantunut laite voidaan toimittaa huoltoon (kunnossapitovarmuus), mikä on laitteen vikaantumisväli (toimintavarmuus) ja kuinka kauan laite pysyy toimintakuntoisena (operatiivinen käytettävyys)? Kunnossapitojärjestelmän tulee olla nopea, ketterä ja sen tulee reagoida sotilaiden tarpeeseen niin kauas eteenpäin kuin mahdollista. (Maintenance Operation 2011, 1_1-1_4).

Kunnossapidon tavoitteena on ylläpitää ja luoda uutta taistelukykyä, jotta joukot voivat suorittaa annettuja toimintoja ja tehtäviä hankituilla ja käytettävillä järjestelmillä. USA:n puolustusvoimien maavoimien osaston tuottamassa kunnossapidon toimintaohjeistuksessa todetaan, että kunnossapidon tavoitteena on mm. tuottaa jokaiselle taistelijalle kaikille tasoille kunnossapidosta ja huollosta yhtenäinen tarkka tilannetietoisuus logistiikan toiminnasta (COP) aina tehtaalta etulinjaan asti. Sotajoukkojen kunnossapitoon tarkoituksena on myös mahdollistaa laitteen käyttö sillä tasolla ja niillä vaatimuksilla, jotka on esitetty suunnitteluvaatimuksissa. (Maintenance Operation 2011, 1_1 - 1_4)

3.2.1 Kenttähuolto ja huollossa tehtävä huolto

Taistelujärjestelmien kunnossapito jaetaan kahteen osaan eli kentällä (field) tehtäviin ja huollossa (sustainment) tehtäviin toimenpiteisiin. Kentällä tehtävät kunnossapitotoimenpiteet ovat tyypillisesti korttien ja komponenttien vaihtamiseen ja korjaukseen ja järjestelmään liittyviä säätö- ja viritystoimenpiteitä, jotka voidaan tehdä niillä työkaluilla, testauslaitteilla ja henkilöillä, jotka löytyvät omasta joukosta. Kentällä tehtävät kunnossapitotoimet ovat sellaisia, että lait-

teen käyttäjäkin pystyy tekemään nämä toimenpiteet järjestelmän tai laitteen luona ilman järjestelmän tai laitteen lähettämistä huoltoon. Huollossa tehtävät kunnossapitotoimenpiteet ovat sellaisia korttien ja komponenttien vaihtamiseen ja korjaukseen ja järjestelmään liittyviä säätö- ja viritystoimenpiteitä, joihin tarvitaan erikoisosaamista tai erikoistyökaluja ja niitä tekevät erikoiskoulutetut huoltohenkilöt. Huolloissa tehtäviksi kunnossapitotoimenpiteiksi luokitelluista toimista osa tehdään järjestelmän tai laitteen luona ja osa vaatii komponenttien, korttien tai laitteen toimittamista huoltoon. Nämä vaikuttavat kunnossapitovarmuuteen ja logistiseen jalanjälkeen. (Maintenance Operation 2011, 1_1-1_4)

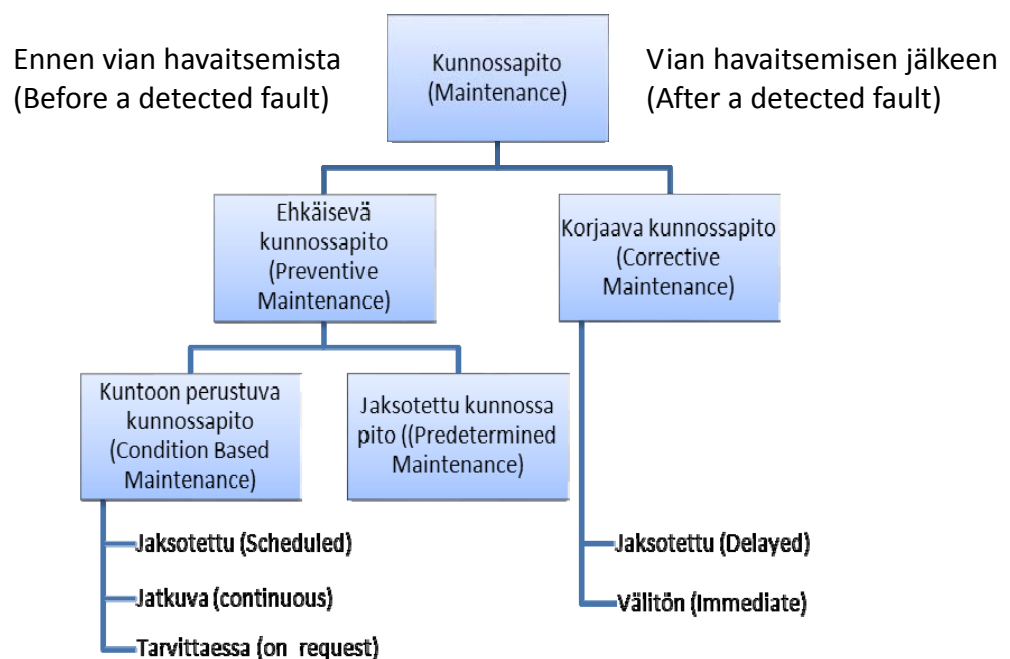
Taistelukentällä tai vastaavissa olosuhteissa oleville laiteille on määritelty neljä erilaista kunnossapitoprosessia (Maintenance Operation, 2011, 1_2), joilla saavutetaan laitteille asetettu korkea valmiusaste. Prosessit ovat:

- **Suorituskyvyn tarkastus ja raportointi.** Tämän on tarkoitus olla ennaltaehkäisevää kunnossapittoa, jota tehdään ohjeistuksen mukaisesti operaatiota ennen, operaation aikana ja operaation jälkeen.
- **Määräaikainen laitehuolto.** Tässä laitteille suoritetaan vaaditut huolto-toimenpiteet tietyin väliajoin. Määräaikainen laitehuolto pitää sisällään mm. komponenttien tarkastuksen, säätämisen ja vaihtamisen, jotta laite toimii suunnitellusti
- **Viankorjaus.** Tässä operaattori tai huoltohenkilö korjaa vioittuneen laitteen toimimaan suunnitellulla tavalla.
- **Eriyiskorjaus.** Tämä tarkoittaa tilannetta, jossa laite tai komponentti korjataan laitetoimittajan toimesta tai palautetaan laitetoimittajalle.

Varaosien toimitus oikeaan paikkaan oikealla hetkellä on kunnossapidon kulmakiviä. Ilman oikeita varaosia laitetta ei saada korjattua ja laite pysyy toimintakunnottomana pidemmän ajan. Ymmärtämällä oikeiden varaosien tarve ja paikka voidaan merkittävästi lyhentää laitteiden korjausaikaa ja lisätä niiden valmiusastetta ja myös vähentää logistiikan tarvetta. (Maintenance Operation 2011, 5_1-5_3)

3.2.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito on jaettavissa kahteen päälajiin eli ennen vikaantumista ja vikaantumisen jälkeen suoritettavaan kunnossapitoon (esimerkiksi standardi SFS-EN 13306) (kuva 9.). Ennen vian havaitsemista tapahtuvissa kunnossapitotoimissa on kyse ehkäisevästä kunnossapidosta, joka jakaantuu kuntoon perustuvaan (jaksotettu, jatkuva tai tarvittaessa) ja jaksotettuun kunnossapitoon. Vian havaitsemisen jälkeen perustuvassa kunnossapidossa on puolestaan kyse korjaavasta kunnossapidosta, joka on siirrettyä tai välitöntä.



KUVA 9. Kunnossapitolajit. (SFS-EN 13306 2002,.42)

Jotta taistelujärjestelmät olisivat toimintakuntoisia silloin kun niitä tarvitaan, täytyy kunnossapitolajina olla ehkäisevä kunnossapito. Ehkäisevässä kunnossapidossa pyritään ennakoimaan vikoja ja pääsemään niihin kiinni tarkastuksien, kunnonvalvonnan, käynnin seurannan ja historiatietojen avulla eli ennen kuin viat tulevat esiin käytössä (Mäki 2011 ja Järviö 2008). Pitämällä toimintaympäristö ja olosuhteet kunnossa, käyttämällä laitteita oikein ja tekemällä jatkuvaa tarkastusta voidaan vikoja vähentää yli puolella (Mäki 2011).

Taistelujärjestelmien käyttövarmuutta pidetään yllä ehkäisevällä kunnossapidolla. Ehkäisevän kunnossapidon lajeista kuntoon perustuva kunnossapito (Condition Based Maintenance, CBM/ CBM+) on yleisesti taistelujärjestelmien kunnossapidossa käytetty menetelmä. Kuntoon perustuva kunnossapito on ennakoivaa laitehuoltoa, jossa järjestelmän kuntoa seuraamalla pyritään ennakoimaan/ennustamaan toimintahäiriöitä ennen niiden tapahtumista. Tällöin kunnossapito pystyy ryhtymään ennalta ehkäiseviin toimenpiteisiin ennen kuin vika ilmenee. Kuntoon perustuva kunnossapidon pohjana on historiatieto, diagnostiikka ja vikojen ennustaminen historiatiedoista ja järjestelmästä kerätystä tiedosta. (Maintenance Operation 2011, 1_4-1_5)

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (Reliability Centered Maintenance, RCM) on ennakko- ja suunnittelussa käytettävä menetelmä, joka määrittää mitä järjestelmälle pitää tehdä, jotta saavutetaan haluttu turvallisuustaso, toimintavarmuus ja ympäristöystävällisyys optimaalisella kustannuksella. RCM prosessia käytetään määrittämään optimaalinen tapa hallita järjestelmän vikoja, jotta päästään haluttuihin luotettavuusominaisuuksiin ja toivottuun toimintaympäristöön. (Maintenance Operation 2011, 1_5)

RCM asiantuntija John Moubray on esittänyt seuraavanlaisia lukuja ennustettavista ja ajoissa löydettävistä vioista (Mäki 2011):

- 10–20 % vioista on ennustettavissa
- 30–40% vioista on löydettävissä ajoissa oireiden perusteella
- loppuja vikoja ei voida ennakoita.

3.2.3 Viesti- ja elektroniikkalaitteiden kunnossapito

Vaikka kunnossapidon kannalta voi eri laitteilla ja järjestelmillä olla tiettyjä samoja piirteitä, on kuitenkin jokaisella kunnossapitotoiminnoilla omat erityiset vaatimuksensa ja toiminnot vaativat enemmän tai vähemmän räätälöintiä. Jotta voidaan ymmärtää viesti- ja elektroniikkahuoltoa täytyy aluksi ymmärtää mm. minkä eri tyyppisiä sotalaitteita on ja kuka tuottaa huollon näille laitteille. (Maintenance Operation 2011, 7_1)

Yksi tapa jakaa viesti- ja elektroniikkalaitteet on jakaa ne elinkaarihallinnan alla oleviin tuotteisiin (Life Cycle Managed) ja ns. COTS tuotteisiin (Commercial off the shelf). Yksi esimerkki elinkaarihallinnan alla olevasta tuotteesta on kenttäradio, jolle on määritelty elinkaarihallintaprosessien mukaisesti hankinta, käyttöönotto, ylläpitovaihe ja poisto (Maintenance Operation 2011, 7_1). COTS- tuotteet ovat tyypillisesti joukkojen itse kentälle nopeaan tarpeeseen hankittuja laitteita, joita käytetään tiettyyn vain tarpeeseen ja tämän jälkeen ne hylätään. (Maintenance Operation 2011, 7_1)

4 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyön toteutuksen ensimmäisessä vaiheessa selvitin yleisiä taistelijanradion valintaan vaikuttavia reunaehtoja. Selvitin reunaehtoja tutustumalla opinnäytetyön tekemisen aikana käynnissä olleeseen puolustusvoimien PVTO2010 –teknologiaohjelman tuottamiin tuloksiin, keräsin internetistä tietoa muissa maissa menossa olevista ”tulevaisuuden taistelija” –hankkeista (mm. amerikkalaisten Land Warrior –, norjalaisten Normans ja italialaisten ”Soldato Futuro” –hanke), listasin omia aikaisempia kokemuksia vastaavanlaisista radioista sekä hankin tietoa eri radiovalmistajien (mm. Harris, Thales, Selex ja Elbit) taistelijanradioista. Eri lähteistä ja materiaaleista kerätyt taistelijanradioiden ominaisuudet ja vaatimukset listasin Excel – taulukkoon. Tämän jälkeen koostin eri lähteistä kerätyistä tiedoista opinnäytetyössä esitetyt reunaehdot taistelijanradiolle.

Taistelijanradion elinjaksokustannuksien tarkastelussa käytin materiaalina puolustusvoimien normistoja (PAK 08:05) elinjakson hallinnasta, Kosolan kirjoittamaa kirjaa ”Suorituskyvyn elinjakson hallinta”, amerikkalaisten julkaisuja ”JOINT TACTICAL RADIO SYSTEM (JTRS) OPERATIONAL REQUIREMENTS DOCUMENT” ja ”Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final)”, joissa on lähtökohtana suorituskyvyn tai järjestelmän elinkaarihallinta ja kunnossapito taistelukentällä tai sitä vastaavissa olosuhteissa. Tarkemman tiedot lähteistä löytyy lähdeluettelosta.

Opinnäytetyön toteutuksen toisessa vaiheessa koe-eriksi hankituille taistelijanradioille laadin laboratorio- ja kenttätestien suunnitelmat. Testaussuunnitelmi- en laadinnan aluksi hyödynnettiin työn ensimmäisessä vaiheessa selvitettyjä taistelijanradioiden reunaehtoja ja elinjaksokustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Testattavaksi asioiksi etsin sellaisia ominaisuuksia radioista, joilla pystytään selvittämään testattavista taistelijanradioista suorituskyky- ja käyttövaati- musominaisuuksiltaan sopiva ja elinjaksokustannuksiltaan edullisin taistelijan- radio koulutus- ja taistelukäyttöön.

Kun testattavat ominaisuudet oli selvitetty, tutustuin MATISI –hankkeen tes- tausohjeeseen ja selvitin, miten hankkeessa olevien laitteiden, ohjelmien ja järjestelmien testaus on hankkeessa ohjeistettu. Tämä jälkeen aloin kyseisen testausohjeen mukaisesti suunnittelemaan taistelijanradioille yksikkö-, järjes- telmä-, integraatio- ja kenttätestejä. Yksikkötesteihin suunnittelin hankkeen testausohjeen mukaisesti sellaisia testejä, joilla selviää radioista niiden tekni- set ja käyttöön liittyvät ominaisuudet. Järjestelmätesteihin suunnittelin testejä, joiden avulla saadaan selville, miten hyvin radiojärjestelmä toimii itsenäisenä järjestelmänä. Integraatiotesteihin suunnittelin testejä, joiden avulla saadaan selville radiojärjestelmän liitettävyyys taistelunjohtojärjestelmään. Kenttätestei- hin suunnittelin radion käytettävyyttä ja kestävyyttä esiin tuovia testejä.

Opinnäytetyön teon aikana ehdittiin tekemään osa yksikkö-, järjestelmä- ja integraatiotestauksesta, mutta kenttätestaukset jäivät tehtäväksi myöhäi- semmässä vaiheessa.

5 Opinnäytetyön tulokset

5.1 Taistelijanradion valintaan vaikuttavat reunaehdot

Taistelijanradiota on tarkoitus käyttää ryhmä- ja joukkueetasolla välittämään puhetta ja dataa. Se on ohjelmistopohjainen tai ohjelmoitava digitaalinen radio, joka mahdollistaa eri aaltomuotojen käyttöä taistelun ja taistelijan tarpeiden mukaan taistelujen eri vaiheissa. Radio on rakenteeltaan modulaarinen ja päivitettävissä tulevaisuuden taistelijan muuttuvien tarpeiden tai muuttuvan ympäristön mukaan, päivittämällä ohjelma tai aaltomuoto. Radiossa on itsessään ns. vianhavaitsemisominaisuus, joka vian havaitessa ilmoittaa käyttäjälle ja ylläpitäjälle viasta. (SUPPORTABILITY STRATEGY JOINT TACTICAL RADIO SYSTEM (JTRS) CLUSTER 5. 2003, 6)

Seuraavassa luettelossa on esitetty taistelijaradion valintaan tässä opinnäytetyössä määritetyt reunaehdot ja niiden perustelut

Ehto 1. Koko ja Paino

Taistelijanradio on jokaisella taistelijalle tarkoitettu radio, on sen koko ja paino tärkeitä reunaehtoja. Radion on oltava kooltaan ja painoltaan sellainen, että se ei hankaloita taistelijan liikkumista, taistelemista ja se voidaan kiinnittää taistelijan varusteisiin. Maailmalla on menossa useita hankkeita, joissa kehitetään taistelijalle sopivaa radiota. Tällaisia hankkeita ovat mm. amerikkalaisten Land Warrior –hanke, norjalaisten Normans –hanke ja italialaisten ”Soldato Futuro” –hanke. USA:n puolustusministeriön (DoD – Department of Defence) JTRS HMS radiohanke määrittelee, että radion on oltava kooltaan pieni, jotta sitä voidaan käyttää taistelijanradiona sekä esim. ohjuksissa ja sensoreissa, joissa tarvitaan pieniä ja kevyitä radioita (JTRS HMS – SAR 2011, 4).

Ehto 2. Käytettävyys

Radion käyttökytkimien on oltava yksinkertaiset ja helppokäyttöiset. Radiossa on oltava selkeä näyttö, selkeät äänikomennot ja/tai selkeät äänimerkit. Liittimien on oltava riittävän kestäviä (ei helposti katkeavia pinnejä vast.) ja niihin on pystyttävä liittämään ainakin headset ja taistelijanpäätte. Tangentin kytkimi-

en on oltava riittävän isot käytettäväksi hanskat/rukkaset kädessä. Ulkoinen tangentti on pystyttävä kiinnittämään aseeseen, eikä sen käyttö saa haitata taistelijan toimintaa taistelun aikana.

Ehto 3. Kantama

Radion kuuluvuus alueen on oltava riittävän iso ryhmän ja/tai joukkueen toiminta-alueen kattamiseen. Radion kantama-alueella ei saa olla huomattavia katvealueita.

Ehto 4. Toiminta äärikantamalla

Radion on toimittava luotettavasti äärikantamalle asti. Puheen ja datan on oltava tulkittavissa myös kantaman äärialueilla.

Ehto 5. Ympäristön vaikutus

Ympäröivä maasto, kuten rakennukset tai puusto/kasvillisuus, eivät saa vaikuttaa huomattavasti radion käytettävyyteen, kantamaan tai häiriöttömyyteen.

Ehto 6. Kaistankäyttö

Radio on käytettävä määriteltyjen mukaista kaistaa. Radio ei saa kuulua tai häiritä muita viereisellä kaistalla tai lähitaajuuksilla toimivia radioita ja järjestelmiä.

Ehto 7. Mikrofonin ja kaiutin

Radion kanssa käytettävän headsetin kanssa on voitava käyttää kuulonsuojauksia. Headsetin kuulokkeiden äänenlaadun on oltava riittävän laadukas. Äänenvoimakkuuden on oltava säädettävissä ympäristön meluun ja tilanteeseen sopivaksi. Mikrofonin on oltava riittävän herkkä ja äänen on oltava luonnollista ja tunnistettavissa. Mikrofonissa on oltava suodatus koville äänille kuten aseiden laukaus.

Ehto 8. Datansiirto

Radion on kyettävä datansiirtoon. Datansiirron on onnistuttava samalta etäisyydeltä kuin puhe. Radion on pystyttävä datansiirron virheidenkorjaukseen. Radio on kyettävä integroimaan käytettävään taistelunjohtajärjestelmään ja sanomanvälitysjärjestelmään.

Ehto 9. GPS

GPS:n tuottaman paikkatiedon on oltava luotettavaa ja todellisen paikkatiedon heitto alle 10m todellisesta paikasta. GPS antennin on oltava pieni, eikä se saa häiritä radion käyttöä tai taistelijan toimintaa. Paikkatieto on saatava ulos radioista standardoidussa muodossa (esim. NFFI) siirrettäväksi taistelunjohtojärjestelmään

Ehto 10. Puheen ja datan välityskyky

Radioverkossa on oltava puheen ja datan välitystoiminta, jolla pienennetään katvealueiden vaikutusta ja lisätään verkon peittoa.

Ehto 11. Ohjelmointi

Radion alustamisen, taajuuksien asettaminen sekä verkkojen suunnittelun on oltava riittävän helppoa tehtäväksi komppaniatasolla (komentopaikka).

Ehto 12. Akun kesto

Taistelijan on pystyttävä toimimaan radiolla 24h, joko yhdellä akulla tai kahdella akkukerralla. Akkujen on oltava kooltaan ja painoltaan niin pieniä, että taistelija voi kantaa niitä helposti mukana. Akun varaustila on oltava selkeästi nähtävillä tai tarkistettavissa.

Ehto 13. Lisävarusteet

Radiossa on oltava kantolaite, joka on kiinnitettävissä taistelijan varusteisiin. Radion akkua on voitava ladata kenttäkelpoisella akkulaturilla ja lisäksi radiota on voitava käyttää myös ulkoisen virtalähteen kanssa.

Ehto 14. Tietoturva

Käyttäjän on pystyttävä tyhjentämään radion muisti radion painikkeilla. Lisäksi radion liikennöinti verkossa on pystyttävä estämään.

Ehto 15. Häiriön sietokyky

Radion lähetin ei saa aiheuttaa häiriöitä headsetin kuulokkeisiin. Radioverkon radiot eivät saa häiritä toisia lähellä olevia verkon radioita.

Ehto 16. Verkon toimivuus

Radioverkko ei saa tukkeutua ryhmän/joukkueen normaalista liikennöinnistä taistelun eri vaiheissa.

Ehto 17. Liitettävyyys komppanian verkkoon sekä puheella että datalla

Radio on voitava liittää komppanian radioverkkoon. Radioliikenne on voitava välittää ryhmä-/joukkueverkoista komppanian verkkoon.

Ehto 18. Radion huolto käyttäjän toimenpitein

Akkujen vaihto ja käyttäjän tekemät huollot on voitava tehdä kenttäolosuhteissa ilman työkaluja. Akkulaturin on oltava kenttäkelpoinen, helppokäyttöinen eikä se saa aiheuttaa vaaraa käyttäjälle.

Ehto 19. Integrointi taistelijan varustukseen ja taisteluajoneuvoihin

Radio on voitava kiinnittää kantolaitteineen ja varusteineen helposti taistelijan varusteisiin. Radion käyttö ei saa vaikeuttaa taistelijan toimintaa tai liikkumista taisteluvarustuksessa. Radiossa on oltava ajoneuvoasennussarja, johon käyttäjä voi asentaa radion tullessa ajoneuvoon. Radion ollessa ajoneuvoasennussarjassa, on oltava mahdollisuus käyttää ulkoista radion antennia ja GPS antennia ja ottaa virta ajoneuvosta.

Ehto 20. Käyttöarvo (Katu-uskottavuus, laatu)

Radion on näytettävä ja tunnettava sotilasvälineeltä ja radion on kestettävä käyttäjän käsittely taistelujen aikana.

Ehto 21. Koulutus

Radioiden käyttö on voitava kouluttaa käyttäjille lyhyessä ajassa.

Ehto 22. Varaosatarve

Minkälaisia varaosia ja kuinka paljon täytyy radioita kohden varata kentällä tehtäviin ja huollossa tehtäviin kunnossapito- ja huoltotoimenpiteisiin.

Ehto 23. Kunnossapidon tarve

Minkälaisia kunnossapitotoimenpiteitä ja kuinka paljon täytyy radiolle tehdä, jotta radion operatiivinen käytettävyyys pysyy riittävällä tasolla.

Ehto 24. Huoltotarve

Minkälaisia kunnossapitotoimenpiteitä ja kuinka paljon täytyy radiolle tehdä, jotta radion operatiivinen käytettävyys pysyy riittävällä tasolla.

5.2 Taistelijanradion valintaan vaikuttavat elinjaksokustannukset

Lähiradiojärjestelmän suunnittelussa ja implementoinnissa muuhun taistelunjohtojärjestelmään tulee vastaan samanlaiset haasteet, kun on esitetty USA:n oikeuslaitoksen teknisessä ohjeessa hankittaessa uutta teknistä järjestelmään vanhempien järjestelmien rinnalle. Siinä todetaan, että laitteiden ja ohjelmistojen nopeana kehityksen vuoksi uusia toiminnallisuuksia on saatavissa lähes välittömästi järjestelmän käyttöönoton jälkeen. Tämän takia lähiradion valinnassa on otettava huomioon myös järjestelmän päivitettävyys ja taistelijanradion integrointi muuhun taistelunjohto järjestelmään. Uutta lähiradiojärjestelmää valittaessa on yhtenä valintakriteerinä otettava huomioon myös laite- ja ohjelmistostandardit ja tulevaisuuden IT strategia (Harris, Kelly J and Romesburg William H2002, 14,94).

5.2.1 Taistelijanradion elinjaksokustannusten tarkastelua

Radioiden menestyksellinen ja edullinen käyttö kentällä riippuu paljon siitä, miten hyvin radion elinjaksokustannukset tunnistetaan. Tämä edellyttää kustannusten tehokasta tunnistamista, hallitsemista ja vähentämistä ymmärtämällä, seuraamalla ja valvomalla niitä koko elinjakson ajan.

Kuten opinnäytetyön teoriaosassa on tuotu esiin, suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa paljon käyttö- ja ylläpitokustannuksiin, kuten aikaisemmin on opinnäytetyössä mainittu. Koska tässä hankkeessa on tarkoituksena ostaa jo valmiina oleva taistelijanradio syntyvät elinjaksokustannukset hankintahinnasta, integrointikustannuksista, käyttökustannuksista, ylläpitokustannuksista ja järjestelmästä luopumisesta syntyvistä kustannuksista.

5.2.2 Kustannustyypit ja ryhmittely

Taulukossa 1 on esitetty taistelijanradion elinjaksonkustannuksiin vaikuttavat tekijät PAK 08:05 ohjeen mukaisesti jaettuna neljään suorituskäytön osatekijään: materiaali-, henkilöstö-, infrastruktuuri ja tukkeutuminen- sekä integrointikustannukset. (PAK 08:05, Liite 1 2007, 3)

Taulukko 1. Taistelijanradion suorituskäytön elinjaksonkustannuksiin vaikuttavat tekijät (Taulukko mukailtu PAK:08:05 Suorituskäytön elinjakson kustannuslaskenta taulukosta)

MATERIAALIKUSTANNUKSET
INVESTOINTI
KÄYTÖSTÄ AIHEUTUVAT
Integroinnista johtuva käyttökustannus
Varaosakulut
Pienet korjausosat/Työkalut
Uuden materiaalin hankinta
Täydennysvaraosat
TEKNINEN KUNNOSSAPITO
Huollon managerointi
Ennaltaehkäisevä huolto, A
Ennaltaehkäisevä huolto, B
Ennaltaehkäisevä huolto, C
Ennaltaehkäisevä huolto, D
Korjaavat huoltotoimenpiteet, A
Korjaavat huoltotoimenpiteet, B
Korjaavat huoltotoimenpiteet, C
Korjaavat huoltotoimenpiteet, D
Vuosihuolto
Varaosien kuljetuskustannukset
Varastointikustannukset
Jälki-suunnittelutuki
Primetoimittajan logistiikkatuki
HENKILÖSTÖKUSTANNUKSET
Palkat
Päivärahat
Koulutus
Huoltokoulutus
Joukkojen huoltokustannukset
INFRASTRUKTUURI JA TUKEUTUMINEN -KUSTANNUKSET
Uusien kiinteistöjen investointi

Kiinteistöjen vuokra
Kiinteistöjen kunnossapito
Kiinteistöjen ylläpito
INTEGROINTIKUSTANNUKSET
Hankkeen projektinhoitokulut (Oma organisaatio)
Konsulttipalvelut (Ulkopuolinen tuki)
Vastakauppakustannukset (IP)

Land Warrior hankkeessa, joka USA:n DOD:n tulevaisuuden taistelijahanke, tunnistettuja ja elinjakson käyttö- ja ylläpitokustannusten suunnittelua ohjaavia tekijöitä olivat (ei tärkeysjärjestyksessä): akut, muut täydennystarvikkeet (muut kuin akut), vanhenemisesta johtuvat laitteiden vaihdot ja koulutus. (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final). 2003, 7)

Elinjaksokustannusennustelaskelmia tehdessä, laskelmat on tarvetta tehdä oikeilla suunnitteluilla joukkojen ja taistelijoiden määrillä. Näin voidaan laskea tarvittavien laitteiden määrät jokaiselle komppanialle, joukkueelle tai ryhmälle, kun tiedetään niiden taistelijoiden määrät, taistelutavat ja rakenne. Yksi malli elinjaksokustannuksien tekemiseen on WBS (Work Breakdown Structure). Elinjaksonennustekustannusmallin (LCCE) tekeminen aloitetaan tekemällä matriisi/taulukko, jossa on listattuna jokainen komppanian taistelija. Toisessa matriisiin/taulukkoon on listattu kullekin taistelijalle suunnitellut laitteet. Nämä kaksi taulukkoa on yhdistetty niin, että laitteet ovat vaaka-akselilla ja taistelijat pystyakselilla. Tämä mahdollistaa arvioijan valita mikä tahansa järjestelmän laite mille tahansa komppanian taistelijalle. Laskemalla jokainen sotilas jokaisessa komppaniassa, saadaan selville jokaista laitetta tarvittava määrä. Laitemäärää käytetään myös laskettaessa varalaitteiden, varaosien ja täydennys tarvikkeiden kuten akkujen määrää.

5.2.3 Integrointi muuhun järjestelmään ja sen vaikutus käyttöön ja koulutukseen

Kun tehdään päätös siitä, minkälainen radio hankitaan ja mihin järjestelmään se integroidaan, sillä on vaikutuksia käytön- ja ylläpidon lisäksi myös sotilaiden koulutukseen. Tämän seurauksena syntyy merkittäviä muutoksia sotilaiden peruskoulutukseen ennen taistelulentälle menoa. Esimerkiksi lisäämällä tietokone ja kypärään asennettava näyttö, se mahdollistaa taistelijan katsoa karttaa ja määritellä koordinaattinsa sähköisesti toisin kun nykyään käytössä olevien paperikartan ja kompassin avulla. Taistelijan toiminnan muuttuminen uusien järjestelmien takia vaikuttaa koulutukseen olennaisesti ja nostaa alussa koulutuskustannuksia, kun kouluttajia koulutetaan ja koulutuksia uusitaan.

Koska taistelijanradio on osa järjestelmäkokonaisuutta, on tärkeää, että ei tarkastella pelkästään tämän hetkistä implementointia tai integrointia muuhun taistelunjohtojärjestelmään vaan otetaan huomioon myös mahdolliset päivitykset ja näistä koituvat käyttö- ja ylläpitokustannukset. Järjestelmän ylläpito ja huolto sekä osien hajoamiset ja vanhentumiset vaativat erityishuomiota kentällä. Näiden asioiden huomioiminen hankintavaiheessa on keino vähentää näistä johtuvia kustannuksia elinjakson aikana.

COTS tai modifioidut/muokatut COTS laitteet ja ohjelmistot ovat usein herkempiä teknologia innovaatioille/kehitykselle kuin sotilaskäyttöön suunnitellut tuotteet. Näin ollen käytettäessä COTS tuotteita, joiden valmiusaste on TRL-6 tai suurempi vähennetään riskiä ja luotettavuudesta, hajoamisesta ja korjauksesta syntyviä kustannuksia, koska järjestelmät ovat kehittyneempiä ja läpäisseet tiukat testit ja evaluoinnit. (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 13).

Järjestelmän implementoinnissa ja integroinnissa on otettava huomioon, että järjestelmän muilla osilla voi olla erilainen elinkaari kuin siinä olevilla radioilla. Tällöin implementointi ja integrointi täytyy tehdä mahdollisesti aina, kun joku osa järjestelmästä vaihtuu. Taulukossa 2 on esitetty järjestelmien ennakoitujen/ennustetun vanhenemisaikataulut (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final)2003, 14-15).

TAULUKKO 2. Järjestelmien ennakoidut/ennustetut vanhenemisaikataulut.
(Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 14–15).

Järjestelmän osa	Teknologian arvioitu vanhenemisaikataulu (vuotta)
Tietokoneen prosessorit	4-6
Kypärään kiinnitettävä näyttö	5-7
Aseet	10+
Lämpökamerat	7+
” Kuvanvahvistinlaitteet” Image intensifier devices	7+
Suojaus/kypärä	10+
Kemikaali/bilologinen suojaus	8-10
Teholähteet	8-10
Radiot	5-8
Vaatteet ja jalkineet	4-6

Henkilökunnan palkkojen nousu voi johtaa kustannusten kasvamiseen, lisäksi työntekijöiden luonnolliset työtehtävien muutokset ja uusien työntekijöiden rekrytoinnit ja henkilökunnan koulutukset ovat potentiaalisia kustannuksen lisääjiä. (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 7)

Kun järjestelmä vanhentuu, epäluotettavuus ja lisääntyvä korjaustarve lisäävät kohonneiden käyttö- ja ylläpitokustannusten kasvun riskiä. Vanhentuminen voi johtua yhtä paljon teknologia kehityksestä, kuin järjestelmä rajapinnoista ja vaatimuksista. Järjestelmän osien vanhentuminen elinjakson aikana on otettava huomioon tuotteen tuotekehityksessä ja suunnittelussa suunnittelemalla järjestelmä niin, että järjestelmän osia voidaan päivittää elinkaaren aikana. Oikein suunnittelu ja oikeat arvioinnit järjestelmän osien vanhentumisaikataulusta mahdollistaa vertailun, käyttö- ja kunnossapitokustannukset verrattuna vaihtoon, joka ohjaa tulevaisuuden päivityksiä kustannustehokkaasti. Terve

järki ja kokemukset muista hankkeista pystytään määrittämään järjestelmän osien vanhentumisaikataulu. Osakohtainen vanhentumisaikataulu mahdollistaa tarkemman suunnittelun yksittäisten osien korvaamisen uusilla osilla. (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 12-14)

5.2.4 Akut ja niiden tarve

Toinen tärkeä lasku elinjakson kustannuksien kannalta on sähkön käyttö ja akkuhuolto. Laskemalla kentällä olevien laitteiden määrän ja laitteiden keskimääräinen virrankulutus ja käyttösyklit/trendit ja vertaamalla niitä akkujen tehottiheyteen saadaan alkuperäinen ja vuosittainen teholähteiden/akkujen tarve (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 17). Teholähde ja akkuhuolto tulee tulevaisuudessa näyttämään merkittävää osaa järjestelmien operatiivisessa käytettävyydessä ja sen vaikutus logistiseen jalanjälkeen on suuri.

5.2.5 Logistiikka

Logistiikkakuluihin vaikuttavat laitteiden logistiikan lisäksi niiden varaosa-, varalaitte- ja huoltotarpeista aiheutuvat logistiikkatarpeet. Näiden käyttö- ja ylläpitosuunnitelman tekoa helpottavia asioita saadaan kenttätesteistä ja käytettyjen komponenttien vikaantumisväliluvuista MTBF. Käyttö- ja ylläpitosuunnitelmien avulla voidaan luoda logistiikkasuunnitelma. (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 21)

5.2.6 Käyttö ja ylläpito

Käyttö- ja ylläpitoon vaikuttavat taistelijan radioissa vaikuttavat akkujen vanheneminen, radioiden kunnossapito ja korjaukset sekä lisätarvikkeiden rikkoontuminen.

5.3 Taistelijanradion valintaan vaikuttavien laboratorio- ja kenttätestien kohteet ja testisuunnitelmat

Koe-eriksi hankituille taistelijanradioille on suunniteltu tässä opinnäytetyössä laboratorio- ja kenttätestit. Testien tarkoituksena on kerätä tietoa eri valmistajien taistelijaradioiden soveltuvuudesta uuden taistelutavan mukaisesti toimiville ryhmille ja joukoille taistelukentällä tai sitä vastaavissa olosuhteissa. Testeissä kerättyjä tietoja käytettävyydestä ja luotettavuudesta hyväksi käyttämällä taistelijaradioiden määrittely ja valintaprosesseissa, voidaan vaikuttaa taistelijaradioiden käyttö- ja ylläpitokustannuksiin.

Tehtävien kenttätestien tietojen pohjalta voidaan arvioida vaikutuksia ja mahdollisia muutoksia taistelijan koulutukseen. Tässäkin tapauksessa yksityiskohdainen kustannus vs. hyötyanalyysi (cost-benefits) ohjaa uudella järjestelmällä varustetun taistelijan koulutusta oikeaan suuntaan. (Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final) 2003, 12)

Taistelijaradioille tehtävät testaukset ovat MATISI hankkeen testausohjeen mukaisesti yksikkö-, järjestelmä-, integraatio- ja kenttätestaus. Yksikkötestauksessa testataan taistelijaradioiden teknisiä ominaisuuksien lisäksi mm. radioverkon suunnittelun helppoutta ja radioiden radioparametrien määrittelyä ja radioparametrien lataamista radioihin. Järjestelmätestauksessa testataan radioiden toimivuutta radioverkkona. Verkossa on radioita eri roolissa ja testeissä testataan, miten hyvin puhe ja tiedonsiirto ryhmien radioverkkojen sisällä ja niiden välillä toimii. Integraatiotestauksessa testataan taistelijaradioverkon liitettävyyttä taistelunjohtojärjestelmään. Siinä testataan, miten taistelijaradioverkko voidaan liittää taistelunjohtojärjestelmään ja miten dataa voidaan siirtää taistelijaradioverkon ja taistelunjohtoverkon välillä. Kenttätestauksessa testataan taistelijaradioiden toimivuutta ja kestävyyttä kenttäolosuhteissa, liitettynä ja yhteiskäytössä muun taistelunjohtojärjestelmän kanssa. Kenttätestien tulosten perustella pystytään arvioimaan eri valmistajien radioiden opedraatiivista käytettävyyttä, järjestelmän toimintavarmuutta, järjestelmän elinjakokustannuksia, käyttökustannuksia, logistista jalanjälkeä ja logistiikan vasteaikaa. Testaustulosten pohjalta tehtävissä arvioinneissa on kuitenkin otettava

huomion, että testattavien radioiden määrä on erittäin pieni verrattuna lopulliseen radioiden lukumäärään.

Taistelijanradion yksikkötestauksessa radioista testataan seuraavat opinnäytetyössä esitetyt taistelijanradion reunaehdot:

- 1. Koko ja paino** Onko radio riittävän pieni ja kevyt taistelijalle? Hankaloittaako radio taistelijan liikkumista tai taistelemista koon tai painon puolesta?
- 2. Käytettävyys** Onko radion käyttökytkimien yksinkertaiset ja helpokäyttöiset? Onko radiossa selkeä näyttö, selkeät äänikomennot tai selkeät äänimerkit? Ovatko radion liittimet riittävän kestäviä (ei helposti katkeavia pinnejä vast.)? Voidaanko radioon liittää headset ja taistelijanpäätte? Voidaanko tangenttia käyttää hanskat/rukkaset kädessä? Voidaanko ulkoinen tangentti kiinnittää aseeseen? Häiritseekö radion käyttö taistelijan toimintaa taistelun aikana?
- 3. Kantama** Onko radion kuuluvuus alue on riittävän iso joukkueen toiminta-alueen kattamiseen (noin 1,5km x 1,5km)? Onko radion kantama-alueella katvealueita?
- 4. Toiminta äärikantamalla** Toimiiko radio äärikantamalla luotettavasti aiheuttamatta ylimääräistä häiriötä verkkoon? Onko puhe- ja data tulkittavassa myös radion kantaman äärialueilla?
- 5. Ympäristön vaikuttavuus** Aiheuttavatko ympäröivä maasto (nimenomaan rakennukset tai puusto / kasvillisuus) huomattavasti radion käytettävyyteen, kantamaan tai häiriöttömyyteen?

- 6. Kaistankäyttö** Käyttääkö radio speksien mukaista kaistaa häiritsemättä muita vieressä olevia taajuuksia?
- 7. Mikrofoni ja kaiutin** Onko radion mukana tuleva headset hyvän laatuinen? Mahdollistaako headset kuulonsuojauksen samanaikaisen käytön? Onko tangenttirasia on helposti käytettävä sekä kiinnitettävissä aseeseen? Haittaako tangentin käyttö ei haittaa taistelijan toimintaa taistelun aikana? Onko kaiutin riittävän laadukas? Onko ääni on luontevaa ja kuuluuko ääni riittävän hyvin? Saadaanko äänenvoimakkuus säädettyä sopivaksi myös kuulonsuojausta käytettäessä? Onko mikrofoni riittävän herkkä ja ääni luonnollista sekä tunnistettavaa? Pystytäänkö mikrofoni ja kaiutin säätää sopivaan asentoon käyttäjäkohtaisesti.? Voiko tangenttia voi käyttää rukkaset kädessä?
- 8. Datansiirto** Onko radio kykenevä luotettavaan ja toimivaan datansiirtoon?
- 9. GPS** Onko GPS hyvälaatuinen ja toimiva? Mikä on GPS:n tarkkuus? Onko GPS antenni riittävän pieni eikä haittaa radion käyttöä tai taistelijan toimintaa?
- 10. Puheen ja datan välityskyky** Voidaanko puhe ja data välittää tai releoida radioiden välillä? Saavutetaanko releoinnilla selkeää hyötyä puheen / datan laadussa tai kantamassa?
- 11. Ohjelmointi** Onko radion alustaminen, taajuuksien asettaminen sekä verkkojen luonti / hallinta riittävän helppoa? Voidaanko radioiden ohjelmointi suorittaa komppania - tasolla (komentopaikka) Onko ohjelmointi helposti koulutettavissa komppanian henkilöstölle?

- 12. Akun kesto** Onko akun kestoaika on riittävän pitkä, niin kesällä kuin talvellakin? Pystyykö taistelija toimimaan radiolla 24h (yhdellä akulla tai kahdella akkukerralla)? Onko akun varausaste on selkeästi nähtävillä / saatavissa?
- 13. Lisävarusteet** Onko radiossa hyvä kantolaite, mikä saadaan kiinnitettyä taistelijan taisteluvarustukseen? Voidaanko radiota käyttää ulkoisen virtalähteen kanssa? Voidaanko radion mukana tuleva akkulaturi kenttäkel-poinen?
- 14. Tietoturva** Pystyykö käyttäjä nollaamaan/tyhjentämään radion muistin? Voidaanko radio nollata/tyhjentää etänä? Voidaanko radion liikennöinti verkossa estää etänä?

Taistelijanradion järjestelmätestauksessa radioista testataan seuraavat ominaisuudet:

- 15. Häiriön sietokyky** Aiheuttaako radio häiriölähetettä käyttäjän kaiuttimeen?
- 16. Verkon toimivuus** Riittääkö verkon kapasiteetti ryhmän/joukkueen verkon luomiseen?
- 17. Datansiirto** Onnistuuko datansiirto samalta fyysiseltä etäisyydeltä kuin puhe? Käyttääkö radio datansiirrossa virheenkorjausta?

Taistelijanradion integraatiotestauksessa radioista testataan seuraavat ominaisuudet:

- | | |
|---|--|
| 18. Liitettävyyden komppanian verkkoon sekä puheella että datalla. | Voidaanko radio liittää helposti komppanian radioverkkoon? Voidaanko radioliikenne välittää radioverkkojen läpi helposti ja hyvälaatuisesti? Onko datansiirto mahdollista myös ryhmä-/ joukkueverkoista komppanian verkkoon? |
| 19. Datansiirto | Voidaanko radio integroida käytettävään taistelunjohtojärjestelmään? |
| 20. GPS | Saadaanko paikkatieto siirrettyä luotettavasti taistelunjohtojärjestelmän ymmärtämässä formaatissa (esim. NFFI)? |

Taistelijanradion kenttätestauksessa radioista testataan seuraavat ominaisuudet:

- | | |
|---|---|
| 21. Koko ja paino | Häiritseekö radion koko ja paino taistelijan toimintaa? |
| 22. Radion huolto | Voidaanko radion akunvaihto tehdä ilman työkaluja? Voidaanko käyttäjän tekemät huoltotoimenpiteet tehdä ilman työkaluja? Onko akkulaturi helppokäyttöinen, turvallinen, nopea ja kenttäkelpoinen? |
| 23. Integrointi taistelijan varustukseen ja integrointi taisteluajoneuvoihin | Onko radio kantolaitteineen ja varusteineen helposti integroitavissa taistelijan varustukseen? Vaikeuttaako radion käyttö taistelijan toimintaa tai liikkumista taisteluvälineissä? Onko radiossa ajoneuvoasennussarja, johon radio voidaan asentaa oltaessa ajoneuvossa? Voidaanko radiossa käyttää ulkoista antennia ja ulkoista GPS antennia? Voidaanko radion virransyöttö ottaa ajoneuvosta? |
| 24. Käyttöarvo (Katu-uskottavuus) (laatu) | Tuntuuko radio taistelunkestävältä? Käyttääkö käyttäjä radiota mielellään? |

- 25. Koulutus** Kuinka pitkän koulutuksen käyttäjä tarvitsee käyttääkseen radiota? Kuinka pitkän koulutuksen käyttäjä tarvitsee verkon suunnitteluohjelman käyttöön?
- 26. Varaosatarve** Kuinka paljon taisteluosaston radioille ja lisävarusteille on varatta varaosia?
- 27. Kunnossapidon tarve** Mitä kunnossapito toimenpiteitä täytyy radiolle tehdä, jotta radion operatiivinen käytettävyys pysyy riittävällä tasolla? Kuinka usein kunnossa pidon toimenpiteitä täytyy tehdä, jotta radion operatiivinen käytettävyys pysyy riittävällä tasolla.
- 28. Huoltotarve** Mikä on testeissä huoltoa tarvitsevien ja rikkoontuneiden radioiden lukumäärä?

Kaikkiin testeihin tehtiin opinnäytetyössä testisuunnitelmat. Esimerkit testisuunnitelmista on liitteinä (Liitteet 1 ja 2), joissa on kerrottu testin tavoite, järjestely, kuvaus testiympäristöstä ja tutkimuskysymykset.

6 Opinnäytetyön pohdinta ja johtopäätökset

Opinnäytetyön kokonaistavoitteena oli määrittää ja tuottaa testaus suunnitelmat oikean taistelijanradio valintaan elinkaarikustannusten näkökulmasta, kun taistelijan radiota tullaan käyttämään taistelukentällä tai sitä vastaavissa olosuhteissa. Ennen kenttätestausta tehdyillä yksikkö-, järjestelmä- ja integraatiotestauksella on tarkoitus selvittää, mitkä testatuista radioista on teknisiltä ominaisuuksiltaan sopivia taistelijoiden käyttöön ja vaikuttaako radioiden ominaisuudet ja liitettävyydet radioiden kokonaiselinkaarikustannuksiin. Yksikkö-, järjestelmä- ja integrointitestaukset on radioihin tehty ja niiden tulokset on esitetty tarkemmin seuraavassa luvussa. Vaikka elinjaksokustannukset ovat tärkeässä roolissa valittaessa taistelijan radiota osaksi taistelunjohtojärjestelmää, on kuitenkin tärkeätä testata myös radioiden teknisiä ominaisuuksia yksikkö-, järjestelmä- ja integraatiotesteillä, jotta testattavista laitteista löydetään teknisesti sopivat radiot kenttätesteihin.

6.1 Tehtyjen testien tulokset

Yksikkötesteihin otettiin neljän valmistajan radioita. Yksi radioista ei läpäissyt yksikkö- ja järjestelmätestejä, koska radion kantama ei riittänyt joukkueen käyttöön. Kolmelle radiolle tehtiin integraatiotestit. Integraatiotestit on saatu tehtyä kahden radion kanssa ja yhden radion tiimoilta on vielä tiedonsiirtoprotokolla tekeillä ja testauksen alla. Kenttätestejä on tarkoitus tehdä kolmen valmistajan radioilla.

6.1.1 Yksikkötestaus

Yksikkötestauksen tuloksien perusteella voidaan todeta, että kaikki testatut radiot ovat kooltaan riittävän pieniä ja kevyitä käytettäväksi ryhmän ja joukkueen radiona. Radiot ovat myös keskenään samankokoisia tarvittavine varusteineen, joten varastoinnin ja sen takia rakennettavan infrastruktuurin kannalta ei tule eroja eri valmistajien radioiden välillä.

Myöskään käytettävyydessä ei ole eroja eri valmistajien radioiden kesken. Täten elinkaaren aikana pidettävät koulutukset ja niiden resurssien ylläpidossa ei tule eroja eri valmistajien radioiden kesken.

Kantamassa ja radioiden toiminnasta äärikantamalla radioissa oli eroja. Vaikka nämä eivät ole merkittäviä tekijöitä elinjaksokustannusten kannalta on radion kantama ja toiminta kantaman alueella on taistelijan kannalta tärkeä, jotta käskyt ja data menee luotettavasti perille, pudottivat nämä testit yhden testatuista radioista pois jatkotesteistä.

Ympäristön vaikuttavuudessa radiossa oli eroja. Toisissa radioissa datansiirto vaati merkittävästi paremman vastaanotettavan signaalin vahvuuden kuin puhe. Tämä johtui siitä, että kaikissa radioissa ei ollut radioissa datan uudelleen lähetysominaisuuksia. Tämä ei suoraan pudota näitä radioita pois jatkotesteistä, mutta näiden radioiden tiimoilta täytyy selvittää, mitä vaikuttaa hankinta- ja ylläpitokustannuksiin vaadittavien ohjelmien tekeminen sanomavälitysjärjestelmään.

Kaistankäyttö oli kaikissa radioissa ilmoitetun mukaiset. Joten näiden testien perusteella radioihin ei tule eroja.

Kaikkiin radioihin on saatavissa riittävän hyvät headsetit ja ulkoiset tangentit. Headsettien, joka sisältää mikrofonin ja kuulokkeet, ja tangenttien kestävyys-teen kohdistuu kuitenkin kentällä kovat vaatimukset, koska radioissa ei itsessään ole mikrofoneja eikä kaiuttimia. Tästä syystä radioita ei voi käyttää puhella, jos headsetit rikkoutuu. Kenttätesteissä testaan headsettien sopivuutta kenttäolosuhteisiin.

Testatuista radioista vain osalla pystytään tiedonsiirtokapasiteetilta riittävään ja luotettavaan tiedonsiirtoon. Tästä syystä yksi testeissä mukana ollut radio tippui testeistä pois tässä vaiheessa.

Kaikissa testatuissa radioissa on sisäinen GPS. Eroja kuitenkin oli siinä, miten paikkatieto saadaan radiosta taistelunjohtojärjestelmän käyttöön. Tässä vaiheessa ei kuitenkaan voida sanoa, että nämä toisivat eroja radioiden välille, koska myös taistelunjohtojärjestelmä on vielä kehityksen alla, eikä lopullista vaatimusta tämän suhteen ole vielä tiedossa.

Kaikissa radioissa ei ollut puheen ja datan välityskykyä. Tästä syytä kaikkia radioita ei voida käyttää joukkueen radiona, koska niiden kantama ei riitä maantieteelliselle alueelle, jossa joukkue toimii.

Radioverkkojen suunnittelu, radioparametrien määrittely ja radioiden ohjelmointi on kaikissa testatuissa radioissa helppoa. Radioiden välillä on kuitenkin eroa siinä, kuinka monta eri radioverkkoa tai radioroolia voidaan radiolle ohjelmoida kerallaan. Tämä voi tuoda eroja logistisessa jalanjäljessä radioiden välille, kun toisia radioita täytyy ohjelmoida useammin kuin toisia.

Yksikkö- ja järjestelmätestauksissa ei saatu merkittäviä eroja akkujen kestoille. Täytyy kuitenkin huomata, että testeissä käytetyt akut olivat uusia. Todelliset akkujen kestopitestit tulevat kenttätesteissä, jossa selvitetään esim. taistelijalla mukana tarvittavien akkujen määrä ja akkujen lataukseen tarvittava infra-

struktuuri kenttäolosuhteissa. Myös käyttölämpötila vaikuttaa akkujen keston. Eroja radioiden välillä on myös siinä, voidaanko radioita käyttää ulkoisten virtalähteiden kanssa. Tämä tuo eroja akkuhuollon kannalta ja vaikuttaa sekä logistiseen jalanjälkeen että infrastruktuurin rakentamiseen ja ylläpitämiseen.

Testatuissa radioissa kaikissa oli mukana tarvittavat peruslisävarusteet, jotka olivat kaikissa radioissa toimivat ja käyttöön sopivat. Lopulliset headsetit ja kantolaukut on toteutettava kuhunkin tarpeeseen ja käyttöön sopiviksi. Esim. Käyttöympäristö vaikuttaa siihen, minkälaisia headsettejä käytetään.

Tietoturva joka tässä tapauksessa tarkoittaa radioiden radioparametrien nollaan radioista oli kaikissa testatuissa radioissa mahdollista ja käyttäjän tehtävissä. Tämän testin tiimoilta kaikki radiot ovat sopivia taistelijan käyttöön.

6.1.2 Järjestelmätestaus

Häiriön sietokyvyissä radioiden välillä ei ollut merkittäviä eroja.

Verkon toimivuudessa radioissa ei ollut eroja. Radiot toimivat verkoissa hyvin ja oikein niissä rooleissa, joihin radiot oli ohjelmoitu.

Datansiirtoa ei päästy testaamaan, johtuen puuttuvista kaapeleista, ajureita ja ohjelmista.

6.1.3 Integraatiotestaus

Integraatio testaus on saatu tehtyä kahden radion kanssa. Molemmat radiot on liitettävissä viestiasemiin, joissa radiot toimivat tukiasemina joukoille.

6.2 Johtopäätökset

Opinnäytetyön aikana tehtyjen testien perusteella voidaan todeta, että tämän tyylinen testaus on tärkeää, kun otetaan käyttöön uutta suorituskykyä. Pelkäämään yksittäisten laitteiden teknisten ja toiminnallisten ominaisuuksien huomiointi ei riitä tehtäessä valintoja, joka vaikuttaa vuosia tai jopa kymmeniä vuosia.

Järjestelmien monimutkaisuudet ja järjestelmien sisäiset järjestelmät tuovat ihan uuden näkökulman kokonaisjärjestelmien elinjaksohallintaan ja kustannuksiin. Kaikkien osajärjestelmien, joista kokonaisjärjestelmä koostuu, elinkaari ei lopu saman aikaan, joka asentaa omat vaatimukset osajärjestelmien liitettävyyteen, integrointiin ja päivitettävyyteen.

Tulevien kenttätestien tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että testattavien radioiden määrä on pieni (20 kpl) eikä huolto tai korjaustöitä tehdä testauksen aikana. Pienestä määrästä johtuen yhdenkin radion tai lisävarusteiden rikkoontuminen vaikuttaa suuresti esim. laskettaessa operatiivista käytettävyyttä. Kenttätestien tuloksena saadaan tietoon rikkoutuuko radioita tai niiden lisävarusteita niissä käyttötilanteissa, ympäristössä ja niissä varusteissa, joissa radioita uskotaan käytettävän tulevaisuudessa. Testituloksia, aikaisempien vastaavien laitteiden kunnossapito- ja huoltohistoriaa ja laitevalmistajien antamia tietoja hyväksi käyttäen voidaan arvioida radioiden operatiivista käytettävyyttä, järjestelmän toimintavarmuutta, järjestelmän elinjakso-kustannuksia, käyttökustannuksia, logistista jalanjälkeä ja logistiikan vasteaikaa eri radioiden välillä.

LÄHTEET

Coetzee, Jasper L. 1999. A holistic approach to the maintenance "problem" - artikkeli julkaisussa Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5 No. 3, sivut 276 – 280. MCB University Press.

Designing and Assessing Supportability in DOD Weapon Systems: A Guide to Increased Reliability and Reduced Logistics Footprint. 2003. Department Of Defense (Acquisition, Technology and Logistics), Washington.

GAO-03-57. 2003. Setting Requirements Differently Could Reduce Weapon Systems' Total Ownership Costs. United States General Accounting Office. <http://www.gao.gov/new.items/d0357.pdf>.

Harris, Kelly J and Romesburg William H. Law Enforcement Tech Guide, How to plan, purchase and manage technology (successfully). 2002. U.S Department of Justice.

ISO/IEC 15288. 2008. Systems and software engineering – System life cycle processes. Geneve: ISO/IEC (The International Organization for Standardization/The International Electrotechnical Commission).

ISO/IEC PDTR 19760. 2002. Systems Engineering – Guide for ISO/IEC 15288 (System Life Cycle Processes. Kanada: ISO/IEC (The International Organization for Standardization/The International Electrotechnical Commission).

JOINT TACTICAL RADIO SYSTEM (JTRS) OPERATIONAL REQUIREMENTS DOCUMENT (ORD), Version 3.2.2003.

Järviö, Jorma. 2008. Ehkäisevä kunnossapito ja sen suunnittelu. Promaint 3/2008, 14–19.

Kosola, J. 2007. Suorituskyvyn elinjakson hallinta. Helsinki: Edita Prima Oy.

KUNNOSSAPITO-OPAS, luonnos, Pääesikunta, Edita Prima Oy, Helsinki 2003.

Life Cycle Cost Containment Strategy Document (Final). 2003. Massachusetts: Natick Soldier Center.

Maapuolustuksen tiedonsiirtohanke (MATISI) Hankesuunnitelma ver. 2.0. Maavoimien esikunta, 2010.

Maintenance Operation. 2011. Headquarters, Department of the Army 18 March 2011. Viitattu 3.1.2013.

http://armypubs.army.mil/doctrine/DR_pubs/dr_a/pdf/attp4_33.pdf

Mäki, Kari. 2011. Modernin kunnossapidon perusteoria. Tuotteen elinkaarihallinnan luento 30.9.2011 Jyväskylän ammattikorkeakoulussa.

PEMATOS PAK 08:04 Suorituskyvyn elinjakson suunnittelu puolustusvoimissa. 2007. Helsinki.

PEMATOS PAK 08:05 Suorituskyvyn elinjakson kustannuslaskenta puolustusvoimissa. 2007. Helsinki.

PSK 6201. 2003 Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Rachuri, Sudarsan, Fofou Sebti and Kemmer Sharon. 2006. Analysis of Standards for Lifecycle Management of Systems for US Army --- a preliminary investigation (NISTIR 7339). NIST - NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY.

SFS-EN 13306. 2001. Maintenance terminology. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SF

SUPPORTABILITY STRATEGY JOINT TACTICAL RADIO SYSTEM (JTRS)

CLUSTER 5. 2003.

Total Life Cycle Systems Management (TLCSM): Metrics Formulas, 2005.
Secretary of Defense, Washington

Total Lifecycle Systems Management (TLCSM), PTC, White Paper. 2009.

LIITTEET

Liite 1. Lähiradiotestaussuunnitelma - Ryhmänverkko

Liite 2. Kenttätestaussuunnitelma

LÄHIRADION KÄYTTÖ RYHMÄN RADIONA

1. Tavoite

Testin tavoitteena oli selvittää lähiradion toimivuutta ryhmän radiona. Samalla testillä selvitetään myös lähiradion toimivuutta joukkueen verkossa, jossa joukkueen, ryhmän ja partion johtajilla olisi lähiradiot. Lähiradiot on konfiguroitu niin, että radiot välittävät (releioivat) puhetta, dataa ja paikkatietoa. Testeillä selvitetään vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Kuuluuko puhe ryhmän verkossa kaikilta ryhmän jäseniltä kaikille ryhmän jäsenille?
- Kuuluuko puhe ryhmän johtajan ja partioiden johtajien verkossa ryhmän ja partioiden johtajille muttei muille ryhmän jäsenille?
- Välittyykö data ryhmän- ja partionjohtajan verkossa?
- Välittyykö taistelijoiden paikkatiedot ryhmän- ja partioidenjohtajille?

- Kuinka pitkältä puhe kuuluu partioiden välillä?
- Kuinka pitkältä data 10 kbit data tulee perille ja millä nopeudella/kuinka kauan lähetys kestää?
- Kuinka pitkältä data 100 kbit data tulee perille ja millä nopeudella/kuinka kauan lähetys kestää?
- Kuinka pitkältä paikkatieto tulee perille partioiden välillä?

Lisäksi selvitetään vastauksia seuraaviin teknisiin vaatimuksiin.

- Mikä on max. tiedonsiirtonopeus point-to-point?
- Mikä max. tiedonsiirtonopeus point-to-multipoint?
- Mikä on max. tiedonsiirtonopeus adhoc/multihopverkossa yhden hypyn yli?
- Mikä on max. tiedonsiirtonopeus adhoc/multihopverkossa kahden hypyn yli?
- Mikä on max. tiedonsiirtonopeus adhoc/multihopverkossa kolmen hypyn yli?
- Mikä on taajuuskaistan käytön tehokkuus (kbit/s vs. BW)?

Testin aikana verkossa siirretään puhetta, dataa ja paikkatietoa. Puhe ja paikkatieto välitetään kaikille ryhmän jäsenille. Lisäksi ryhmän- ja partioiden johtajien verkossa välitetään myös dataa (sanomia). Datansiirtokykyä testataan välittämällä lyhyitä sanomia (T-mail) ja kuvia (T-mailin liitteenä)

2. Järjestelyt

Aika: 16.-20.4.2012 ja 21.-25.5.2012

Testin Johtaja:

Testihenkilöstö:

Testiverkkoina käytetään lähiradioilla toteutettuja ryhmän verkkoa, joissa siirretään puhetta ja dataa. Ryhmään kuulu 9 henkilöä (Ryhmän johtaja, 2 partion johtajaa ja 6 taistelijaa). Ryhmänjohtajan ja partioiden johtajien radioille on määritelty verkko, jossa voidaan siirtää puhetta, dataa ja paikkatietoa. Lisäksi ryhmän kaikki jäsen kuuluvat ryhmän verkkoon, jossa siirretään puhetta ja paikkatietoa

3. Testausympäristö

3.1 Laitteistot

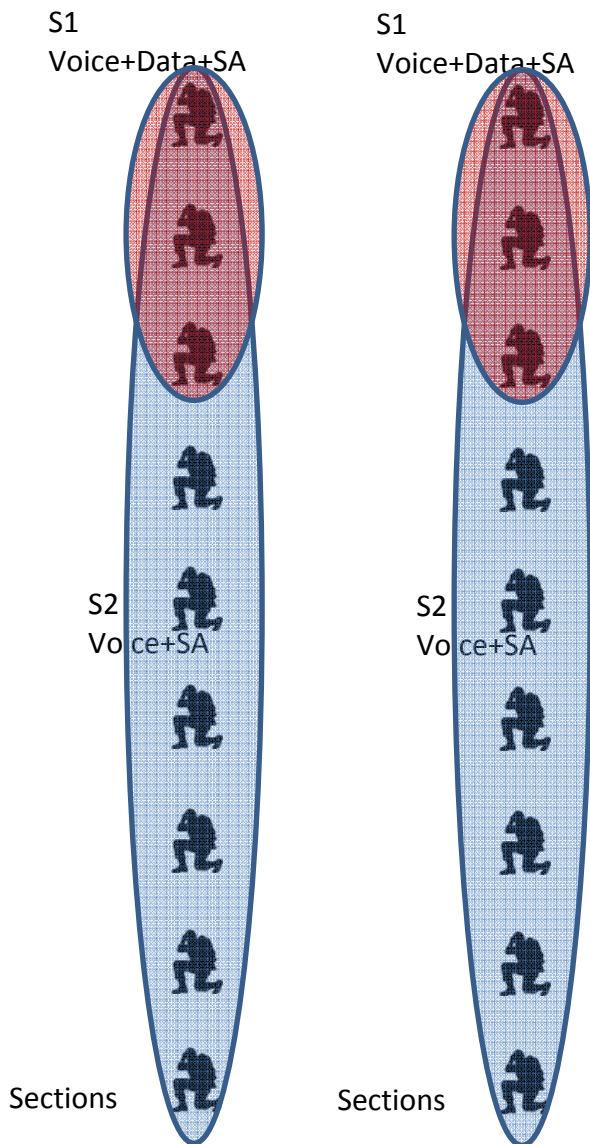
Testausympäristönä on 9 lähiradioilla muodostettu ryhmän verkko ja kolme Panasonicin U1 –taistelijanpäättettä (ryhmänjohtaja ja 2 partionjohtajaa).

Lähiradiot on kytketty päätelaitteeseen datakaapelilla ja jokaisessa lähiradiossa on headset.

3.2. Ohjelmistot

Valmistajan ohjelmistot tai käytössä olevat ohjelmistot

3.3. Testin kuva (kuva testijärjestelyistä / verkkokuva)



4. Testauksen tehtäväjärjestys ja testausmenettely

4.1 Tehtäväjärjestys

1. Radioverkko suunnitellaan testiverkonmukaiseksi valmistajan verkonsuunnitteluohjelmistolla
2. Radiot alustetaan radion latausohjelmalla
3. Taistelijanpäätteiden ohjelmistot käynnistetään ja alustetaan
4. Testien aloitus ja kulku esitetty testausmenettelyissä

4.2 Testausmenettely

4.2.1 Testi 1

Testin tavoite

Testin tavoitteena on selvittää, että puhe, data, ja paikkatiedot siirtyvät ryhmän verkossa.

Testin kulku

Testin alussa lähiradiot laitetaan päälle ja jokainen radio laitetaan lähettämään paikkatietoja ryhmän jokaiselle jäsenelle.

Mitattavat suureet ja tutkimuskysymykset

Mitattavia suureet

- Puheen välittyminen ryhmän verkossa
- Datan välittyminen ryhmän verkossa
- Paikkatiedon välittyminen ryhmän verkossa
- Puheen välittyminen ryhmän- ja partionjohtajien verkossa
- Datan välittyminen ryhmän- ja partionjohtajien verkossa
- Paikkatiedon välittyminen ryhmän- ja partionjohtajien verkossa

Testin tutkimuskysymykset

- Kuuluuko puhe ryhmän verkossa kaikilta ryhmän jäseniltä kaikille ryhmän jäsenille?
- Kuuluuko puhe ryhmän johtajan ja partioiden johtajien verkossa ryhmän ja partioiden johtajille muttei muille ryhmän jäsenille?
- Välittyykö data ryhmän- ja partionjohtajan verkossa?
- Välittyykö taistelijoiden paikkatiedot ryhmän- ja partioidenjohtajille?

Hyväksynnän kriteerit (oletettu tulos)

- Puhe välittyy ryhmän verkossa
- Data välittyy ryhmän verkossa
- Paikkatieto välittyy ryhmän verkossa

- Puhe välittyy ryhmän- ja partionjohtajien verkossa
- Data välittyy ryhmän- ja partionjohtajien verkossa
- Paikkatieto välittyy ryhmän- ja partionjohtajien verkossa

4.2.2 Testi 2

Testin tavoite

Testin tavoitteena on selvittää, kuinka pitkällä kantamilla puhe, data, ja paikkatiedot siirtyvät ryhmän ja partioiden johtajien verkossa point-to-point, point-to-multipoint ja/tai achoc/multihop. Tämän testin tuloksena saadaan joukkueen johtajan ja ryhmän johtajien tai partion jäsenten maksimi etäisyys maastossa.

Testin kulku

Testin alussa vain ryhmän ja partioiden johtajien radiot laitetaan päälle.

1. partio (Ryhmänjohtaja ja kaksi taistelijaa) jää testin aloituspaikan läheisyyteen.
2. ja 3. partio lähtevät kävelemään ennalta määrättyä reittiä. (TESTI 3. Partioiden on tarkoitus hajaantua niin, että testin aikana partiot toimivat myös omina partioina omissa verkoissa.)
3. Ryhmänjohtaja seuraa partioiden liikettä etenemisen aikana.
4. Etenemisen aikana otetaan puheyhteyksiä ryhmänjohtajaan 2 min välein. 2. partion aloitus 1 min jälkeen lähdöstä ja 3. partion aloitus 2 min jälkeen lähdöstä. Puhetta kokeillaan seisaallaan, kyykyssä/polviasennossa ja maaten.
5. Sanomia ja dataa (10 kbit ja 100 kbit (kuva)) lähetetään ryhmänjohtajalle 4 min välein, puheyhteyden jälkeen.
6. Testiä jatketaan, niin kauan kuin yhteys ryhmän ja partioiden johtajien kanssa katkeaa.

Mitattavat suureet ja tutkimuskysymykset

Mitattavat suureet

- Maksimi etäisyydet puheen välitykseen
- Maksimi etäisyydet datan välitykseen
- Maksimi etäisyydet paikkatiedon välitykseen

Testin tutkimuskysymykset

- Kuinka pitkältä puhe kuuluu partioiden välillä?
- Kuinka pitkältä data xx kbit data tulee perille ja millä nopeudella/kuinka kauan lähetys kestää?
- Kuinka pitkältä data xxx kbit data tulee perille ja millä nopeudella/kuinka kauan lähetys kestää?
- Kuinka pitkältä paikkatieto tulee perille partioiden välillä?

Hyväksynnän kriteerit (oletettu tulos)

- Puhe välittyy ryhmän toiminta-alueella

- Data välittyy ryhmän toiminta-alueella
- Paikkatieto välittyy ryhmän toiminta-alueella

4.2.3 Testi 3

Testin tavoite

Testin tavoitteena on selvittää, kuinka laaja alue yhdeksällä radioilla voidaan kattaa, niin että puhe, data ja paikkatiedot välittyvät ryhmän ja partioiden johtajien verkossa ja puhe ja paikkatiedot ryhmän verkossa. Verkko voi toimia point-to-point, point-to-multipoint ja/tai achoc/multihop –verkkona.

Testin kulku

Testi alkaa siitä tilanteesta, johon testi 2 päättyi.

1. Kaikki laittavat radiot päälle erillisestä käskystä.
2. 2. ja 3. partio lähtevät kävelemään ennalta määrättyä reittiä.
3. Ryhmänjohtaja seuraa partioiden liikettä etenemisen aikana.
4. Etenemisen aikana otetaan puheyhteyksiä ryhmänjohtajaan 2 min välein. 2. partion aloitus 1 min jälkeen lähdöstä ja 3. partion aloitus 2 min jälkeen lähdöstä. Puhetta kokeillaan seisaallan, kyykyssä/polviasennossa ja maaten.
5. Sanomia ja dataa (10 kbit ja 100 kbit (kuva)) lähetetään ryhmänjohtajalle 4 min välein, puheyhteyden jälkeen.
6. Testiä jatketaan, niin kauan kuin puhe-, data- ja paikkatietoyhteys ryhmän ja partioiden johtajien kanssa katkeaa.

Mitattavat suureet ja tutkimuskysymykset

Mitattavat suureet

- Maksimi etäisyydet puheen välitykseen
- Maksimi etäisyydet datan välitykseen
- Maksimi etäisyydet paikkatiedon välitykseen

Testin tutkimuskysymykset

- Kuinka pitkältä puhe kuuluu partioiden välillä?
- Kuinka pitkältä data xx kbit data tulee perille ja millä nopeudella/kuinka kauan lähetys kestää?
- Kuinka pitkältä data xxx kbit data tulee perille ja millä nopeudella/kuinka kauan lähetys kestää?
- Kuinka pitkältä paikkatieto tulee perille partioiden välillä?

Hyväksynnän kriteerit (oletettu tulos)

- Puhe välittyy ryhmän toiminta-alueella
- Data välittyy ryhmän toiminta-alueella
- Paikkatieto välittyy ryhmän toiminta-alueella

5 Muita testattavia asioita

Muita lähiradioista vertailtavia ominaisuuksia.

- max. tiedonsiirtonopeus point-to-point
- max. tiedonsiirtonopeus point-to-multipoint
- max. tiedonsiirtonopeus adhoc/multihopverkossa yhden hypyn yli
- max. tiedonsiirtonopeus adhoc/multihopverkossa kahden hypyn yli
- max. tiedonsiirtonopeus adhoc/multihopverkossa kolmen hypyn yli
- Taajuuskaistan käytön tehokkuus (kbit/s vs. BW)

Testin johtaja

Sotilasarvo

Etunimi Sukunimi

LÄHIRADIOIDEN KÄYTTÖKOKEILUT JOUKKO-OSASTOISSA

1. Tavoite

Lähiradiotestien tavoitteena on tutkia joukkotuotantoympäristössä radioiden vaikutusta joukkojen suorituskykyyn sekä radioiden toimivuutta puheen, paikkatiedon ja datan välittämiseen ryhmän ja joukkueen verkossa.

2. Järjestelyt

Aika:

Testin johtaja:

Testihenkilöstö:

Testiorganisaatio:

Testiverkot: Kuva ryhmän verkosta ja joukkueen verkosta (oma organisaatio)

3. Kuvaus testiympäristöstä

- Lähiradiotestit suoritetaan saapumiserällä XXX joukkotuotettavan komppanian koulutukseen liittyen. Erillistä testiharjoitusta ei järjestetä, vaan havainnot kerätään koulutustapahtumien yhteydessä.

- Missä testataan? Vuodenaika, sää, toiminta-aika? Päivittäinen koulutus/tuntiperusteinen harjoitus/sotaharjoitus?

- mikä on joukon koulutustaso? Mitkä ovat joukon aiemmat kokemukset toimintaympäristöstä, koulutusaiheista ja toiminnasta lähiradioiden kanssa? Mitkä ovat koulutuskauden tavoitteet?

4. Havaintojen kerääminen ja analysointi

- Havainnot kerätään haastatteleamalla radion käyttäjiä (taistelija, johtaja, kouluttaja). Haastattelut tehdään koulutusjakson aikana.

- Tiedot kootaan koulutusjaksojen jälkeen (koulutusviikko, koulutuskausi, harjoitukset)

- Haastatteluissa hyödynnetään tässä asiakirjassa määriteltyjä tutkimuskysymyksiä

- Käytettävyydestä tehdyt havainnot kerätään käyttäjiltä kirjallisesti

- Tulokset kootaan ja analysoidaan testin johtajan toimesta, tarvittaessa tulokinnassa apuna testiin osallistuneen joukon henkilökuntaa

5. Tutkimuskysymykset

Kokeiluihin on asetettu viisi pääkysymystä, joita on tarkennettu useammalla alakysymyksellä. Alakysymyksiä käytetään suoraan kokeilujoukoille suoritettavissa haastatteluissa tai niistä voidaan tarvittaessa johtaa erillisiä testikysymyksiä. Käytävyydestä tehdyt havainnot tehdään kirjallisilla kysymyksillä.

5.1 Soveltuuko radio ryhmän sisäiseen kommunikointiin puheella taistelun eri vaiheissa?

5.1.1 Radion soveltuvuus puheviestintään puolustuksessa

- Kytetäänkö radiolla välittämään tiedustelutietoa ryhmän verkossa sen tyypillisellä toiminta-alueella?
- Vaikuttaako radio johtamisvälineenä taisteluvalmiuden kohottamiseen?
- Mahdollistaako radiolla johtaminen taistelusuunnitelmien yksityiskohtaisemman suunnittelun/toteutuksen (esimerkiksi tulenavaukset, taisteluliikkeiden aikautus) ?
- Helpottaako radiolla johtaminen taistelusuunnitelman ulkopuolisten taisteluliikkeiden käskytystä ja toimeenpanoa?
- Onko ryhmän jäsenillä (johtajat+ taistelijat) riittävä tilannetietoisuus tehtävän täyttämiseksi jos radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Mikä on ryhmän jäsenten tietoisuus vihollisesta ja omista joukoista (sijainti, toiminnanvaihe) Kun radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Vähentääkö radioiden käyttö omien tappioiden määrää?
- Voidaanko lähiradiolla johtaa epäsuoraa tulta valmisteltuihin maaleihin?
- Hyödyttääkö radioissa oleva releointi toiminto ryhmän sisäistä liikennöintiä? Missä tilanteissa?
- Ruuhkautuuko verkko? Missä tilanteissa? Miten ruuhkautumista voidaan vähentää?
- Vähentääkö radion käyttö tarvetta käyttää "perinteisiä" johtamismenetelmiä?
- Mitä puheliikennettä voidaan siirtää dataliikenteeksi, jotta puheverkkoa kuormitettaisi mahdollisimman vähän?

5.1.2 Radion soveltuvuus puheviestintään hyökkäyksessä

- Toimiiko radio ajoneuvon sisällä?
- Vaikuttaako radion käyttäminen ajoneuvossa marssinaikaisten perustaistelumenetelmien toteuttamiseen? (esim. ilmasuoja/miinoitteiden kiertäminen/toiminta tauoilla)

- Helpottaako radion käyttäminen ryhmän johtamista maastossa liikuttaessa esim. marssit, siirtymiset?
- Helpottaako radion käyttäminen taistelukosketukseen etenemistä?
- Nopeuttaako radiolla saatava tilanneilmoitus taistelukosketuksen jälkeistä tilanteen arviointia?
- Nopeuttaako radiolla saatava tilanneilmoitus taistelukosketuksen jälkeisen päätöksen syntymistä ?
- Nopeuttaako radion käyttö johtamisvälineenä päätöksen toimeenpanoa?
- Onko ryhmän jäsenillä (johtajat+ taistelijat) riittävä tilannetietoisuus tehtävän täyttämiseksi jos radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Mikä on ryhmän jäsenten tietoisuus vihollisesta ja omista joukoista (sijainti, toiminnanvaihe) Kun radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Vähentääkö radioiden käyttö omien tappioiden määrää?
- Ruuhkautuuko verkko? Missä tilanteissa? Miten ruuhkautumista voidaan vähentää?
- Vähentääkö radion käyttö tarvetta käyttää "perinteisiä" johtamismenetelmiä?
- Mitä puheliikennettä voidaan siirtää dataliikenteeksi, jotta puheverkkoa kuormitettaisi mahdollisimman vähän?

5.2 Soveltuuko radio ryhmän sisäiseen datansiirtoon taistelun eri vaiheissa?

- Välittykö taistelijoiden paikkatieto ryhmänjohtajan päätelaitteelle?
- Onko paikkatieto luotettavaa?
- Parantaako taistelijoilta saatava paikkatieto tilannetietoisuutta ja vaikuttaako se ryhmänjohtajan päätöksen tekoon?
- Parantaako tilannekuvan jakaminen tilannetietoisuutta ryhmän sisäisessä verkossa?
- Tarvitseeko ryhmä kykyä siirtää dataa sisäisessä verkossa?
- Kyetäänkö verkossa jakamaan sensoreilla otettuja kuvia?
- Mitä puheliikennettä voidaan siirtää dataliikenteeksi, jotta puheverkkoa kuormitettaisi mahdollisimman vähän?

5.3 Soveltuuko radio joukkueen sisäiseen kommunikointiin puheella taistelun eri vaiheissa?

5.3.1 Radion soveltuvuus puheviestintään puolustuksessa

- Helpottaako radion käyttäminen johtamista puolustukseen ryhtymisessä?
- Kyetääkö radiolla välittämään tiedustelutietoa joukkueen verkossa koko vastuualueella?
- Riittääkö radion kantama kun joukkue taistelee "hajautetusti"?
- Mahdollistaako radiolla johtaminen taistelusuunnitelmien yksityiskohtaisemman suunnittelun/toteutuksen (esimerkiksi taisteluliikkeiden aikautus) ?
- Onko joukkueen jäsenillä (johtajat+ taistelijat) riittävä tilannetietoisuus tehtävän täyttämiseksi jos radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Mikä on joukkueen jäsenten tietoisuus vihollisesta ja omista joukoista (sijainti, toiminnanvaihe) Kun radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Voidaanko lähiradiolla johtaa epäsuoraa tulta valmisteltuihin maaleihin?
- Hyödyttääkö radioissa oleva releointi toiminto joukkueen sisäistä liikennöintiä? Missä tilanteissa?
- Ruuhkautuuko verkko? Missä tilanteissa? Miten ruuhkautumista voidaan vähentää?
- Kyetääkö lähiradiolla jakamaan tilannetietoa oman organisaation ulkopuolelle? Esimerkiksi komentojoukkueen pst-ryhmälle/tarkka-ampujapartiolle?
- Vähentääkö radion käyttö tarvetta käyttää "perinteisiä" johtamismenetelmiä?
- Mitä puheliikennettä voidaan siirtää dataliikenteeksi, jotta puheverkkoa kuormitettaisi mahdollisimman vähän?

5.3.2 Radion soveltuvuus puheviestintään hyökkäyksessä

- Helpottaako radion käyttäminen joukkueen johtamista maastossa liikuttaessa esim. marssit, siirtymiset?
- Toimiiko joukkueen radioverkko liikkeen aikana ajoneuvojen välillä?
- Vaikuttaako radion käyttäminen ajoneuvossa marssinaikaisten perustaistelumenetelmien toteuttamiseen? (esim. ilmasuoja/miinoitteiden kiertäminen/toiminta tauoilla)
- Helpottaako radion käyttäminen taistelukosketukseen etenemistä?
- Nopeuttaako radion avulla saatava tilanneilmoitus taistelukosketuksen jälkeistä tilanteen arviointia?
- Nopeuttaako radion käyttäminen taistelukosketuksen jälkeisen päätöksen syntymistä ?
- Nopeuttaako radion käyttö johtamisvälineenä päätöksen toimeenpanoa?

- Onko joukkueen jäsenillä (johtajat+ taistelijat) riittävä tilannetietoisuus tehtävän täyttämiseksi jos radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Mikä on joukkueen jäsenten tietoisuus vihollisesta ja omista joukoista (sijainti, toiminnanvaihe) Kun radiota käyttää A) taistelijat B) partionjohtajat C) ryhmänjohtaja?
- Ruuhkautuuko verkko? Missä tilanteissa? Miten ruuhkautumista voidaan vähentää?
- Vähentääkö radion käyttö tarvetta käyttää ”perinteisiä” johtamismenetelmiä?
- Mitä puheliikennettä voidaan siirtää dataliikenteeksi, jotta puheverkkoa kuormitettaisi mahdollisimman vähän?

5.4 Soveltuuko radio joukkueen sisäiseen datansiirtoon taistelun eri vaiheissa?

- Välittykö taistelijoiden paikkatieto joukkueenjohtajan päätelaitteelle?
- Onko paikkatieto luotettavaa? Tarvitseeko joukkueenjohtaja taistelijan paikkatietoa vai riittääkö partion paikkatieto?
- Parantaako paikkatieto tilannetietoisuutta ja vaikuttaako se päätöksen tekoon?
- Helpottaako päätelaitteiden käyttö taistelunaikana muuttuvien tavoitteiden määrittelyä?
- Vähentääkö TSTJJ:stä saatava tilannekuva omien tappioiden määrää?
- Kyetäänkö taistelunjohtajärjestelmässä välittämään riittävän reaaliaikaista tilannekuvaa, jotta hajautettu hyökkäys onnistuisi? Onko reaaliaikainen tilannekuva edellytys hajautetun hyökkäyksen onnistumiselle? Mitä tilannekuvassa tulisi vähintään olla?
- Nopeuttaako sanomien lähettäminen joukkueen sisäisessä verkossa taistelusuunnitelmien muutosten toimeenpanoa?
- Kyetäänkö johtamisjärjestelmän päätelaitteella johtamaan epäsuoraa tulta valmistelemattomiin maaleihin?
- Kyetäänkö verkossa jakamaan sensoreilla otettuja kuvia?
- Parantaako tilannekuvan jakaminen ryhmien tilannetietoisuutta?
- Mitä puheliikennettä voidaan siirtää dataliikenteeksi, jotta puheverkkoa kuormitettaisi mahdollisimman vähän?

5.5 Käytettävyys

5.5.1 Valmistelut ja koulutus

- Miten radioverkkojen suunnittelu ja radioiden ohjelmointi vaikuttaa joukon toimintaan?
- Millä organisaatiotasolla kyetään verkon suunnittelu/radioiden ohjelmointi tekemään?
- Millä organisaatiotasolla laaditaan verkon suunnittelun perusteet?
- Oppiiko käyttäjä käyttämään radiota helposti?
- Onko radion kouluttaminen taistelijoille helppoa?

5.5.2 Käytettävyys taistelussa

- Esiintyykö radion painikkeissa toimintahäiriöitä?
- Vaikuttaako radion käyttäminen taistelijan suojautumiseen ja liikkumiseen?
- Vaikuttaako suojautuminen ja liikkuminen radion toimintaan?
- Voidaanko akku vaihtaa helposti taistelun aikana?
- Toimivatko lisävarusteet (headset, ptt) moitteettomasti? Esiintyykö häiriöitä?
- Voidaanko radio kiinnittää/irrottaa helposti taisteluvälineeseen?
- Haittaako taisteluväline (vaatetus) radion käytettävyyteen?
- Mahdollistaako radion äänenvoimakkuus, äänenlaatu ja mikrofonin toimivuus radion käyttämisen taistelun aikana?
- Kytetäänkö radio/radion käyttäjä korvaamaan helposti? Esim henkilöstö/kalusto tappiot..
- Kokeeko käyttäjä radion hyödylliseksi?

5.5.3 Huolto

- Riittävätkö radion mukana tulevat virtalähteet 24 tunniksi?
- Onko akkulaturi kenttäkelpoinen ja joukkueen johtamispaikalla käytettävä? riittääkö akkulaturien määrä joukkueen tarpeisiin?
- Onko käyttäjän tekemät huoltotoimenpiteet yksinkertaisia(ei rikkoutumisvaaraa)?
- Mitä vikoja esiintyy kokeiluissa olevissa laitteissa?
- Mitä vikoja esiintyy kokeiluissa olevien laitteiden lisävarusteissa?

6. Raportointi

6.1 Kuvaus kokeiluympäristöstä

- Missä testattiin? Vuodenaika, sää, toiminta-aika? Päivittäinen koulutus/tuntiperusteinen harjoitus/sotaharjoitus?
- Tilannekuva(johlasta) tyypillisestä taistelutilanteesta?
- mikä on joukon koulutustaso? Mitkä ovat joukon aiemmat kokemukset toimintaympäristöstä, koulutusaiheista ja toiminnasta lähiradioiden kanssa? Mitkä ovat koulutuskauden tavoitteet?
- tarkennetaan tarvittaessa kuvilla, suunnitelmilla ym..(raporttiin)

6.2 Havainnot tutkimuskysymyksistä ja päätutkimuskysymysten johtopäätökset

- Vastausten kokoaminen alakysymyksiin, tarvittaessa testikysymysten avulla
- Johtopäätösten tekeminen alakysymyksistä