

# **Puolustusmateriaalituotannon kasvattamisen kysymykset – tarkastelussa 155 mm ampumatarvike**

**Professori Juha-Matti Lehtonen**  
Maanpuolustuskorkeakoulu

**Lippueamiraali, dosentti Jukka Antero**  
Merivoimien esikunta

**Yleisesikuntaeverstiluutnantti, ST, DI Ilkka Ikonen**  
Panssariprikaati

**Rebekka Marttila**  
Valtiotieteiden yo. Helsingin yliopisto

## **Abstract**

Artillery plays a vital role in success of war in Ukraine. Western countries have announced firm commitments to support Ukraine in its fight against Russia, including the provision of artillery shells. Despite these promises and allocated funding for the required materiel, the supporting countries have not been able to increase the ammunition production to the necessary levels in two years. Consequently, this article examines the factors and reasons behind the delays in expanding production capabilities. The article studies the topic both from the theoretical perspective and through a case study of 155 mm artillery shell production. The findings indicate that the quickest way to increase production, if possible, is by extending working hours and increasing workforce. While investing in new equipment and process improvements or even building new production facilities can also boost production, these methods are slower. In contrast, converting of a consumer good's production line to a military material production is not a viable option due to restrictions. As logistic chains may become bottlenecks, increasing the production of military products can be achieved by procuring and storing raw materials and components in advance.

## Johdanto

Läntisten asevoimien kehitystä leimasi kylmän sodan loppumisesta aina Ukrainan sotaan saakka jatkuvat kululeikkaukset. 1990-luvun alusta Euroopan NATO-maiden puolustusmenot laskivat 2,5 %:sta 2010-luvun noin 1,5 %:iin BKT:sta (NATO 2024). Samaan aikaan perinteinen symmetrinen sotilaallinen uhka, kotimaan puolustaminen, väistyi taka-alalle Euroopan ulkopuolella tapahtuvien kriisinhallinta- ja terrorismin vastaisten operaatioiden edestä. Uhan muutos heijastui myös useiden asevoimien rakenteisiin. Monissa maissa, kuten Latviassa, Liettuassa ja Ruotsissa sekä Saksassa siirryttiin pois asevelvollisuusjärjestelmistä ammattiasemoihin. Organisaatioiden henkilövahvuus pieneni merkittävästi, mutta samalla myös vähenivät menot toimintaan ja materiaalihankintoihin. Kehitys johti myös siihen, että asevoimien varautuminen muuhun kuin käsillä oleviin operaatioihin ja toimintaan heikkeni. Ammusten tai muun materiaalin hankinnalle ja ylläpidolle varastoissa poikkeusolojen tarpeita varten nähtiin aiempaa vähemmän tarvetta samalla kun pienenevät resurssit tarvittiin kipeämmin muualle.

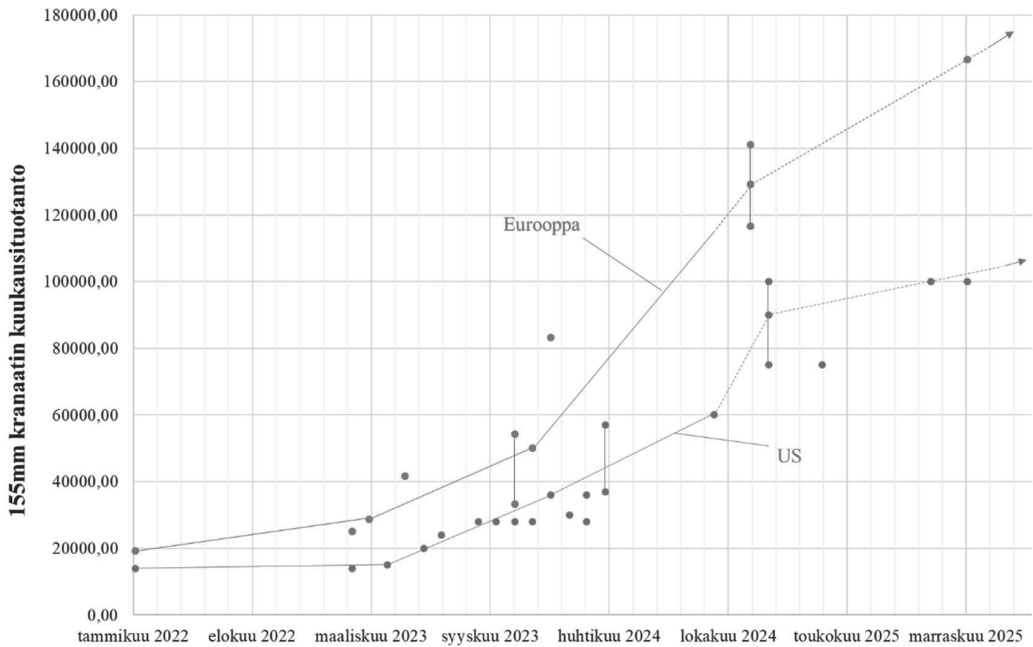
Puolustusteollisuudelle muutokset tarkoittivat pieneneviä markkinoita ja niihin sopeutumista monin eri tavoin. Kansallisten rajojen ylitse käyvä puolustusteollisuuden yhteistoiminta lisääntyi, yrityksiä yhdistyi ja teollisuus keskittyi samalla kun osa teollisuudesta lopetti toimintansa. Toiminta ja tuotteet muuttuivat entistä enemmän kattamaan niin sotilas- kuin siviilimarkkinoiden tarpeita. Samoin teollisuuden toimintamalli siirtyi tuotantovalmiudesta tehokkuuteen, jolle tunnusomaista on esimerkiksi ylimääräisen kapasiteetin poistaminen käytöstä viipymättä. Toisin sanoen Euroopan puolustusteollisuus oli kutistunut kylmän sodan jälkeisten realiteettien ohjaamana, eikä pystynyt vastaamaan Ukrainan tarpeeseen (New York Times 2023).

Läntisten asevoimien suunnanmuutos takaisin kohti perinteisen symmetrisen sodan uhkaan vastaamiseen alkoi Krimin valtauksen jälkeen (NATO 2014). Naton Walesin huippukokouksessa liittokunta korosti yhteisen puolustuksen keskeisyyttä sen tehtävissä. Yhdysvaltain 45. presidentin, Donald Trumpin vaatimukset vuonna 2018 Euroopan Nato-valtioiden budjettien kasvattamisesta – Euroopan vastuu kantamisen lisäämisestä itseään varten – aikaansaiivat monen eurooppalaisen Nato-maan julkistamaan pyrkimyksensä budjettiensa kasvattamiseen saman tien Naton vaatimusten mukaisen 2 % tasoon bruttokansantuotteesta aiemman vuodelle 2024 asetetun tavoiteajan sijaan. Kun USA:n osuus Naton puolustusmenoista on noin 2/3 ja lopusta noin puolet tulee Ranskan, Englannin ja Saksan osuudesta (NATO 2024), määrittävät näiden maiden puolustusmenot pitkälle koko Naton puolustusmenot.

Venäjän oikeudeton hyökkäys Ukrainaank helmikuussa 2022 herätti lopullisesti Euroopan. Tavanomaisen sodan saapuminen läntisen Euroopan porteille sai Euroopan niin Natona, Euroopan Unionina kuin yksittäisinä mainakin hahtumaan ja pakottautumaan järeisiin toimiin Ukrainan tukemiseksi ja samalla vahvistamaan omaa puolustustaan. Ukrainan sodan alkamisen jälkeen useimmat Euroopan valtiot ovat nostaneet puolustusbudjettinsa Naton tavoitetasolle ja ylikin (NATO 2024). Lähes kaikki ovat kertoneet sitoutuvansa tuon tason ylläpitoon myös tulevaisuudessa. Niin ikään erillisiä hankintaohjelmia ja -rahoituksia on käynnistetty asevoimissa sekä Ukrainaank lahjoitetun materiaalin korvaamiseksi, sinne teollisuudelta hankittavan materiaalin maksamiseksi sekä myös omien kansallisten kykyjen parantamiseksi ja varastojen kasvattamiseksi. Yksi eniten julkisuutta saaneista ja samalla merkittävimmistä erillisrahoituksista on ollut Saksan ilmoittama 100 miljardin euron hankintaohjelma.

Ukrainan jo yli kahden ja puolen vuoden pituinen sota on sen alun nopeiden operaatioiden ja alueiden hallinnan muutosten jälkeen muuttunut monin paikoin ensimmäisen maailmansodan tavoin kulutussodaksi, jossa rintamalinjat muuttuvat hitaasti kiivaista taisteluista ja tulenkäytöstä huolimatta. Tykistön tulella on merkittävä vaikutus menestykseen taistelukentällä ja syntyviin tappioihin (Council on Foreign Relations 2024). Julkisuuteen on noussut erityisesti raskas 155 mm tykistö ja sen ammuskulutus. On arvioitu, että Ukraina kuluttaa näitä noin 200 000 kappaletta kuukaudessa (esim. Kiyv Post 2024). Muitakin arvioita löytyy ja lisäksi tarve voi olla kulutusta suurempikin. Euroopan aseteollisuuden tuotantomäärä vastaavissa ammuksissa oli sodan alussa vain noin 20 000 kuukaudessa (kuva 1). Raskaan tykistön ammusten eurooppalaisen tuotannon kasvattaminen Ukrainan tarpeisiin vastaamiseksi on ollut esillä sodan alun jälkeen sodan ajan. Jo 1. maaliskuuta 2022 EU:n parlamentti (2022) kehotti lisäämään osallistumista Ukrainan puolustusvalmiuksien vahvistamiseen sekä nopeuttamaan puolustukseen käytettävien aseiden toimittamista Ukrainalle. Lisäresursseista ja erityishankkeista huolimatta tuotantoa ei ole saatu kahdessa vuodessa nostettua Ukrainan tarvitsemiin määriin.

Kuvassa 1 näkyy julkisten lähteiden perusteella arvioitu 155 mm ammus-tuotannon määrän kehitys EU:ssa ja USA:ssa Ukrainan sodan alusta. EU:n tuotannon kaksinkertaistaminen kesti ainakin vuoden ja viisinkertaistaminen kestää vajaan 2,5 vuotta. Tuotannon kymmenkertaistaminen 200 000 kappaleeseen kuukaudessa, eli Ukrainan kulutusta vastaavaan määrään on lähellä onnistua vuoden 2025 aikana – siis neljässä vuodessa. Yhdysvalloissa tuotannon kasvattaminen vaikuttaa onnistuvan Eurooppaa hitaammin. Sen sijaan Venäjä kykenee jo nyt tuottamaan kuukaudessa noin 250 000 – tosin erikseen



Kuva 1. 155mm kranaattituotannon kehitys USA:ssa ja EU:ssa (lähteet 10 kpl lähde-  
luettelossa).

määritlemätöntä – tykistön ammusta, mikä tarkoittaa kolmea miljoonaa am-  
musta vuodessa (CNN 2024).

Voidaan kysyä, että kuinka ihmeessä länsi voi ylivoimaisena talousmahtina  
olla sotataloudessa Venäjää huonompi? Miten lännen tukema Ukraina pystyy  
päivittäin käyttämään vähemmän 155 mm ammuksia kuin Venäjä? Samoja ky-  
symyksiä on taloustieteen nobelisti Paul Krugman (New York Times 2023) on  
pohtinut ja ihmetellyt sitä, miksi 155 mm tykistön ammuksia ei saada tuotettua  
samassa tahdissa kuin niitä kuluu Ukrainassa, mutta on toisaalta samalla pyr-  
kinyt selvittämään näkökulmastaan tuotannon muutosten vaikeuksien syyt.

Raha ei vaikuttaisi olevan ainakaan pääongelma. Kielin maailmantalouden  
instituutin (2024) arvioiden mukana huhtikuuhun 2024 mennessä EU-maiden  
Ukrainan sotilasavun arvo oli noin €38 miljardia ja EU-maiden Ukraina-avun  
kokonaismäärä huomioiden myös ei-sotilaallisen avun oli €86 miljardia. Ver-  
tailun vuoksi Euroopan puolustusviraston (2024) jäsenmaiden puolustusmenot  
2022 olivat €240 miljardia ja puolustusmateriaalihankinnat €48,6 miljardia.

Niin ikään monella on vielä muistissa Korona-epidemian aikaiset hoito-  
tarvikkeiden saatavuuden ongelmat ja niihin vastaaminen. Heti pandemian  
alkaessa keväällä 2020 kohdistui hoitotarvikkeisiin, kuten kasvomaskeihin,

suojaviittoihin ja desinfiointiaineisiin kysyntäpiikki. Yritykset pystyivät vastaamaan kiireelliseen tarpeeseen ad hoc -toimitusketjujen avulla yllättävän nopeasti ja jo epidemian toisessa vaiheessa saman vuoden syyskuussa suojava-rusteita oli Saksassa hyvin saatavissa. (Müller et al. 2023.)

Tässä artikkelissa keskitytäänkin syihin joiden vuoksi puolustusmateriaalituotantoa ei nykytilanteessa ole saatu kasvatettua päättäjien vaatimalla nopeudella. Artikkelissa valitaan tarkastelukohteeksi 155 mm tykistön ammustuotannon kasvattaminen sen Ukrainassa saaman merkityksen vuoksi. Ensiksi luodaan lyhyt katsaus tykistön käyttöön ja tarkasteltavaan tuotteen eli 155 mm ammuksen. Sen jälkeen selvitetään ensin yleisesti tuotannon kasvattamisen kysymyksiä niin teoreettisesti kuin Ukrainaan liittyvänä tapaustutkimuksena 155 mm ammusten tuotannon kasvattamisen haasteista sekä myös tuotannon kasvattamisen edellytyksistä, keinoista ja aikatekijöistä. Esitämme myös poliittisen päätöksentekoprosessin kulun sekä toistaiseksi tehdyt ilmoitukset eurooppalaisista ampumatarviketeollisuusinvestoinnista ja merkittävistä tilauksista. Käytännöllisessä mielessä artikkeli pyrkii lisäämään ymmärrystä tämän usein julkisuudessa yksinkertaiseksi mainostetun ongelman syistä ja antamaan myös toimenpidesuosituksia. Tieteellisestä näkökulmasta artikkeli pyrkii todentamaan teollisen tuotannon kasvattamiseen liittyviä tieteellisiä malleja vertaamalla niitä Euroopassa tapahtuvaan 155 mm ammusten tuotantokyvyn nostamisen toimiin.

## **Tykistön ampumatarvikkeet ja käyttöperiaatteet**

### **Tykistöaseet ja ampumatarvikkeet**

Tykistöllä on maailmanlaajuisesti varsin laaja ase- ja ampumatarvikevalikoima. Suomessa kenttätykit on jaettu kalustollisesti kevyisiin 105–122 mm, raskaisiin 130–155 mm ja järeisiin yli 155 mm tykkeihin (Puolustusvoimat 2001, 194). 2000-luvulla tykistön yleisimmäksi kaliiperiksi on muodostunut 155 mm, joka tarjoaa hyvän kompromissin painon, kantaman, hyötykuorman ja hinnan välillä (Wall Street Journal 2024; Dastrup 2018, 261; Ikonen 2014, 255). Perinteisesti sirpalekranaatti, jonka teho perustuu sirpalevaikutukseen, on ollut tärkein tykistön ampumatarvike. 155 mm kranaateilla ampumaetäisyydet ovat muutamasta kilometristä aina reiluun 40 kilometriin asti riippuen käytetystä kranaatista. Tykistön perusominaisuutena on hajonnan kasvaminen ampumaetäisyyden kasvaessa, mikä johtaa tulentiheyden ja tulentehon laskuun. Ammuttaessa 30 km etäisyydelle voi hajonta olla jopa 2 % ampumaetäisyydestä eli 600 metriä (Ikonen 2014, 256) Pitkillä ampumaetäisyyksillä tulentehoa voidaan

Kuva 2. 155 mm laukauksen osat. Vasemmalla 155 mm sirpalekranaatti, jonka päässä sytytin. Oikealla panos. Panos sytytetään lukkoon asetettavalla nallilla.



kasvattaa käyttämällä hakeutuvia tai ohjautuvia ampumatarvikkeita, joilla saadaan hajontaa pienennettyä metriluokkaan ja näin saavutetaan mahdollisuus osua pistemaaliin (Ikonen 2014, 256).

Tykistön laukauksen elementtejä ovat sytytin, kranaatti, panos, nalli sekä mahdollinen hylsy. (Puolustusvoimat 2001, 230). Sytyttimen tehtävänä on saada kranaatti toimimaan tarkoituksenmukaisella tavalla kohteessa tai sen läheisyydessä. Tykistöllä on käytössä erilaisia sytyttimiä, joista osa on jopa kalliimpia kuin itse kranaatti. Perinteinen tykistön sytytin on ollut iskusytytin, jonka toiminta perustuu hienomekaniikkaan. Nykyaikaisissa lentorataa korjaavissa sytyttimissä on mukana myös elektroniikkaa, kuten satelliittipaikannusta tai tutkakäkyä sekä ohjaussiivekkeiden hallintaa ja mahdollisia optisia välineitä (Puolustusvoimat 2001, 51–54). Nykyaikaisen 155 mm kranaatin lentorataa korjaavan sytyttimen hinnaksi on arvioitu 9300 euroa (Defence News 2015), kun perinteisen iskusytyttimen hinta oli vuonna 1989 38,59 dollaria (GAO 1989, 4).

Tykin laukauksen projektiili, sirpalekranaatti, koostuu ammuskuoresta, räjähdysainetäytteestä, johtorenkaasta, välikappaleesta ja räjäyttimestä (kuva 2). Kranaatin vaikutus perustuu ammuskuoren sirpaloitumiseen. Kranaatin kuori valmistetaan joko teräksestä puristamalla tai koneistamalla valukappale. Räjähdysaineista yleisin on TNT, joka valetaan ammuskuoren sisälle. (Puolustusvoimat 2001, 230–232.) Kranaatin saattamiseksi liikkeelle putkesta tarvitaan ruutipanos. Panokset ommellaan käsityönä panoskankaasta, johon punnitaan ruuti (Toivakan asevarikko 2019). Panoksen ruuti sytytetään nallilla.

## Tykistön ammuskulutus

Suomalaisessa suunnittelussa tykistön päivittäistä ammuskulutusta on kuvattu tuliannoksilla, jossa yksi tuliannos on tarkoittanut yhden päivän taisteluihin suunniteltua ampumatarvikemäärää (Ratinen 2023, 122). Natossa ja yleisesti länsimaissa samaa asiaa kuvataan käsitteellä Days Of Supply (DOS) (NATO 2012, 197). Suomessa 155 mm kalustolla yhden tykin yksi tuliannos on 60 kranaattia (Uusi-Rasi 2023, 61), jolloin koko patteriston yksi tuliannos on 1 080 kranaattia. Tykistön tuliannos on suunnittelun käsite ja luonnollisesti sodassa kulutus voi olla enemmän tai vähemmän kuin tuliannos päivässä.

Paulaharju (1996) on kirjassaan esittänyt luvut Suomen ammuskulutuksesta toisessa maailmansodassa. Suomi käytti jatkosodassa keskimäärin noin 100 000 kranaattia kuukaudessa. Neuvostoliitto keskitti 1945 Berliinin valtaamiseksi 9 000 tykkiä, jotka tukivat jalkaväen hyökkäystä 30 min ajan 500 000 kranaatilla (Nye 2023). Jatkosodan aikana Suomessa valmistettiin 5,6 miljoonaa kranaatin kuorta 26 eri tehtaalla, 5,0 miljoonaa tykistön panosta 13 panostamossa ja 6,1 miljoonaa sytytintä (Erjola 1990, 163). 1950-luvulla rauhanajan suunnittelun perustana oli, että kullakin tykistöaseella tulisi olla vähintään 15,5 tuliannosta ampumatarvikkeita varastoituna rauhan aikana. Tämän määrän arvioitiin riittävän kuukauden sodankäynnin tarpeisiin. Jos tämä tarve muutetaan nykypäivän 155 mm kaluston kranaattitarpeeksi, niin määrä on 930 kranaattia yhdelle tykille.

Tykin putki kuluu joka laukauksella. Putken keston yksikkönä pidetään ammuttujen täyspanosten määrää (Equivalent Full Charge, EFC), joka normaalilla putkella on noin 2250 (Hasenbein 2004, 10–11). Ammuttaessa erilaisilla panoksilla niiden laukauskohtainen EFC arvo vaihtelee välillä 0,25 - 1 (Hasenbein 2004, 11), joten yksi putki voi kestää minimissään 2250 tai maksimissaan 9 000 laukausta. Yhdysvallat on perustanut Puolaan huoltokeskuksia, joissa kuluneiden tykkien putkia vaihdetaan uusiin (New York Times, 2022). Ukrainasta on raportoitu ammutun jopa 20 000 laukausta yhdellä tykillä (Defence Express 2024).

## Tykistön käyttö Euroopassa ja Ukrainan sodassa

Kylmän sodan päättymisen jälkeen länsimaat alkoivat keskittyä enemmän kriisinhallintaan, jossa tykistön massamaisella tulella ei enää ollut merkitystä (Jackson 2010, 1). Enemmänkin korostui yksittäisten aseiden kyky vaikuttaa pistemaaleihin. Ukrainan kriisi vuonna 2014 Krimin valtaamisen jälkeen johti Ukrainan ja Venäjän väliseen konfliktiin, mikä aloitti uudestaan tykistön

massamaisen käytön ja roolin korostumisen (Ikonen 2016, 53). Useampi maa Euroopassa onkin aloittanut puolustusvoimiensa ja myös tykistönsä jälleenrakentamisen, kuten esimerkiksi Ruotsi, joka on nostamassa tykistönsä määrää 2010-luvun noin tusinasta vähintään 48:aan 155 mm Archer-panssarihaupitisiin (Janes 2023). Vuoden 2024 Military Balancen mukaan Euroopan tykistön pääkalustona on 155 mm tykit, joista tela- tai pyöräalustalla oli 1248 ja vedettäviä 634. Kreikalla on numeroiden valossa ylivoimaisesti suurin 155 mm kalusto, yhteensä 680 tykkiä. Suomella on 155 mm tykkeitä 161 kappaletta, joista 29 on panssarihaupitseja. Esimerkiksi Suomea paljon suuremman Englannin 71 panssarihaupitsin tykistö on kappalemäärältään Suomen tykistöä pienempi. Suomi on tehnyt päätöksen ostaa 96 kappaletta K9-panssarihaupitseja Etelä-Koreasta, mutta toimitukset ovat kesken.

Ampumatarvikkeiden osalta Eurooppa on ollut varautumaton kulutusotaan. Saksan tykistön ampumatarvikemäärä olisi 2023 riittänyt laskennallisesti kahden päivän sotaan (Times 2023). Englanti on määrittänyt, että yhden tykin tulisi kyetä ampumaan 300 laukausta päivässä ja varastoissa tulisi olla Naton vaatimusten mukainen 30 päivän kulutus (Tusa 2023). Tykkiä kohden olisi siis 9 000 laukausta, mikä on lähellä putken keston ylärajaa pienimmääläkin panoksella. Kokonaisvarasto olisi kerrottuna 2024 Military Balancen tykistömäärällä 71 yhteensä 639 000 laukausta. Naton sotilaskomentaja amiraali Bauerin mukaan tällä hetkellä on vaikeuksia hankkia 155 mm laukauksia jopa \$5000 (€4600) kappalehinnalla (Vig 2024) ja hän on myös sanonut, että 155 mm kranaatin hinta on nyt €8000, kun se ennen Ukrainan sotaa oli €2000. Hinnalla €4600 Englannille lasketun varaston määrän jälleenhankintahinta olisi noin €3 miljardia. Tusa (2023) saa Englannin varastolle hinnan €1,3mrd laskemalla 48 tykillä kahta rykmenttiä varten n. 430 000 laukausta hinnalla €3000. Jos Ukrainan kulutus olisi 200 000 laukausta kuukaudessa, niin maksaisi se Bauerin hinnalla noin €1 miljardia kuukaudessa.

Vuonna 2022 alkanut Venäjän laajamittainen hyökkäys, jossa se on ampunut tykistöllä jopa 60 000 laukausta päivässä, on jatkumoa kehitykselle, joka oli nähtävissä jo vuonna 2014 (RUSI 2023a, 11). Ukrainan päivittäinen ammuskulutus oli sodan alkuvaiheessa noin 9 000 päivässä (270 000 / kk), mutta joutuksen haasteista ampumatarvikkeiden hankinnassa se on laskenut noin 2000:een päivässä (60 000 / kk) kun rintamalinjan pituus kuitenkin on 2000 kilometriä (Ruokonen 2024).

Eurooppa on lahjoittanut Ukrainalle maaliskuuhun 2024 mennessä lupamastaan miljoonasta 155 mm kranaatista 500 000 (ERR 2024), mikä on 2,5 kuukauden tarve 200 000 kuukausikulutuksella. Yhdysvallat on puolestaan lahjoittanut sodan alusta maaliskuuhun 2024 mennessä yli kaksi miljoonaa 155 mm

ammusta (Department of Defence 2024). Ensimmäisen Ukrainan sotavuoden aikana Länsimaat lahjoittivat Ukrainalle ainakin 352 kappaletta 155 mm tykkiä (CSIS 2023). Military Balancen (2022) mukaan Ukrainalla ei ennen sotaa ollut 155 mm kalustoa, vaan 772 kappaletta 152 mm tykkiä. Luonnollisesti sodan aikana Ukrainan tykistöä on tuhoutunut, mutta tarkkoja lukuja tästä ei ole annettu julkisuuteen. Ukrainan 155/2 kaluston määräksi voidaan arvioida olevan tällä hetkellä korkeintaan noin 1000 kappaletta. Jos tämä kalusto ampui päivässä suomalaisen tuliannoksen verran, niin kulutus päivässä olisi 60 000 ja kuukaudessa 1,8 miljoonaa laukausta. Kun Ukrainan päivittäinen ammuskulutus sodan alussa ja myöhemmin suhteutetaan putkien määrään, niin päivittäinen kulutus on ollut keskiarvona sodan eri vaiheissa yhdellä tykillä 2–9 laukausta päivässä. Näiden lukujen valossa on selvää, että Ukrainan tulenkäyttöä rajoittaa ammusten määrä, vaikka oletettaisiin että osa tykistössä ei olisi rintaman läheisyydessä.

## **Materiaalituotannon tehostaminen**

### **Tuotannon kasvattamisen kysymykset liiketaloudessa**

Tehtaan tuotannon mahdollinen määrä voidaan käsitteellisesti jakaa kolmeen osaan (esim. Stevenson 2005; Slack ym. 2022): suunnittelukapasiteettiin, jolla tarkoitetaan suurinta tuotantomäärää, jota varten laitos on suunniteltu; käytettävissä olevaan kapasiteettiin, jossa suunnittelukapasiteetista vähennetään mm. kunnossapitoaika, laatuvirheiden vuoksi menetetty tuotanto ja tuotantotuot, kuten ruokailu; sekä todelliseen tuotantoon, jota rajoittaa myös kysynnän puute sekä materiaali- ja laiteviat. Laitoksen suunnittelukapasiteettia ei voi ylittää ilman laitoksen muuttamista esimerkiksi lisäämällä tuotantolaitteita. Käytettävissä olevaa kapasiteettia määrittää työaika, tuotevalikoima, henkilöstön osaaminen, materiaalien saatavuus sekä säännökset, kuten turvallisuusmääräykset (Stevenson 2005).

Liiketaloudellisesti tuotannon kapasiteettikysymykset voidaan jakaa strategisiin, taktisiin ja operatiivisiin. Slack ym. (2022) mukaan strategisella tasolla aikajänne on pitkä, vuosien ja kuukausien pituinen. Tällä tasolla kysymyksinä ovat tuotantolaitteiston määrä, tuotantoteknologia sekä pidemmät toimittajasopimukset. Taktisella tasolla aikajänne on vuosineljänneksiä ja kuukausia ja kysymyksinä henkilöstön kokonaismäärä sekä alihankinta. Operatiivisella tasolla aikajänne on viikkoja ja päiviä. Kysymyksenä on esimerkiksi missä järjestyksessä työt tehdään. (Slack ym. 2022)

Taktisen tason keinoja tuotannon kasvattamiseen ovat työtuntien lisääminen, lisätyövoiman palkkaamien ja siirtyminen useampiin vuoroihin (esim. Hopp & Spearman 2011), joilla päästään lähemmäksi suunnittelukapasiteettia. Vuorojen lisääminen on mahdollista vain siinä määrin, kun viikon 168 tunnista on tunteja vapaana. Prosessiteollisuus, kuten esimerkiksi kemian teollisuus, toimii yleensä kalliiden investointien vuoksi pääsääntöisesti 24/7, kun taas kapalettavaratuotanto toimii yleensä yhdessä tai kahdessa vuorossa viikonpäivinä. Yksinkertainen laskutoimitus, jossa tavallisen työviikon noin 40 työtuntia kasvatetaan viikon kaikkiin 168 tunteihin, on lähinnä teoreettinen. Käytännössä voidaan työajan lisäämisellä päästä ehkä käytettävissä olevan kapasiteetin kaksin- tai korkeintaan kolminkertaistamiseen.

Mikäli tuotantoa halutaan kasvattaa nykyisten tuotantolaitosten suunnittelukapasiteettia korkeammaksi, täytyy joko lisätä olemassa olevaan tuotantolaitokseen laitteita tai rakentaa kokonaan uusia tuotantolaitoksia, jotka tuotantostrategisina kysymyksinä ovat vuosien ja vuosineljännesten aikajänteen asioita. Kapasiteettia voi jonkin verran – tilanteesta riippuen – lisätä uusien koneiden ja laitteiden avulla. Myös toimittajien on voitava lisätä toimituksiaan, mikä ei välttämättä onnistu, jos kaikkialla kapasiteetti on kovan kysynnän myötä täyskäytössä, kuten nyt on ampumatarviketuotannossa. Tuotantoa ja tilaa varten suunniteltujen ja valmistettujen koneiden ja tuotantolinjojen toimitusajat ovat pitkiä. Kokonaan uuden tuotantolaitoksen suunnittelu, rakentaminen ja käyttöönotto on vieläkin pidempi hanke. Uuden tuotantolaitoksen rakentamisessa ei toisaalta jouduta huomioimaan vanhan tuotannon eri rajoitteita, vaan voidaan suunnitella tuotantokapasiteetti vastaamaan tarvetta ja siten moninkertaistamaan, kuitenkin laite- ym. teknisten rajoitteiden puitteissa.

## **Uuden tuotantolaitoksen rakentamisen kesto**

Tarkempaa liiketaloudellista tietoa tehdasprojektien kestosta on yllättävän niukasti. Liiketalouden puolella kysymystä voidaan pitää turhan yleisenä, sillä kysymykseen vastataan kussakin yksittäistapauksessa tekemällä projektisuunnitelma ja -aikataulu. Varsin yleisellä tasolla tällainen projektisuunnitelma sisältää tontin hankinnan, suunnittelun, toimittajasopimusten teon, rakentamisen ja asennukset sekä henkilöstön palkkaamisen ja koulutuksen (esim. Werner & Hawranek 1991; Koeva 2000).

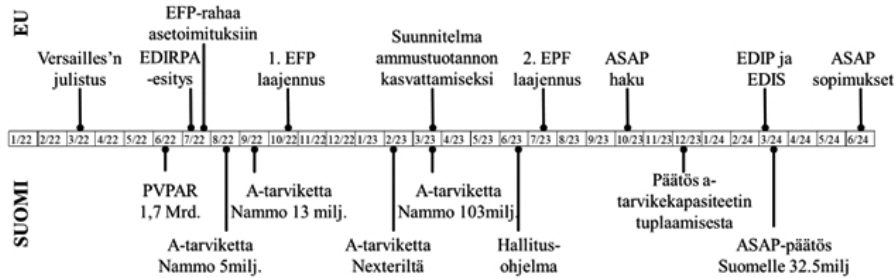
Taloustieteen piirissä tämä kysymys on sikäli merkittävä, että yleinen tuotantokapasiteetin lisäämisen kesto – englanniksi *time-to-build* – liittyy taloudellisten suhdanteiden teoriaan. Kydland ja Prescott (1982) esittivät, että juuri

kapasiteetin kasvattamiseksi avulla saadaan talousmallin suhdannevaihtelut vastaamaan toteutunutta. Heille myönnettiin Nobelin palkinto vuonna 2004 suhdanteita käsittelevästä mallinnuksesta. Kydland ja Prescottin mukaan taloustieteessä nähdään, että erikoistuneita resursseja, kuten tuotantolaitosta, ei voida lyhyellä tähtäyksellä siirtää kokonaan toiseen tarkoitukseen, vaikka pidemmällä tähtäyksellä resurssit olisivatkin joustavia. He arvioivat artikkelissaan, että ”tyypillinen tehtaan rakentamisaika lienee noin kaksi vuotta”.

Koeva (2000) on sittemmin selvittänyt tehdasprojektien kestoa eri toimialoilta. Aineisto sisälsi 106 eri toimialojen tuotantolaitosten rakentamisen aloitusta ja valmistumista koskevaa uutista. Koevan mukaan uuden tehtaan rakentaminen kestää keskimäärin 21 kuukautta. Vaihtelua toki oli yksittäisissä projekteissa, mutta eri toimialojen keskiarvojen välillä erot olivat pääsääntöisesti pieniä. Vain voima- ja vesilaitosten rakentamisen kesto oli huomattavasti pidempi, yli seitsemän vuotta. Laitoksen koko vaikutti jonkin verran, sillä \$100 miljoonan lisäys kustannuksiin pidensi kestoa keskimäärin 2,4 kuukautta. Esiselvitysvaihe ei ollut mukana heidän laskelmissaan, vaan raportoitu kestoalko alkoi rakentamispäätöksestä. Koevan mukaan pitkä kesto ja sen vähäiset nopeutusmahdollisuudet johtuvat sekä rakentamisen useista perättäisistä tehtävistä että myös toimittajien sitomisesta sopimuksien avulla kokonaisuukauteen. Niin ikään julkisiin ilmoituksiin pohjautuvalla 265 puolijohdetehtaan rakentamista koskevassa tutkimuksessa Salomon ja Xavier (2008) päätyivät hieman pidempään keskimääräiseen rakentamisaikaan 28 kuukautta. Heidän perusteensa pitkään keston olivat samat kuin Koevalla.

Koevan (2000, 7) mukaan tuotantolaitoksen rakentamisen kestoa koskevia tutkimuksia on hyvin vähän, sillä luotettavan aineiston kerääminen julkisista ilmoituksista on sekä vaikeaa että aikaa vievää. Himmelberg ym. (2005) selvittivät italialaisten yritysten tilinpäätösten perustella rakentamisaikaa ja päätyivät noin 2–3 vuoden keston. Öljynjalostamojen rakentamista koskevassa tutkimuksessa Merrow (2012) tarkasteli projektin nopeuttamista. Hän päätyi siihen, että aikataulun nopeuttaminen yli 15 % johti kustannusten kasvuun keskimäärin 42 %:lla, mutta nopeutetun aikataulun pitäminen onnistui vain 41 %:ssa, mikä osoittaa nopeuttamisen olevan hyvin vaikeaa. Yllämainittujen aikamäärien kohdalta on otettava huomioon se, että ne eivät sisällä investointipäätöksen julkistamista edeltävää esisuunnittelua, joka sekkin on usein huomattavan pitkä.

## Puolustusteollisuuden kehittäminen EU:ssa ja Suomessa



Kuva 3. EU:n ja Suomen kansalliset ampumatarviketuotannon ja -kapasiteetin kasvatusoimet.

Venäjän Ukrainan hyökkäyksen vastatoimena EU:n valtionjohtajat sitoutuivat jo reilun kahden viikon päästä aggression alkamisesta, 11. maaliskuuta 2022, Versailles'n julistuksella kehittämään unionin puolustusteollisuutta sekä lisäämään puolustusmenojaan merkittävästi (Euroopan unionin neuvosto, 2023b). Suomen hallitus esitti vuoden 2022 II lisätalousarviossa 25. toukokuuta 1,7 miljardin PVPAR2022 tilausvaltuutta Puolustusvoimien materiaaliseen kehittämiseen sekä vuoden 2022 talousarvioon 490 miljoonaa toimintaympäristön muutoksesta johtuviin materiaalihankintoihin. EU:n komissio ehdotti asetusta Euroopan puolustusteollisuuden vahvistamisesta yhteistoiminnallisten hankintojen avulla koskevan välineen perustamisesta (EDIRPA) heinäkuussa 2022, mutta vasta seuraavan vuoden kesäkuussa neuvosto ja parlamentti pääsivät yhteisymmärrykseen (Euroopan unionin neuvosto 2023b). EDIRPA:n 300 miljoonan euron budjetilla tuetaan korkeintaan 20 prosentilla vähintään kolmen jäsenvaltion yhdessä tekemiä puolustushankintoja. Haku aika päättyi 27. heinäkuuta 2024 (Euroopan parlamentti 2023b).

Orpon hallitusohjelmassa kesältä 2023 on kirjattu tavoite kasvattaa kotimaista ammustuotantoa ja pyrkiä maksimoimaan EU- ja NATO-jäsenyyksien tarjoamat yhteistyömahdollisuudet (Valtioneuvosto 2023c 172, 173). Puolustusministeri Häkkinen päätti 12.12.2023 raskaan ampumatarvikkeen tuotantokapasiteetin kaksinkertaistamisesta lisäämällä kotimaista panostuotantoa, ruutituotantoa ja lataamokapasiteettia ja kun niiden arvioidaan valmistuvan vuosien 2026 ja 2027 aikana (Valtioneuvosto 2023d), niin kesto aika on kahdesta neljään vuotta.

Maaliskuussa 2023 Euroopan Unionin neuvosto julkisti suunnitelman Ukrainan ammustoimitusten nopeuttamiseksi. Suunnitelma koostuu EU:n varastoissa olevien ammusten toimittamisesta, jäsenmaiden yhteisostoista sekä tuotantokapasiteetin kasvattamisesta. EU:n jäsenmaat lupasivat toimittaa miljoona

155 mm tykistöammusta vuodessa, (Euroopan unionin neuvosto 2023a, 2-3.) joista puolet luvatusa miljoonasta ammuksesta oli vuoden jälkeen toimitettu (Euractiv 2024). Komissio julkisti lokakuussa 2023 €500 miljoonan ampumatarvikkeiden ja ohjusten tuotantokapasiteetin kasvattamishojelman nimeltä ASAP, jonka kokonaismäärä yhdessä jäsenmaiden rahoitusosuuden kanssa on €1,5 miljardia (Euroopan parlamentti 2023a, 2-4). Rahoitusta myönnettiin 31 hankkeelle. Rahoista noin puolet, €248 miljoonaa kohdistettiin ruudin ja noin neljäsosa, €124 miljoonaa räjähteiden valmistuskapasiteettiin. Esimerkiksi Rheinmetall sai tukea hankkeelta yli €115 miljoonaa. ASAP-ohjelmalla lisätään kapasiteettia ruutituotannossa yli 10 000 tonnilla ja räjähteissä yli 4 300 tonnilla vuodessa. (Euroopan komissio 2024.) Jos tonnit muutetaan kappaleiksi täyspanoksen painolla 16 kg ja kranaatin räjähdysainemäärällä (n. 10 kg), lisätään ruutikapasiteettia 625 000 täyspanoksen verran ja räjähdetuotantoa 430 000 kranaattia varten. Suomelle myönnettiin €32 miljoonaa, josta Nammo Lapualla kuorituotantoon €22,5 miljoonaa ja Nammo Vihtavuorelle €10 miljoonaa ruuti- sekä nitroselluloosatuotannon kasvattamiseksi (Valtioneuvosto 2024a, Euroopan komissio 2024). Maaliskuussa 2024 komissio hyväksyi myös ensimmäisen Euroopan puolustusteollisuuden strategian (EDIS). Strategiassa esitetään Euroopan puolustusteollista ohjelmaa (EDIP). Ohjelmalle ehdotetaan €1,5 miljardin budjettia Euroopan puolustusrahastosta. (Euroopan parlamentti 2024, 1-2.)

Taulukko 1. Investointeja eurooppalaiseen ampumatarviketuotantoon. Viitteet lähdeluettelossa.

Aika	Maa	Yritys	Hinta	Tuote	Kesto (v)
8/2022	Suomi	Nammo	33M€	nallit	3-5
1/2023	Unkari	Rheinmetall	>100M€	RDX	4
2/2023	Ranska	Eurengo	?	räjähteet	2
5/2023	Ranska	Eurengo	?	nitroselluloosa	?
7/2023	Englanti	BAE	£280M-£400M	155mm	2-3
1/2024	Englanti	BAE	?	155mm	?
1/2024	Norja	Nammo	95M€	a-tarvike	?
2/2024	Unkari	Rheinmetall	300M€	RDX, 155mm	1-4
3/2024	Espanja, Saksa	Rheinmetall	?	ruuti	?
3/2024	Ruotsi	Nammo	27M€	155mm	?
4/2024	Ranska	Eurengo	500M€	ruuti	2
4/2024	Liettua	Rheinmetall	>20-30M€	155mm	?

Taulukkoon 1 on koottu julkisia ilmoituksia eurooppalaisista ampumatarviketeollisuuden investoinneista. Voidaan huomata, että taulukossa 1 investoinnit lähtevät merkittävämmiin liikkeelle kesästä 2023 ja kiihtyvät vuonna 2024. Investointien ilmoitettu kesto vaihtelee, mutta keskiarvo on hieman vajaa kolme vuotta.

Merkittävänä yksittäisenä toimenä voidaan nostaa esiin Saksan pääostajana yhdessä Hollannin, Viron ja Tanskan kanssa 20.6.2024 solmima €8,5 miljardin puitesopimus 155 mm ampumatarvikehankinnoista Rheinmetallilta. Kaikki komponentit tehdään Saksassa Unterluessissa. Toimitukset alkavat 2025 ja tuotanto saavuttaa täyden 200 000 kappaleen vauhdin 2026. (Rheinmetall 2024.)

## Teemahaastattelujen toteutus ja analysointi

Kotimaisen puolustustarviketeollisuuden ja erityisesti 155 mm ammusten tuotannon kasvattamisen edellytyksiä, menetelmiä ja toimenpiteiden aikajänteitä selvitettiin haastattelujen avulla. Haastateltavat edustivat Puolustusvoimia, kotimaista puolustusteollisuutta sekä puolustusministeriötä. Tällä pyrittiin monipuoliseen kuvaan eri toimijoiden näkemyksistä. Haastattelut kohdennettiin henkilöihin, jotka toimivat merkittävässä roolissa Ukrainan sodan alkamisen jälkeisenä aikana sekä omasivat pitkän kokemuksen organisaatioissaan. Haastateltavia oli kolmelta eri taholta: Puolustusministeriön resurssipoliittisen osaston edustaja, Puolustusvoimista Logistiikkalaitoksen yli-insinööri, Räjähdekeskuksen edustaja sekä Pääesikunnassa työskentelevä kenraali ja teollisuuden edustajina kaksi johtajaa sekä Patrian Hämeenlinnan toimipisteestä että Forcit Oy:stä. Puolustushallinnon haastatteluissa mainittiin myös joitain turvaluokiteltuja asioita, joita ei voida tässä kirjoituksessa käsitellä. Henkilöiden nimiä ei tuoda esille. Tällä suojataan luottamuksellisuus. Luottamuksellisuudella saavutettiin todennäköisesti vuorovaikutustilanne, jossa haastateltavat pystyivät avoimemmin vastaamaan esitettyihin kysymyksiin. Haastatteluihin viitataan koodeilla H1-H6.

Haastattelut olivat puolistrukturoituja teemahaastatteluja. Eri haastateltavilla tahoilla oli henkilöiden asiantuntemukseen etukäteen arvioituna sovitut teemat, mutta silti eri tahojen näkemykset painoutuivat ko. haastattelukohteen paremmin tuntemiin teemoihin toisten jäädessä vähemmälle. Haastattelujen teemat lähetettiin etukäteen jokaiselle haastateltaville. Haastattelut toteutettiin 4.4.–3.6.2024 ja niiden kesto vaihteli 54:stä 84 minuuttiin. Haastatteluista viisi suoritettiin haastateltavien organisaatioiden osoittamissa tiloissa ja yksi käyttäen hyväksi videopuhelujärjestelmää. Kaikki haastattelut nauhoitettiin

ja litteroitiin. Litteraatit luettiin useita kertoja läpi, minkä jälkeen sovellettiin tekstianalyysia ja teorialähtöistä sisällönanalyysia.

## **Haastattelujen tulokset**

### **Lähtökohdat**

Tietojen julkisuuden osalta yksittäisen hankintasopimuksen hinta ja kappalemäärä eivät ole julkisia. Sen sijaan valtion rahankäyttö ja tilausvaltuudet ovat julkisia (H3). Tuotannon tehostamisen kaksin- tai viisinkertaistumisesta voi puhua, kunhan ei lähtö- eikä loppulukua saa selville (H2, H3). Lisäksi on tärkeä huomata ero tuotannon eli todellisen tuotantomäärän ja kapasiteetin eli täydellä teholla saavutettavissa olevan tuotannon välillä (H2, H3, H4).

EU:ssa ampumatarviketarviketuotanto on yksityisessä omistuksessa, missä Puolustusvoimien Räjähdekeskus (lataamot) on poikkeus. Sen sijaan USA:ssa tuotanto on julkisessa omistuksessa. Lisäksi USA:ssa on erillinen asetus puolustustuotannosta (Defence Production Act), joka mahdollistaa puolustustuotannon priorisoimisen, jota Suomessa ei voi tehdä. (H4.) Kotimaisen ampumatarvikeyritysten kohdalla valtio haluaa ankkurinomistajuuden kautta varmistaa tuotannon Suomessa (H3, H4) sekä Puolustusvoimille taatun, edullisen hinnan, jonka lisäksi on voitonjakosopimus. Niinpä Puolustusvoimat ei maksa maailmanmarkkinahintaa vaan takuuhinnan. (H3.)

Ennakkovarautumisen merkitys on Suomessa keskeistä niin tuotantokapasiteetin kuin materiaalienkin osalta. Valtioneuvoston strategisella tasolla on linjattu, että Suomen ylläpitää kotimaista puolustuksen kriittisten kulutusmateriaalien tuotantoa, eli lähinnä ruutia ja ampumatarviketuotantoa (H4). Kotimaisten valmistajien Nammo Lapuan ja Nammo Vihtavuoren kanssa on tehty strateginen kumppanuussopimus, jonka pohjalta on annettu työkuormaa ylläpitämään tuotantokykyä. Ennen Ukrainan sotaa kapasiteettia käytettiin lähinnä korvaamaan koulutuskäytössä poistuvaa materiaali. (H4.) Valtio on Huoltovarmuuskeskuksen (HVK) kautta vuosikymmenien varrella sijoittanut Nammoon ja muihin yrityksiin kymmeniä tai jopa yli sata miljoonaa euroa (H3). Tuotanto oli paljon alhaisempaa kuin kapasiteetti. Suomi oli varautunut myös raaka-aineiden ja komponenttien varmuusvarastojen avulla. (H4.) Suomi pystyi nopeasti kasvattamaan tuotantoa, koska Suomessa ei ollut raaka-aingelmaa (H3).

## Valtiovallan päätöksenteko

Loppuvuodesta 2021 ja entistä selkeämmin alkuvuodesta 2022 näytti siltä, että Venäjä suunnittelee jotain muuta kuin pelkkää voimankäytön harjoittelua lähi-alueilla. Sen vuoksi Suomessa käynnistettiin suunnittelu siitä, mitä varastotäydennyksiä tarvitaan muuttuneessa turvallisuusympäristössä. Suomen kannalta merkittävää oli, että Saksa päätti julkisesti tukea Ukrainaa sekä panosti omaan puolustukseensa. (H4.)

Sodan alun jälkeen jo keväällä 2022 alettiin selvittää, miten ampumatarviketuotantoa voidaan kiihdyttää nopeasti. Ei välttämättä tiedetty, missä ovat tuotantoa nostettaessa pullonkaulat. Ensimmäinen prioriteetti oli panostuotanto, jossa tuotanto oli vähäistä eikä panoksia ollut säilyvyyden takia yhtä paljon varastossa kuin esim. kranaatin kuoria. (H2.) Kesäkuussa 2022 hyväksyttiin lisätalousarvio, joka oli vastaus muuttuneeseen turvallisuusympäristöön. Rahoituksella hankittiin kriittisiä materiaaleja Suomen varastoihin, eikä se liittynyt mitenkään Ukrainaan toimitettavaan apuun. (H4.) Puolustusvoimien sisällä (lataamot) voidaan toimintamenojen kohdistamisella lisätä työvoimaa (H3). Omaa henkilöstöä lisättiin jo vuoden 2023 alussa (H2). Puolustusvoimien sisäiset päätökset tuotannon kasvattamisesta työvoimaa lisäämällä heijastelivat mahdollisesti nopeampaa, uhkaperusteista toimintaa (H4). Maaliskuussa 2023 I lisätalousarviolla tuli puolustushallinnolle ensimmäinen 187 miljoonan rahoituspäätös, jotka mahdollisti tilaukset teollisuudelta (H1, H2). Rahoitus mahdollisti henkilöstön palkkaamisen Puolustusvoimiin, tilaukset Nammolle sekä muutamia muita tilausta. Rahoituspäätöksestä oli keskustelu jo vuosi. (H3.) Joulukuun 12. 2023 tehtiin Suomessa PLM:n päätös investoinneista tuotannon kasvattamiseen (H1, H2, H4).

*(Investointi)päätöksien valmistelu kestää valitettavankin kauan. Valmisteluun liittyy: pitää katsoa haun ehdot, käydä keskustelu rahoituksesta. Investointipäätökset eivät ole herkkiä yksittäisille sodan tapahtumille vaan yleiskuvulle. Päätökset 2023 perustuivat näkemykseen, että sota kestää pitkään ja rauhan edellytykset eivät ole lähellä. (H4.)*

*Suurin hidaste oli rahoituksen järjestäminen ja siihen tarvittavien päätösten hitaus. Tuotanto olisi voinut toimia nopeammin. ... Sotatalous on hyvin yksinkertaista: ainoa kysymys on raha, koska rahalla saa kaikkia resursseja. (H3.)*

Puolustusvoimat saa rahoituksensa valtion budjetista ja valtio päättää palautusten hakemisesta Euroopan rauhanvälineestä. Rauhanvälineen palautukset ovat kotimaisesta tuotantokapasiteetista erillinen asia, joilla on korkeintaan löyhä

liittymä toisiinsa. Kevään 2024 tuotantotaso saavutettiin jo 2023 maaliskuun – toukokuun välisenä aikana, jolloin ei ollut vielä saatavissa EU-rahoitusta. (H3.) Euroopassa kapasiteetin ja tuotannon kasvatuspäätökset ovat olleet kansallisia (H3, H4). EU rahoittaa investointeja, joskin tuotantotaso on tällä hetkellä pienempi kuin kapasiteetti (H3). ASAP on pelkkää teollisuudelle annettavaa investointitukea, jonka 500 miljoonan rahoitus otettiin olemassa olevasta monivuotisesta rahoituskehystä (H4), eikä sillä vielä varsinaisesti tuoteta yhtään kranaattia.

### **Päätöksenteko yrityksissä**

Tykistön ampumatarvikkeita tuottavien yritysten asiakkaat ovat valtioita. Yritykset puolestaan tavoittelevat voittoa. Investointipäätökset perustuvat tuotto-odotuksiin ja riskeihin; suuremmilla tuotoilla voidaan ottaa vastaavasti myös suurempia riskejä. Pidemmälle tulevaisuuteen taattu kysyntä vähentää investoinnin riskejä ja sitä kautta mahdollistaa investoinnin pienemällä tuotteen ennakoidulla kappalehinnalla.

Yksityiset toimijat eivät tee ampumatarvikkeita omalla riskillä (H2, H3). Kun aset hiljenevät ja varastot ovat täynnä, ei räjähteille ole kysyntää. Mikä on tilanne räjähdemarkkinoilla, jos sota päättyy ja haluavatko poliitikot maksaa kapasiteetin ylläpidosta siinä tilanteessa? Viimeksi (10–20 vuotta sitten) eivät halunneet. Entä mikä on tilanne markkinoilla viiden vuoden päästä, jos useimmat toimijat rakentavat lisää kapasiteettia? Yritykset eivät investoi satoja miljoonia ilman jotain takuita siitä, että saavat ainakin omansa pois. (H5.) Tuotannon kasvattaminen esimerkiksi kymmenkertaiseksi on myös vaikeaa rahoitusmielessä esimerkiksi materiaalitoimittajien ennakkomaksujen vuoksi. Ampumatarviketuottajat ovat melko pieniä toimijoita, joille investointirahoituksen saaminen ei ole helppoa. (H4.)

### **Tuotannon kasvattaminen työvoimaa lisäämällä**

Vuoden 2022 alussa oltiin todella kaukana maksimikapasiteetista ja silloin oli käynnissä vain osaamista säilyttävä ylläpitotuotanto (H3). Räjähdekeskuksen lataamo toimi aluksi yhdessä vuorossa arkipäivinä (H1). Kun puhutaan merkittävästä tuotannon kasvattamisesta, niin työvoimaa lisäämällä voitiin siirtyä toukokuussa 2022 kahteen vuoroon (H2, H3). Panostuotanto on kaksinkertais-tettu (3/24) ja tullaan kolminkertaistamaan (8/24) siirtymällä kahteen vuoroon sekä lisäämällä kapasiteettia. Panostuotanto on työvoimavaltaista pussitusta ja

ompelua. (H2.) Tuotantoa voitaisiin vieläkin lisätä siirtymällä kolmeen vuoroon ja sitten keskeytymättömään 5-vuorotyöhön (H1). Nopea tuotannon kasvattaminen Suomessa onnistui työvoimaa kasvattamalla sekä komponenttien raaka-ainevarastojen ansiosta (H4). Nopeimmillaan voitiin vuokratyövoiman avulla kahdessa kuukaudessa lisätä tuotantoa (H1).

Standardoidun tuotteen tuotantoa voidaan lisätä vain silloin, kun tuotetta ei jo tehdä ympärivuorokautisesti 24/7 (H5). Lisäksi tarvitaan myös raaka-aineita (H5) eli toimivia alihankintaketjuja (H1). Ilman näitä rajoitteita tuotannon kaksinkertaistamista kuudessa kuukaudessa pidettiin mahdollisena (H5, H6). Rekrytointi ja kouluttaminen vie noin kuusi kuukautta (H6), kun alueelta löytyy työvoimaa (H5). Turvallisusselvitykset voivat kestää viikosta kymmeneen viikkoon (H6).

### **Kapasiteetin kasvattaminen investoinneilla**

Joissain määrin ja tapauskohtaisesti kapasiteettia voidaan kasvattaa lisäämällä nykyisiin tiloihin koneita tai parantamalla niitä. Lataamokapasiteetti voitiin kolminkertaistaa yksittäisenä toimena uuden ei-julkisen prosessin avulla (H3). Räjähdevalmistuksessaakin kapasiteettia kasvatettiin kehittämällä prosessia (H2). Juuri nyt, kun kaikki ovat lisäämässä kapasiteettia, laitteiden toimitusajat voivat olla pitkiä. Vuosi on minimi keskeisen, tarkkojen laatuvaatimusten tuotantolaitteen toimitusajalle, jonka päälle tulevat vielä asennukset, koeajot ja hyväksynät. (H5.) Nykyisten tilojen hyödyntäminen johtaa myös rajoitteisiin. Patrialla ajoneuvotuotantoa kasvatettaessa kaksinkertaiseksi materiaaleja ei mahtuisi enää tuotantotiloihin, vaan pitää olla erillinen logistiikkakeskus. Forcitin kohdalla osalta puhutaan maksimissan ehkä viisinkertaistamisesta, joka sekun voi jo vaatia uusia tiloja.

Ruuti- ja räjähdetuotannon erityispiirteenä on räjähdeturvallisuusmääräykset. Jokaisessa rakennuksessa on tietty määrä räjähteitä, jota ei saa ylittää (H1, H3). Jos toiminnan kasvattaminen edellyttää alueella olevien räjähtävien raaka-aineiden tai tuotteiden määrän kasvattamista, tämä muodostaa rajoituksen tuotannon kasvattamiselle (H3, H5). Greenfield-projektissa uudelle tontille myös viranomaislupaprosessi vie aikaa (H5).

*Teollisuudessa ei ole koskaan tehty tilavarauksia viisinkertaiselle tuotannolle. Jos olisi näkemys viisinkertaistamisesta, niin se olisi suunniteltu. (H5)*

Uudelle tontille tehtävä tuotantolaitos voidaan suunnitella haluttuun tuotantomäärään, koska olemassa olevat tilat eivät muodostu rajoitteeksi. Tämä

mahdollistaa, ainakin periaatteessa ja muiden rajoitusten, kuten rahoituksen, puitteissa vaikka kuinka paljon suuremman kapasiteetin. Kestoltaan tämä on kuitenkin kaikkein pisin vaihtoehto.

Tehdasinvestointi on minimissään kolme vuotta, ennemmin neljä (H1). Patrian kevään 2024 selvityksen mukaan uuden tuotantotilan rakentamispäätöksestä ja urakkasopimuksesta tuotanto on käynnissä uudessa tuotantotilassa noin 2,5 vuoden päästä. Aikaa vievät mm. tontin perustustyöt, tiestön rakentaminen sekä kalustotoimittajien toimitusajat. TNT-tehtaan perustaminen Euroopassa kestää nopeimmillaankin 2–3 vuotta ja USA:ssa päätöksestä tuotannon käynnistymiseen arvioidaan olevan 4–5 vuotta (H2). Olemassa olevan laitoksen luvan päivittäminen on helpompi prosessi kuin uuteen tehtaaseen haettava uusi lupa. Vanhalla luvalla saa jatkaa valitusprosessin läpi. Jos taas lupaa ei ole – kuten uudessa tehtaassa ei ole – niin ei ole lupaa aloittaa toimintaa valitusprosessin aikana. (H5.)

Nämä ajat eivät sisällä investointipäätöksen valmistelun aikaa. Investointipäätöstä tukeva esiselvitys kestää helposti puoli vuotta, jotta päästään riittävän tarkalle tasolle päätöstä varten (H6). Jos aluesuunnittelua aletaan vasta tekemään, niin tuotannon käynnistymiseen tulee lisäaikaa puolesta vuodesta vuoteen, verrattuna tilanteeseen, jossa investointisuunnitelmat olisivat valmiina (H5).

*Alkuperäiseen kysymykseen ajasta: on paljon olettamuksia ja arvauksia mm. mitä ollaan tekemässä ja mitä aineita käsittelemässä: greenfield-projektille kuitenkin investointipäätöksestä toimintaan kolme vuotta on minimi. Voi myös kestää pidempään. (H5.)*

## **Toimittajat ja tuotannon tehostamisen pullonkaulat**

Toimitusketju 155 mm laukauksen tuotannossa on monimutkaisempaa kuin työvoiman lisääminen. Toimittajia on viisitoista ja kaikkia firmoja ja osakomponentteja tarvitaan (H3). Kun tuotantoa lähdetään moninkertaistamaan, pullonkauloja voi löytyä kaukaakin toimitusketjusta vaikkapa joku raaka-ainetoimittaja (H1). Kuorituotannossa on vapaata kapasiteettia (H2) ja tuotantoa voitaisiin lisätä työaikaa lisäämällä (H3). Ongelmallisempia ovat esim. ruuti ja sen komponentit, joiden tuotantoa ei voida lisätä työaikaa lisäämällä, koska toiminta on jo nyt lähempänä 24h/7vrk (H3). Merkittävä haaste ovat myös räjähteet ja TNT (H4). Sytytintarve on niin pieni, ettei Suomeen kannata perustaa sytyttimille kotimaista tuotantoa, eikä saatavuus ole ongelma sytyttimissä (H3). Ennen Ukrainan sotaa Suomi oli varastoinut hyvin kaikkia a-tarvikkeen komponentteja: kranaatin kuoria, TNT:tä (räjähde), ruutia ja sytyttimiä. Näiden

avulla voitiin tuotantoa lisätä nopeasti. (H3.) Pidemmällä aikajaksolla räjähdetarastot kuitenkin aikanaan loppuvat tuotantoa tehostettaessa. Samoin panostuotannon kapasiteetti tulee hieman sen jälkeen vastaan. Varastojen puute pitää myös ratkaista tuotantoa kasvatettaessa. (H2.)

*Suomella oli tuotannon kasvattamisessa suuri reagointinopeus tuotannon kasvattamiseen verrattuna muihin länsimaihin. Tämä johtuu siitä, ettei muualla (pl. suurvallat) ole huoltovarmuusajattelua. (H2.)*

## **Räjähteiden saatavuusongelmat**

TNT:llä ei ole länsimaissa siviilikäyttöä (H2, H5). Suomella ei ole omaa TNT-tuotantoa tällä hetkellä. Euroopassa on vain yksi TNT-laitos Nitrochem Puolassa. USA:ssa ei ole omaa kansallista TNT-tuotantoa, mutta he ovat investoimassa siihen. (H4.) Länsimaissa on tällä hetkellä pulaa energieettisistä materiaaleista. TNT on lopussa kaikilta. (H1, H2, H4.) Heksogeenipohjaiset (epäherkät) räjähdysaineet ovat tällä hetkellä karkeasti viisi (H5) tai jopa kymmenen kertaa TNT:tä kalliimpia (H3). Räjähdysaineen vaihto edellyttää myös hyväksyttämistä koeammuntoineen, sillä laukausyhdistelmä on hyväksytty kokonaisuutena (H3).

Forcitin haastateltavat kertoivat kotimaisesta TNT-tuotannosta, että se lopetettiin vuonna 2005. Pääasiakas Puolustusvoimat ilmoitti lopettavansa ostot. TNT-tuotannon uudelleen perustaminen olisi kallista eikä ole ollut asiakkaita. Tasaisin väliajoin on saatu kyselyjä TNT-tuotannon aloittamiseen, mutta laskelmien jälkeen asiakkaiden kiinnostus ei ole riittänyt. Kustannusarvio TNT-tehtaalle on vähintään €100 miljoonaa (H2).

TNT-tuotannon käynnistäminen on iso tehtävä eikä vähiten ympäristömielissä. Punavesi on yksi kysymys, mutta sitä voidaan polttaa. Muitakin haasteita on. (H5.) Tarvitaan isoja määriä kemikaaleja, kuten rikkihappoa, oleumia ja typpihappoa, joilla on erittäin pitkät toimitusajat (H3). Raaka-ainetta pitää varastoida huomattavasti enemmän kuin normaalissa tuotannossa, joten tarvitaan myös enemmän pääomaa toimintaan (H5). Kevään 2023 jälkeen ei ole saatu hankittua TNT:tä. Kotimaisen TNT-tuotannon valmistelu aloitettiin kesäkuussa 2023, mutta valmistelu ei ole vielä konkretisoitunut päätökseksi asti. Suunnitelmat ovat pitkällä, mutta rahoituspäätös puuttuu. Tehtaan kapasiteetin osalta takuuhintajärjestelmä aiheuttaa neuvotteluja. Kun tehdään päätös TNT-tehtaan perustamisesta, niin noin kahden vuoden kuluttua se tuottaa jotain. (H3.)

## Pohdinta

Nopein tuotannon kasvattamisen keino on tuotantolaitoksen käyttöajan lisääminen työvoimaa ja työvuoroja lisäämällä. Teoriassa puhuttiin vain kuukausien aikajänteestä, mutta haastateltavat arvioivat karkealla tasolla tuotannon kaksinkertaistamisen kestävästi työvoimaa lisäämällä puolisen vuotta. Jotain lisäystä tuotantoon saatiin nopeamminkin vuokratyövoiman avulla. Tilannekohtaiset tekijät, kuten turvaselvitysten kesto, koulutusvaatimukset sekä osaavan työvoiman saatavuus alueella mainittiin nopeuteen vaikuttavina tekijöinä. Tietenkin tuotantomäärän pitää olla kaukana laitoksen suunnittelukapasiteetin määrittämisestä ylärajasta; iltavuoron voi lisätä vain kerran. Prosessiteollisuudessa, mitä kemian teollisuus yleensä on, toimitaan yleensä lähellä suunnittelukapasiteettia ja siten tuotannon lisääminen työvoiman avulla on hyvin rajallista.

Työvoiman lisäksi voidaan jossain määrin lisätä tuotantoa investoimalla lisää nykyisiin tiloihin. Räjähdekeskuksen lataamossa oli kehitetty tuotantoprosessia, joka edellyttää investointia. Panosten valmistuksessa oli työvoiman lisäksi myös lisätty tuotantolinjoja, sillä ompelun ja pussituksen edellyttämät laitteet, ompelukone ja vaaka, ovat yleisiä ja siten nopeasti saatavissa olevia laitteita. Tavallisemmin koneet tehdään tilauksesta ja niiden toimitusaika voi hyvinkin olla vuoden pituinen, kuten eräs haastateltava mainitsi. Tuotannon lisäämismahdollisuudet nykyisissä tiloissa ovat luonnollisesti erittäin tapauskohtaisia. Kuitenkin haastatteluissa tuotannon viisinkertaistaminen normaalitasoon verrattuna mainittiin ehkä mahdollisena ennen kuin materiaalivirrat viimeistään muodostuvat esteeksi. Räjähdysherkkien tuotteiden kohdalla turvallisuusmääräykset rajoittavat tarkasti materiaalien määrää nykyisissä tiloissa ja muodostavat ammustuotannossa ylärajan tuotannon kasvattamiselle.

Kokonaan uuden tuotantolaitoksen tai -laitosten rakentaminen mahdollistaa kapasiteetin kasvattamisen ilman vanhojen tilojen ja koneiden rajoitteita. Suunnittelukapasiteettia voidaan kasvattaa periaatteessa rajatta, mutta tietysti ennakoitun kysynnän tai tuotantotarpeen ja rahoituksen puitteissa. Tämä kuitenkin vie aikaa: keskimäärin noin kaksi vuotta investointipäätöksestä aikaisempien tutkimusten perusteella. Vaihtelua esiintyi, mikä tarkoittaa tapauskohtaisuutta. Teorian perustella rakennusprojektiä ei oikeastaan voi nopeuttaa. Investointipäätöksen pohjalle tarvittava ja sitä edeltävä esiselvitys vie haastattelujen mukaan noin puoli vuotta. Niinpä kesto tarpeesta tuotannon käynnistymiseen uudessa tehtaassa vie yli kaksi vuotta. Haastateltavien arviot kolmesta vuodesta ovat samankaltaisia samoin kuin taulukossa 1 ilmoittelujen ampumatarviketuotantoinvestointien kestot.

Johdannossa kerrottiin, että koronaepidemian aikana voitiin hyvinkin nopeasti – puolessa vuodessa – lisätä tuotantoa ja poistaa hoitotarvikepula. Müller

et al. (2023) tutkimuksessa keinoina oli työvoiman lisäämisen ja jopa ympäri-vuorokautisen tuotannon lisäksi myös Saksan investointituki, kasvomaskien nopeutettu hyväksymismenettelyjen sekä tuotteiden vaatimusten helpottaminen. Ennen kaikkea olemassa olevia tuotantolaitoksia voitiin vähäisin toimenpitein muuttaa uusien tuotteiden valmistukseen, kuten muotivaatteiden ompelua kasvomaskien ompeluun (Müller et al. 2023, 436). Ampumatarvikkeiden valmistuksen edellyttämät tuotantolaitteistot ovat monimutkaisempia eikä muussa käytössä olevia tuotantolaitoksia voi mitenkään vähäisin ja nopein muutoksiin ottaa ampumatarviketuotantoon – eikä vähiten räjähdysmääräysten edellyttämien suojaetäisyyksiin vuoksi. Lisäksi TNT:llä ei ollut Euroopassa siivilikäyttöä.

Haastateltavat mainitsivat ampumatarvikkeen materiaalien voivan rajoittaa tuotannon kasvattamista ja teoriassakin materiaalipuutteet mainittiin käytettävissä olevaa kapasiteettia vähentävänä. Ruuti- sekä räjähdetuotanto mainittiin haastatteluissa keskeisenä haasteena ampumatarviketuotannon kasvattamisessa. ASAP-ohjelman tuesta valtaosa (noin  $\frac{3}{4}$ ) kohdistettiin ruuti- ja räjähdetuotantoon. Tämä voi johtua siitä, että ruuti- sekä räjähdetuotanto ovat molemmat prosessiteollisuutta, joka toimii normaalisti lähellä suunnittelukapasiteettia. Erityistuotteiden, kuten ammusten, joissa käytetään vain sotilaallisessa toiminnassa tarvittavia raaka-aineita tai materiaaleja, toimitusketjuongelmia voi pienentää näiden ennakoivalla hankinnalla ja varastoinnilla sekä tuotannon ylikapasiteetin rahoittamisella. Suomessa – toisin kuin muualla – on huoltovarmuusajattelu ja ampumatarviketuotannon ylläpitoa koskeva strategia. Yksityiset toimijat eivät ylläpidä tuotantokykyä, josta ei odoteta tuottoa. Esimerkiksi TNT-tuotannosta luovuttiin Suomessakin. Ampumatarviketuotantoa Suomessa on voitu kasvattaa valtion rahoittamana raaka-ainevarastojen sekä Puolustusvoimien räjähdokeskuksen ylikapasiteetin avulla.

Tällaisten järjestelyiden olemassaolo ja toimivuus edellyttävät erilaisia julkisen vallan toimia. Yleensä toiminnan kannustimeksi tarvitaan poliittisia linjauksia, joiden perusteella valtion virastot ja laitokset yhdessä teollisuuden kanssa rakentavat järjestelyt. Suomen ammustuotannon kasvattaminen useampia muita maita nopeammin perustuu pitkälti tähän huoltovarmuudelliseen ratkaisuun.

Tykistön ampumatarvikkeissa vain valtiot ovat asiakkaita. Päätöksenteossa on kyse valtioiden päätöksistä valtion budjetin käytöstä. Suomessa saatiin jo kesäkuussa 2022 lisäbudjetilla määrärahoja kriittisten materiaalien kasvattamiseen tilauksin ja jo edellisessä kuussa oli Räjähdekeskuksessa oltiin siirretty kahteen vuoroon. Ampumatarviketuotannon kapasiteetin kasvattamisesta tehtiin päätös kuitenkin vasta joulukuussa 2023. Yritysten investointien käynnistämiseen ei riitä poliittiset lausumat, vaan tarvitaan jotain konkreettista, kuten

pitkiä sopimuksia tilauksista kuten Saksassa ja Englannissa tai investointitukia ja -rahoitusta, kuten EU:n ASAP-ohjelma tai Suomessa HVK:n sijoitukset. Investoinnin esiselvitysvaihe vie yrityksissäänkin puolisen vuotta, joten myös julkisella puolella investointia koskevien päätösten valmistelu vie aikaa, mutta se ei tietenkään yksin selitä koko viivettä sodan alusta joulukuuhun 2023. Lisäksi on huomioitava, että esimerkiksi ASAP-ohjelma tukee investointia. Ampumatarviketuotantoa varten pitää investointien valmistuttua löytyä myös tilauksia, joilla maksetaan työvoima ja raaka-aineet. Investoinnit kuitenkin mahdollistavat merkittävän tuotannon kasvattamisen niiden valmistuttua ja siten edistävät eurooppalaista huoltovarmuutta.

Ukrainan tarpeeksi esitetty 200 000 laukausta kuukaudessa on arvioitu riittävän vain paikallisen ylivoiman luomiseen maantieteellisesti rajoitetulla alueella (Viron puolustusministeriö 2023, 13). Tarve puolustaessa koko maata tehokkaasti on vielä suurempi, josta esimerkki on se, että Venäjä käyttää ammuksia päivittäin noin viisi kertaa enemmän kuin Ukraina. Ukrainalaiset itse ovat arvioineet tarpeensa jopa 360 000 laukaukseksi kuukaudessa (Tucker 2024). Jos ampumatarviketarvetta arvioidaan Ukrainan ulkopuolella, kuten esimerkiksi Naton puolustussuunnittelun arvioituna tarpeena, niin silloin tarve kasvaa merkittävästi edellä olevista luvuista. Tulevaisuudessa tulisikin tutkia, mikä on Euroopan tarvitsema ampumatarvikemäärä Ukrainan tukemisen lisäksi. Tulevaisuudessa voisi myös selvittää, voidaanko poikkeusoloissa nykylainsäädännön puitteissa helpottaa tuotannon kasvattamisen säännöspohjaisia rajoitteita, kuten ympäristö- ja räjähdeturvallisuusmääräyksiä ja kuinka paljon näillä keinoin voitaisiin tuotantoa kasvattaa.

## Lähteet

Behrens, Werner & Peter M. Hawranek (1991). *Manual for the preparation of industrial feasibility studies*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.

Center for Strategic and International Studies (CSIS) (2023). Expanding Equipment Options for Ukraine: The Case of Artillery. <https://www.csis.org/analysis/expanding-equipment-options-ukraine-case-artillery>, (2.4.2024).

CNN (2024). Exclusive: Russia producing three times more artillery shells than US and Europe for Ukraine. <https://edition.cnn.com/2024/03/10/politics/russia-artillery-shell-production-us-europe-ukraine/index.html>, (23.7.2024).

Council on Foreign Relations (2024). Weapons of War: The Race Between Russia and Ukraine. <https://www.cfr.org/expert-brief/weapons-war-race-between-russia-and-ukraine>, (23.7.2024).

Dastrup, B. L. (2018). *Artillery strong: Modernizing the field artillery for the 21st century*. Combat Studies Institute Press.

Defence Express (2024). Western Barrels Prove Exceptionally Durable Midst the Intense Warfare in Ukraine. [https://en.defence-ua.com/industries/western\\_barrels\\_prove\\_exceptionally\\_durable\\_midst\\_the\\_intense\\_warfare\\_in\\_ukraine-9317.html](https://en.defence-ua.com/industries/western_barrels_prove_exceptionally_durable_midst_the_intense_warfare_in_ukraine-9317.html), (30.7.2024).

Defence News (2015). US Army 'Dumb' 155mm Rounds Get Smart. <https://www.defence-news.com/land/2015/03/13/us-army-dumb-155mm-rounds-get-smart/>, (29.3.2024).

Department of Defence (2024). Fact Sheet on U.S. Security Assistance to Ukraine, 12. maaliskuuta, 2024, <https://www.defense.gov/> (16.6.2024).

Erjola, Risto (1990). Ampumatarvikkeet sotien 1939-1945 aikana Suomessa. *Tiede ja ase*, 48(48), 154–172.

ERR News (2024). Salm to US defense publication: Takes Europe a year to fulfill Ukrainian artillery shells orders. <https://news.err.ee/1609258719/salm-to-us-defense-publication-takes-europe-a-year-to-fulfill-ukrainian-artillery-shells-orders>, (2.4.2024).

Euractiv (2024). Where does the EU stand on its ammunition pledge to Ukraine? <https://www.euractiv.com/section/defence-and-security/news/where-does-the-eu-stand-on-its-ammunition-pledge-to-ukraine/>, (27.7.2024).

Euroopan komissio (2024). ASAP Results. Boosting Ammunition Production. [b694b109-fa2c-493e-bf1e-87768ae6469e\\_en](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/b694b109-fa2c-493e-bf1e-87768ae6469e) (europa.eu), (2.6.2024).

Euroopan Komissio (2024). Komissio osoittaa 500 miljoonaa euroa ampumatarvikkeiden tuotannon lisäämiseen – EU:n puolustusteollisuutta vahvistetaan kaikkiaan 2 miljardilla eurolla [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip\\_24\\_1495\\_15](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip_24_1495_15) Maaliskuu 2024, (30.7.2024).

Euroopan parlamentti (2023a). Act in support of ammunition production (ASAP). [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/749782/EPRS\\_BRI\(2023\)749782\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/749782/EPRS_BRI(2023)749782_EN.pdf), (25.3.2024).

Euroopan parlamentti (2023b). Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus välineen perustamisesta Euroopan puolustusteollisuuden vahvistamiseksi yhteistoiminnallisten hankintojen avulla (EDIRPA). <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7632-2023-INIT/fi/pdf>, (24.6.2024).

Euroopan parlamentti (2024). EU defence industry programme and strategy. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2024/760362/EPRS\\_ATA\(2024\)760362\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2024/760362/EPRS_ATA(2024)760362_EN.pdf), (2.7.2024).

Euroopan puolustusvirasto (2024). Defence data 2022. <https://eda.europa.eu/> (16.7.2024).

Euroopan unionin neuvosto (2023a). Ukrainaa varten tarkoitettujen ammusten toimittamisen ja niiden yhteishankintojen nopeuttaminen. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7632-2023-INIT/fi/pdf>, (24.6.2024).

Euroopan unionin neuvosto (2023b). EU:n puolustusteollisuus: neuvosto ja Euroopan parlamentti sopuun uusista säännöistä yhteishankintojen edistämiseksi. <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2023/06/27/eu-defence-industry-council-and-european-parliament-agree-on-new-rules-to-boost-common-procurement/>. (24.6.2024).

Hasenbein, Richard G. (2004). *Wear and erosion in large caliber gun barrels*. New York: U.S. Army Armament Research, Development & Engineering Center.

Himmelberg, Charles, Alessandra del Boca; Marzio Galeotti, Paola Rota (2005). Investment and Time to Plan: A comparison of structures vs. equipment in a panel of Italian firms. *Journal of the European Economic Association*, 6(4), 864-889.

Hopp, Wallace J. & Mark L. Spearman (2011). *Factory Physics*. 3. painos. Illinois; Waveland Press.

Ikonen, Ilkka (2014). Tykistön ja kranaatinheittämisen 2010-luvun ampumatarvikkeet ja niiden mahdollisuudet tulenkäytön kehittämiseksi. *Tiede ja Ase*, 72(1).

Ikonen, Ilkka (2016). Ukrainan sotakokemuksia taistelutekniikasta ja taktiikasta. *Sotilas-aikakausilehti* 9/2016, 53–57.

Ikonen, Ilkka (2017). Critical Success Factors of Defence Equipment Projects. *Project Management Development –Practice and Perspectives : 6<sup>th</sup> international scientific conference in the Baltic countries*, 132-139.

Jackson, J. (2010). Moving Artillery Forward: A Concept for the Fight in Afghanistan. *Small Wars Journal*, 1–14.

Janes (2023). Future Artillery 2023: Sweden rebuilding artillery from scratch. <https://www.janes.com/osint-insights/defence-news/land/future-artillery-2023-sweden-rebuilding-artillery-from-scratch>, (2.4.2024).

Kesseli, P. (2017). *Tykistö taistelee tulellaan: tykistötaktiikan kehitys Suomessa itsenäisyysme aikana*. Keuruu: Edita

Kiel Institute for the World Economy (2024). Ukraine Support Tracker Data, 04/24, [https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/fis-import/f34881d0-26f2-4a47-885e-542fe168f9ad-Ukraine\\_Support\\_Tracker\\_Release\\_17.xlsx](https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/fis-import/f34881d0-26f2-4a47-885e-542fe168f9ad-Ukraine_Support_Tracker_Release_17.xlsx), (23.7.2024).

Kiyv Post (2024). Norwegian Factory Gears Up to Supply Ammunition to Ukraine. <https://www.kyivpost.com/post/27062>, (30.5.2024).

Koeva, Petya (2000). *The facts about time-to-build*. IMF Working paper. International Monetary Fund, Washington, D.C

Kydland, Finn E., & Edward C. Prescott (1982). Time to Build and Aggregate Fluctuations. *Econometrica*, 50(6), 1345–1370.

Marshall, S. L. (1978). On heavy artillery: American experience in four wars. *Parameters*, 8(2).

Merrow, Edward W. (2012). Oil and gas industry megaprojects: Our recent track record. *Oil and Gas Facilities*, 1(2), 38-42.

MTV (2024). Suomeen tai liittolaismaihin halutaan TNT-räjähdetehdas nopeasti – Häkkänen: Tärkeää myös Suomen turvallisuudelle. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/yle-suomeen-halutaan-tnt-rajahdetehdas-ja-nopeasti-ministeri-hakkanen-vahvistaa/8931346>, (30.7.2024).

Müller, Jasmina & Hoberg Kai & Fransoo, Jan C. (2023). Realizing supply chain agility under time pressure: Ad hoc supply chains during the COVID-19 pandemic. *Journal of Operations Management*, 69(3), 426-449.

NATO (2012). NATO Logistics Handbook. [https://www.nato.int/docu/logi-en/logistics\\_hndbk\\_2012-en.pdf](https://www.nato.int/docu/logi-en/logistics_hndbk_2012-en.pdf), (29.3.2024).

NATO (2014). Wales Summit Declaration. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/official\\_texts\\_112964.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_112964.htm), (23.7.2024).

NATO (2024). Funding NATO. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_67655.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_67655.htm), (10.7.2024).

New York Times (2022). Artillery Is Breaking in Ukraine. It's Becoming a Problem for the Pentagon. <https://www.nytimes.com/2022/11/25/us/ukraine-artillery-breakdown.html>, (30.7.2024).

New York Times (2023a). Guns, Ships and Chips: On Economic Inflexibility. <https://www.nytimes.com/2023/03/07/opinion/economy-ukraine-logistics.html>, (7.3.2023).

New York Times (2023b). Europe Made a Bold Pledge of Ammunition for Ukraine. Now Comes the Hard Part. <https://www.nytimes.com/2023/09/23/world/europe/eu-ukraine-war-ammunition.html>, (16.5.2024).

Nye, Logan (2023). This unstoppable artillery bombardment doomed Nazi Berlin. <https://www.wearethemighty.com/mighty-history/unstoppable-artillery-bombardment-doomed-nazi-berlin/>, (29.3.2024).

Paulaharju, Jyri (1996). *Itsenäisen Suomen kenttättykit 1918–1995*. Sotamuseo.

Puolustusvoimat (2001). *Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas*. Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus.

Ratinen, Juha (2023). *Etapeista verkostoksi ja huollosta logistiikkaan: suomalaisen huoltotaktiikan kehitys vuosina 1918-2015*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu.

Rheinmetall (2024). Largest order in company history: Rheinmetall receives framework contract for 155mm artillery ammunition for the Bundeswehr with a total gross value of up to €8.5 billion. <https://www.rheinmetall.com/en/media/news-watch/news/2024/06/2024-06-20-rheinmetall-receives-framework-contract-for-155mm-ammunition>, (20.6.2024).

Royal United Services Institute (RUSI) (2023). Meatgrinder: Russian Tactics in the Second Year of Its Invasion of Ukraine. <https://static.rusi.org/403-SR-Russian-Tactics-web-final.pdf>, (29.3.2024).

Salomon, Robert & Martin Xavier (2008). Learning, knowledge transfer, and technology implementation performance: A study of time-to-build in the global semiconductor industry. *Management Science*, 54(7), 1266-1280.

Slack, Nigel, Alistair Brandon-Jones & Nicola Burgess (2022). *Operations Management*, 10. painos. Slovakia: Pearson.

Stevenson, William J. (2005). *Operations Management*, 8. painos. New York: Irwin McGraw-Hill.

The Military Balance (2024). The International Institute for Strategic Studies (IISS). Routledge.

The Times (2023). Germany's armed forces have 'two days' of ammunition. <https://www.thetimes.co.uk/article/germany-weapons-war-ammunition-stocks-ukraine-ptc69qdcz>, (2.4.2024).

Toivakan asevarikko (2019). Panosten valmistus. <https://www.toivakanasevarikko.fi/tuotanto/panosten-valmistus/>, (29.3.2024).

Tucker, Patrik (2024). The West is underestimating Ukraine's artillery needs. <https://www.defenseone.com/business/2024/02/west-underestimating-ukraines-artillery-needs/394392/>, (26.7.2024).

Tusa, Francis (2023). Ammunition, Ammunition, Ammunition, and 'Things that go Bang'. <https://www.defense-aerospace.com/europes-155mm-ammo-stocks-where-they-should-be-and-how-to-get-there/>, (24.7.2024).

United States General Accounting Office (GAO) (1989). Costs and Benefits of Electronic and Mechanical Time Fuzes. <https://www.gao.gov/assets/nsiad-90-38.pdf>, (29.3.2024).

Uusi-Rasi, Markku (2023). *Porin jääkäriprikaatin tykistöpatteriston järjestelmien luotettavuusanalyysi*. Insinööriyö (YAMK). TAMK: Tampere.

Valtioneuvosto (2023a). Vahva ja välittävä Suomi. Neuvottelutulos hallitusohjelmasta. <https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/158702198/Neuvottelutulos+hallitusohjelmasta+16.6.2023.pdf/2feb7a7-d5a1-6f17-df2d-95561de7a6de/Neuvottelutulos+hallitusohjelmasta+16.6.2023.pdf?t=1686924779616>, (22.7.2024).

Valtioneuvosto (2023b). Raskaan ampumatarviketuotannon kapasiteettia nostetaan merkittävästi. <https://valtioneuvosto.fi/-/raskaan-ampumatarviketuotannon-kapasiteettia-nostetaan-merkittavasti>, (22.7.2024).

Valtioneuvosto (2024a). Suomi saavutti tavoitteensa EU:n ampumatarviketuotannon rahoituksen jaossa. <https://valtioneuvosto.fi/-/suomi-saavutti-tavoitteensa-eu-n-ampumatarviketuotannon-rahoituksen-jaossa>, (22.7.2024).

Vig, Daniel N. (2024). Nato and Ukraine: Admiral Bauer, Artillery Production, and the Road Ahead. <https://longbrief.com/nato-and-ukraine-admiral-bauer-artillery-production-and-the-road-ahead/>, (24.6.2024).

Wall Street Journal (2024). Why the 155mm Shell Is One of the World's Most Wanted Objects Now. <https://www.youtube.com/watch?v=NZOEGFLCvLU>, (28.3.2024).

### **Kuvan 1 (155mm kranaattituotannon kehitys) viitteet**

Aftonbladet (2024). EU-stöd ska tredubbla granatproduktion. <https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/69p9r8/eu-stod-ska-tredubbla-granatproduktion>, (18.6.2024).

CNN (2023). Ukraine is firing shells faster than can be supplied. Can Europe catch up? <https://edition.cnn.com/2023/09/17/europe/ukraine-shell-supplies-intl/index.html>, (9.5.2024).

Defense One (2023). In race to make artillery shells, US, EU see different results. <https://www.defenseone.com/business/2023/11/race-make-artillery-shells-us-eu-see-different-results/392288/>, (19.2.2024).

The Economist (2024). America's \$61bn aid package buys Ukraine time. <https://www.economist.com/briefing/2024/04/25/americas-61bn-aid-package-buys-ukraine-time>, (22.5.2024).

The Economist (2024). There is an explosive flaw in the plan to rearm Ukraine. <https://www.economist.com/europe/2024/05/26/there-is-an-explosive-flaw-in-the-plan-to-rearm-ukraine>, (29.5.2024).

Euroopan komissio (2024). Yhteinen tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Uusi puolustusteollisuusstrategia. [5e4a8539-73ef-4652-8bd2-c726429c9a2e](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:5e4a8539-73ef-4652-8bd2-c726429c9a2e) en (europa.eu), (10.5.2024).

European Commission (2024). The Commission allocates €500 million to ramp up ammunition production, out of a total of €2 billion to strengthen EU's defence industry. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_24\\_1495](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_1495), (24.7.2024).

Ministry of Defense, Republic of Estonia (2023). Setting Transatlantic Defence up for Success: A Military Strategy for Ukraine's Victory and Russia's Defeat. [https://kaitseministeerium.ee/sites/default/files/kaitseministeerium\\_2023veeb\\_17.12.pdf](https://kaitseministeerium.ee/sites/default/files/kaitseministeerium_2023veeb_17.12.pdf), (13.4.2024).

New York Times (2023). Europe Made a Bold Pledge of Ammunition for Ukraine. Now Comes the Hard Part. <https://www.nytimes.com/2023/09/23/world/europe/eu-ukraine-war-ammunition.html>, (16.5.2024).

Radio Free Europe (2024). EU Shell-Production Capacity, Supplies To Ukraine Fall Far Short Of Promises. <https://www.rferl.org/a/ukraine-weapons-shells-european-union-eu-war-russia-investigation/33025300.html>, (24.7.2024).

### **Taulukon 1 (tehdasinvestoinnit) viitteet**

Aftonbladet (2024). EU-stöd ska tredubbla granatproduktion. <https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/69p9r8/eu-stod-ska-tredubbla-granatproduktion>, (18.6.2024).

Bulgarian Military (2024). Ammo ramps up 155mm artillery ammunition production by getting \$95M. Bulgarian Military. <https://bulgarianmilitary.com/amp/2024/01/17/nammo-ramps-up-155mm-artillery-ammunition-production-by-getting-95m/>, (15.6.2024).

Business Live (2023). BAE Systems creating more than 60 jobs at South Wales munitions factory. <https://www.business-live.co.uk/enterprise/bae-systems-creating-more-60-27299094>, (25.7.2024).

Defense News (2024). France to spend \$540 million on artillery propellant production. <https://www.defensenews.com/global/europe/2024/04/11/france-to-spend-540-million-on-artillery-propellant-production/>, (18.6.2024).

Defense News (2024). Rheinmetall to ramp up Baltic presence with Lithuania munitions plant. <https://www.defensenews.com/global/europe/2024/04/17/rheinmetall-to-ramp-up-baltic-presence-with-lithuania-munitions-plant/>, (27.5.2024).

Eurengo (2023). Eurengo increases its large-caliber propellant production capacity and relocates it to France. <https://eurengo.com/en/eurengo-increases-its-large-caliber-propellant-production-capacity-and-relocates-it-to-france/>, (18.6.2024).

Eurengo (2023). Restart of the Nitrocellulose production on the Eurengo Bergerac site. <https://eurengo.com/en/restart-of-the-nitrocellulose-production-on-the-eurengo-bergerac-site/>, (18.6.2024).

Rheinmetall (2023). Rheinmetall wins triple-digit million-euro contract for explosives factory in Várpalota, Hungary. [https://www.rheinmetall.com/en/media/news-watch/news/2023/jan-mar/2023-01-04\\_rheinmetall-wins-triple-digit-million-euro-contract-for-explosives-factory-in-varpalota-hungary](https://www.rheinmetall.com/en/media/news-watch/news/2023/jan-mar/2023-01-04_rheinmetall-wins-triple-digit-million-euro-contract-for-explosives-factory-in-varpalota-hungary), (24.5.2024).

Rheinmetall. (2024). Annual Report 2023.

UK Defence Journal (2024). Britain increases artillery shell production 'eight-fold'. UK Defense Journal. <https://ukdefencejournal.org.uk/britain-increases-artillery-shell-production-eight-fold/>, (22.5.2024).

Yle (2022). Puolustusvälinekonserni Nammo rakentaa uuden nallitehtaan Laukaan Vih-tavuoreen – uusi tehdas työllistää yli 50 henkilöä. <https://yle.fi/a/3-12596476>, (17.5.2024).