

Tommi Hyrkäs

Kokonaistaloudellisin tapa alumiiniveneen leikkeiden leikkaamiseen

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Teknologiaosaamisen johtaminen, YAMK

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma

Tekijä: Tommi Hyrkäs

Työn nimi: Kokonaistaloudellisin tapa alumiiniveneen leikkeiden leikkaamiseen

Ohjaaja: Heikki Heiskanen

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 80

Liitteiden lukumäärä: 2

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mikä on kokonaistaloudellisesti tehokkain tapa leikata alumiiniveneiden leikkeet Inhan Tehtaat Oy:n tarpeisiin kasvaneilla volyyymeilla. Tavoitteena oli selvittää, mitä teknisiä vaihtoehtoja leikkaamiseen on tarjolla ja verrata niitä nykyiseen toimintatapaan, jossa isot leikkeet (yli 4 m) ostetaan ulkoa ja pienet (alle 4 m) leikataan itse.

Työ aloitettiin tutustumalla teoriaan investoinneista sekä elinkaarikustannuslaskennasta, joita työssä esitellään. Seuraavaksi etsittiin soveltuvia laitevalmistajia internetistä sekä alan messuilta. Jatkoon valitut valmistajat tekivät suorituskykysimulointeja, joiden perusteella luotiin laitteiden käyttöprofiilit hyödyntäen myös yrityksen toiminnanohjaus- sekä normiaikajärjestelmän tietoja. Tämän jälkeen tehtiin elinkaarikustannuslaskelmat kaikista vaihtoehtoisista kokonaisuuksista sekä verrokkilaskelma vaihtoehdosta, jossa kaikki leikkeet ostettaisiin ulkoa. Tämän laskelman kustannuksia käytettiin muiden vaihtoehtojen tuottona, jolloin saatiin laskettua jokaiselle vaihtoehdolle myös elinkaari tuotto. Kaikista vaihtoehdoista tehtiin myös riskianalyysi.

Lopputuloksena saatiin selkeä kuva eri vaihtoehtojen vaikutuksista, riskeistä, kustannuksista sekä tuotoista. Laskelmien tuloksista tehtiin myös havainnolliset kuvaukset, joiden avulla on helppo verrata eri vaihtoehtoja toisiinsa. Kaikilla mittareilla mitattuna kasvaneilla tuotantovolyyymeilla on kannattavaa leikata leikkeet talon sisällä. Kaikista kannattavimmaksi osoittautui vaihtoehto, jossa kaikki leikkeet leikataan yhdellä laserilla, jossa on 2 m x 8 m -vaihtopöytä sekä purku- ja lajitteluautomaatio.

Työssä tutkittiin myös rullamateriaalin hyödyntämistä yhtenä vaihtoehtona arkille, siinäärkevimmäksi vaihtoehdoksi osoittautui suoraan rullalta työstävä laser, joka oli kannattavuudeltaan lähes yhtä kannattava kuin pöytälaserpurku- ja lajitteluautomaatiolla. Rullalta työstössä kuitenkin riskit ovat paljon suurempia kuin arkilta työstössä.

Avainsanat: investoinnit, elinkaarikustannukset, leikkuu, alumiinileikkeet, ostaa vai valmistaa

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Technology Competence Management

Author: Tommi Hyrkäs

Title of thesis: The Most Economical Way to Cut Aluminium Boat Parts

Supervisor: Heikki Heiskanen

Year: 2018

Number of pages: 80

Number of appendices: 2

The purpose of the thesis was to find out what is the most economical way to cut parts for aluminium boats for the increasing needs of Inha Works Ltd. The aim was to find out what technical alternatives there are available for cutting and compare them to the current way of doing, where the big parts (over 4 m) are outsourced and small parts (less than 4 m) are cut in-house.

The work was started by exploring the theory of investments and life-cycle costing. Next, suitable equipment manufacturers were searched on the Internet and at trade fairs. The selected manufacturers performed performance simulations, which were used to generate the operating profiles of the equipment, utilizing the company's enterprise resource planning and standard time system as well. After this, life-cycle calculations of all alternative entities were made, as well as a benchmark calculation for an alternative where the cutting of all parts would be outsourced. The costs in this benchmark calculation were used as incomes with the other alternatives to get the life-cycle profit of each alternative. Risk analysis was also made of all the alternatives.

As a result, we got a clear picture of the impacts, risks, costs and profits of the alternatives. Illustrative graphs were also made to present the results of the calculations, which make it easy to compare the different alternatives. According to all indicators it could be seen that, with increased production volumes it will be profitable to cut all the parts in-house. The most profitable turned out to be the alternative where all the parts are cut by one laser with a 2 m x 8 m exchange table and sorting automation.

The option of utilizing coils instead of sheets was also studied. The most sensible alternative in this case was laser cutting directly from coil, which was almost as profitable as the table laser with sorting automation. However, coil processing includes much higher risks than sheet processing.

Keywords: investments, life-cycle costs, cutting, aluminum cutouts, make or buy

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	10
1.1 Työn taustaa	10
1.2 Työn tavoite ja rajaus	11
1.3 Tutkimusmenetelmä.....	11
1.4 Työn rakenne	12
2 INVESTOINNIT	14
2.1 Investointityypit.....	14
2.2 Investointisuunnittelu ja -päätöksenteko	16
2.3 Investointilaskentamenetelmät.....	18
2.3.1 Nettonykyarvo	19
2.3.2 Sisäinen korkokanta.....	20
2.3.3 Annuiteettimenetelmä	20
2.3.4 Takaisinmaksuaika	21
2.3.5 Investoinnin tuotto prosentti	22
2.4 Investointilaskennan erityiskysymyksiä	23
2.5 Investointiprojektin kustannusohjaus ja jälkilaskenta	25
2.6 Herkkyyshanalyysi	25
3 ELINKAARIKUSTANNUKSET (LCC)	27
3.1 Elinkaarikustannusten taustaa	27
3.2 Elinkaarilaskennan vaiheet	29
3.3 Laskentamenetelmä.....	30
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	34
4.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja oletukset	34
4.2 Vaihtoehtoiset layoutit	34
4.3 Investointivaihtoehtojen kartoitus ja esittely	38

4.4	Laitteiden suorituskyvyn simulointi ja käyttöprofiilien luonti.....	46
4.5	Elinkaarilaskenta eri vaihtoehdoista	47
4.5.1	Investointikustannukset.....	47
4.5.2	Käyttökustannukset.....	48
4.5.3	Kunnossapitokustannukset	50
4.5.4	Epäkäytettävyyuskustannukset.....	52
4.5.5	Kokonaiskustannukset ja tuotot	52
4.5.6	Herkkyysanalyysi	54
4.6	Muut havainnot ja vaikutukset.....	62
4.7	Riskianalyysi	65
5	TUTKIMUKSEN TULOSTEN YHTEENVETO	66
5.1	Laitteiden suorituskyky.....	66
5.2	Vaihtoehtojen elinkaarikustannus ja elinkaarituotto.....	67
5.3	Vaihtoehtojen riskit ja vaikutukset	70
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	73
7	YHTEENVETO.....	75
	LÄHTEET	78
	LIITTEET.....	80

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Elinkaarikustannukset.	28
Kuvio 2. LCC-periaate.....	29
Kuvio 3. Layout-vaihtoehto 1.	35
Kuvio 4. Layout-vaihtoehto 2.	36
Kuvio 5. Layout-vaihtoehto 3.	37
Kuvio 6. Layout-vaihtoehto 4.	37
Kuvio 7. Järjestelmävaihtoehdot 1 ja 2.	39
Kuvio 8. Järjestelmävaihtoehdot 3 ja 4.	41
Kuvio 9. Järjestelmävaihtoehdot 5 ja 6.	42
Kuvio 10. Astes4-layout.	44
Kuvio 11. Flattener.....	45
Kuvio 12. Straightener.	45
Kuvio 13. Leveler.	45
Kuvio 14. Investointikustannukset.....	48
Kuvio 15. Vuosittaiset käyttökustannukset.....	50
Kuvio 16. Vuosittaiset kunnossapitokustannukset.	51
Kuvio 17. Elinkaarikustannukset.	53
Kuvio 18. Elinkaarituotto.	54
Kuvio 19. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 1A.	55
Kuvio 20. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 1B.	56

Kuvio 21. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 2.....	56
Kuvio 22. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 3A.	57
Kuvio 23. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 3B.	58
Kuvio 24. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 4.....	58
Kuvio 25. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 5A.	59
Kuvio 26. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 5B.	60
Kuvio 27. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 5C.	60
Kuvio 28. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 5D.	61
Kuvio 29. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 6A.	61
Kuvio 30. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 6B.	62
Kuvio 31. Varastoon sitoutuvan pääoman kustannukset.	64
Kuvio 32. Kumulatiivinen nykyarvo, elinkaarikustannukset.	67
Kuvio 33. Kumulatiivinen nykyarvo, elinkaarituotot.	68
Kuvio 34. Vaihtoehtojen sisäinen korkokanta.	69
Kuvio 35. Vaihtoehtojen kustannusjakauma.	70
Taulukko 1. McKinseyn GE-matriisi	18
Taulukko 2. Riskimatriisi.	65
Taulukko 3. Vaihtoehtojen tilantarpeet.....	72

Käytetyt termit ja lyhenteet

FMS	Flexible Manufacturing System = joustava valmistusjärjestelmä, joka koostuu automaattisen varaston ympärille sijoitetuista työstökeskuksista tai muista työlaiteista.
Herkkyysanalyysi	Menetelmä, jolla arvioidaan eri tekijöiden vaikutusta investointilaskelman lopputulokseen. Analyysin avulla saadaan selville projektin kannattavuuden herkkyys näille tekijöille ja niiden määrittelyssä tapahtuville arviointivirheille.
Isot leikkeet	Pääasiassa yli 4 metriset veneiden leikkeet, kuten laitapelit, pohjalevyt, pitkittäisjäykisteet, kölituet, päätytukilevyt, jne.
Kanban	Kanban on Lean-periaatteen mukainen tuotannon ohjausmenetelmä, joka auttaa ajoittamaan valmistuksen käytön mukaiseksi, minimoiden keskeneräisen tuotannon. Menetelmä auttaa määrittämään mitä, milloin ja kuinka paljon pitää tuottaa. Menetelmässä keskeisiä ovat kanban-kortit, jotka toimivat viestintävälineenä kertoen, milloin tuotetta on käytetty ja että tuotteita voi nyt valmistaa lisää.
Kombikone	Ohutlevyjen työstökone, joka hyödyntää leikkuuseen mekaanista lävistys- ja laserteknologiaa rinnakkain.
LCC	Life Cycle Costs = elinkaarikustannukset, joita ovat kaikki investoinnin pitoaikana syntyvät kustannukset, laitteen määrittelystä aina sen lopussa tapahtuvaan käytöstä poistoon asti.
LCP	Life Cycle Profit = elinkaarituotto. Tarkoittaa investoinnin elinkaaren aikana tuottamaa lisäarvoa, josta vähennetään kaikki investoinnin pitoaikana syntyvät kustannukset, laitteen määrittelystä aina sen lopussa tapahtuvaan käytöstä poistoon asti.

Nestaus

Levyosien sijoittelu materiaaliarkille. Tavoitteena on materiaalimenekin minimointi.

Normiaika

Normiaika voidaan määrittellä eri työntutkimusmenetelmillä. Normiaika vastaa normaalisuorituksella työhön tarvittavaa aikaa. Normaalisuoritus taas on tavanomaisen ammattitaidon omaavan työntekijän määritellyllä vakiomenetelmällä normaaleissa työskentelyolosuhteissa ja normaalilla liikenopeudella suorittama työ.

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Inhan Tehtaat Oy, joka on osa Yamaha Motor Europe -konsernia. Inhan Tehtaat Oy on perustettu vuonna 1841 ja on Euroopan suurin alumiinivenevalmistaja sekä markkinajohtaja pohjoismaissa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Raisiossa ja oma venetehdas Ähtärissä, jossa valmistetaan alumiiniset Buster-veneet. (STT Viestintäpalvelut 2018; Ähtärin kaupunki 2018.)

1.7.2017 toteutuneessa yrityskaupassa Kesko myi veneliiketoimintansa Inhan Tehtaille ja samalla Yamahan vapaa-ajan koneiden edustus siirtyi Keskolta perustetulle Yamaha Motor Finlandille. Yrityskaupan jälkeen yhtiöllä onkin kolme merkittävää brändiä: Buster, Yamarin sekä Yamarin Cross. Yamarin- sekä Yamarin Cross -veneet valmistetaan alihankkijoiden toimesta Sammatissa sekä Valkeakoskella.

Busterit ovat perinteisesti ”täysalumiinisia”, lukuun ottamatta e-series-malleja, jotka ovat lujitemuovikantaisia alumiiniveneitä. Yamarinit ovat perinteisesti lujitemuoviveneitä ja Yamarin Cross -veneissä on yhdistetty lujitemuovikansi sekä alumiinirunko. Markkinaosuudet kotimaassa näillä brändeillä ovat: Buster noin 20 % sekä Yamarin/Yamarin Cross noin 20 %, eli yhteinen markkinaosuus on noin 40 %. Yhtiön liikevaihto on noin 32 miljoonaa euroa, Yamarin kaupan jälkeen liikevaihto lähes kaksinkertaistuu. Bustereita valmistetaan vuositasolla noin 2000 kpl ja alumiinirunkoisia Yamarin Cross -veneitä noin 1000 kpl. Muutamia vuosia sitten ei nähty silloisilla volyymeillä järkeväksi investoida osavalmistukseen vanhan plasmaleikkurin tilalle uutta laserleikkuria, joten veneiden isojen leikkeiden (yli 4 m pitkät leikkeet, kuten laitapellit tai pohjalevyt) leikkuu ulkoistettiin. Kaupan myötä merkittävästi kasvaneet alumiiniveneiden myyntivolyymit muuttavat kuitenkin oleellisesti kannattavuuslaskelmien lähtöarvoja, jolloin myös isojen leikkeiden valmistusstrategiaa tulee miettiä uudestaan. Samaan aikaan toteutuu vuoden 2017 loppuun mennessä Inhan Tehtaiden takomo-liiketoiminnan myynti, jolloin vapautuvalle tuotantotilalle sekä henkilöstölle on järkevää keksiä tuottavaa toimintaa.

1.2 Työn tavoite ja rajaus

Isojen leikkeiden kustannusten osuus koko veneen kustannuksista on suhteellisen suuri, joten näiden leikkaamisen ja materiaalihankinnan kustannusoptimoinnilla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. Tutkimuksen avulla etsitään kokonaistaloudellisinta ratkaisua näiden leikkaamiseen. Tutkimusongelma on, mikä on kokonaistaloudellisin tapa isojen leikkeiden leikkaamiseen uusilla volyyymeillä. Työn tarkoituksena on siis löytää vastaukset kysymyksiin: Mikä on kokonaistaloudellisin tapa leikata veneen isot leikkeet? Mitä kustannuksia eri vaihtoehdot sisältävät koko elinkaarensa aikana? Mitä vaikutuksia vaihtoehdoilla on organisaatioon? Mitä riskejä vaihtoehtoihin liittyy?

Työssä kartoitetaan teknologia/laittevaihtoehtoja ja verrataan niitä nykyiseen toimintatapaan, jossa isot leikkeet tulevat alihankkijalta. Koska kaikki vaikuttaa kaikkeen, ei voida työstä rajata pois nykyisellä FMS-järjestelmällä työstettäviä pienempiä leikkeitä (alle 4 m pitkiä), sillä nykyinen FMS-järjestelmä alkaa olla taloudellisen käyttökänsä päässä parin vuoden sisällä. Näin työssä tulee huomioida koko osavalmistuksen leikkuustrategia ja etsiä myös vaihtoehto vanhan FMS-järjestelmän korvaamiselle. Työssä tulee huomioida myös mahdollinen osavalmistuksen siirtäminen B-hallista A-halliin, mutta pääpaino pidetään kustannusvaikutuksissa eikä niinkään keskitytä layouteihin.

1.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusotteiden perusjaottelu perustuu laadulliseen (kvalitatiivinen) ja määrälliseen (kvantitatiivinen) tutkimukseen. Case- (tapaus-), kehittämis- ja toimintatutkimus käsitetään useimmiten tutkimusstrategioina eikä erillisinä menetelmäkokonaisuuksina. Näkemystä puoltaa se, että näillä menetelmillä ei ole omaa metodologiaansa, sillä menetelmät perustuvat laadulliseen ja määrälliseen tutkimukseen. (Kananen 2013, 23.)

Tässä tutkimuksessa on kyse case-tutkimuksesta, koska tässä pyritään ymmärtämään, minkälainen osien leikkuustrategia on parhaiten sopiva juuri kyseiseen yritykseen, sen tuotteisiin ja tilanteeseen. Tapaustudkimus tarjoaa kokonaisvaltaisen

kuvan ilmiöstä ja on laadullista tutkimusta laajempi, mutta voi hyödyntää myös määrällisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmiä. Tutkimustuloksia ei voida yleistää, vaan ne pätevät vain kyseiseen tapaukseen. (Kananen 2013, 28.)

Case-tutkimuksen tiedonkeruuaineistoja ovat kirjalliset dokumentit, havainnointi, tallenteet, kyselyt sekä teemahaastattelut (Kananen 2013, 77). Työssä käsitellään sekä laadullista, että määrällistä aineistoa. Määrällistä aineistoa ovat toiminnanohjausjärjestelmän tilastot, kuten nimikkeiden vuosikulutukset sekä laitevalmistajien simuloimat laitteiden suorituskykytiedot. Näitä aineistoja yhdistellään ja tehdään regressioanalyysyjä lopullisten kustannusten selvittämiseksi. Kustannuksia taulukoidaan ja kuvataan graafisesti sekä tehdään herkkyysanalyysyjä.

Laadullista aineistoa ovat teemahaastatteluihin sekä laitevalmistajien dokumentaatioon pohjautuvat tiedot laitteiden toiminnan, tilantarpeiden, kustannusaiheuttajien sekä näiden organisaation prosesseihin aiheuttaman muutoksen ymmärtämiseksi. Näitä aineistoja käsitellään sisällönanalyysin sekä prosessien vertailemisen keinoin.

1.4 Työn rakenne

Ensimmäisessä luvussa esitellään toimeksiantaja sekä työn taustaa. Toisessa luvussa esitellään työn ensimmäinen teoreettinen viitekehys, investoinnit. Luvussa käydään läpi eri investointityypit sekä paneudutaan investointisuunnitteluun ja päätöksentekoon. Luvussa käsitellään myös eri laskentamenetelmiä sekä kustannusohjausta ja jälkilaskentaa.

Kolmannessa luvussa käydään läpi työn toista teoreettista viitekehystä, elinkaarilaskentaa. Luvussa käydään läpi elinkaarilaskennan vaiheet sekä laskentamalli.

Neljännessä luvussa kuvataan, kuinka tutkimus suoritettiin ja käydään läpi tutkimuksen lähtökohdat ja oletukset. Luvussa esitellään laitevaihtoehdot sekä kuvataan, kuinka laitteiden suorituskyvyt simuloitiin ja kuinka eri vaihtoehtojen elinkaarikustannukset määritettiin. Tutkimuksen aikana esille nousseet havainnot ja vaikutukset eri vaihtoehtoihin liittyen sekä riskianalyysi esitellään tässä luvussa.

Viidennessä luvussa esitellään tutkimuksen tulokset ja vertaillaan eri vaihtoehtoja graafisesti. Kuudennessa luvussa pohditaan ja tehdään johtopäätöksiä tutkimuksen tuloksista sekä suositellaan jatkotoimenpiteitä. Seitsemännessä luvussa esitellään lyhyt yhteenveto koko tutkimuksen sisällöstä.

2 INVESTOINNIT

2.1 Investointityypit

Erilaisia investointeja tarvitaan yrityksen kehittämiseen ja yrityksen pitkän aikavälin toimintaedellytysten ylläpitämiseen. Investoinneilla tarkoitetaan varojen käyttöä kohteisiin, jotka tuottavat tuloa pitkällä aikavälillä, yleensä yli vuoden mittaisella ajanjaksolla. Investoinnit voivat kohdistua aineellisiin hyödykkeisiin, kuten rakennukset tai tuotantovälineet, tai aineettomiin hyödykkeisiin, kuten tutkimus ja tuotekehitys tai brändit ja tavaramerkit. (Järvenpää ym. 2015, 373.)

Investoinnit voidaan jakaa myös finanssi- ja reaali-investointeihin. Finanssi-investointeja ovat raha- tai osakemarkkinoilla tehdyt investoinnit. Reaali-investointeja ovat investoinnit, jotka kohdistuvat pitkävaikutteisiin tuotannon tekijöihin. Jotkin investoinnit voivat olla tilanteesta riippuen joko reaali- tai finanssi-investointeja. Esimerkiksi yritysosto voi olla finanssi-investointi, jos tarkoituksena on saada sijoitus-tuottoja esim. osinkotuottoina, arvonnousun ja/tai yritysmyynnin kautta. Yritysosto lasketaan reaali-investoinniksi, jos se kytketään olemassa olevaan toimintaportfolioon, tuotantotoimintaan ja sen kehittämiseen. (Järvenpää ym. 2015, 373.)

Keskeinen luokittelu on investointien hyödyn mukainen ryhmittely, sillä se vaikuttaa merkittävästi investointipäätöksiin ja toteutustapaan (Järvenpää ym. 2015, 373).

Reaali-investoinnit luokitellaan hyödyn mukaan tyypillisesti:

- laajennusinvestointeihin
- korvausinvestointeihin
- pakollisiin investointeihin ja muihin tuottamattomiin investointeihin
- tutkimukseen ja tuotekehitykseen tehtäviin investointeihin. (Järvenpää ym. 2015, 373-374.)

Niskanen ja Niskanen (2013, 302-303) erottelevat vielä laajennusinvestoinnit investointeihin, joilla pyritään lisäämään nykyisten tuotteiden valmistuskapasiteettia, ja investointeihin, joilla laajennutaan uusille tuotesegmenteille tai markkina-alueille.

Heidän mukaansa jälkimmäiset investoinnit merkitsevät strategista muutosta yrityksen toiminnassa ja vaativat huolellisempaa suunnittelua. He erottelevat myös korvausinvestoinnit investointeihin, joilla korvataan rikkoutunut tai kulunut käyttöomaisuus, ja investointeihin, joilla tavoitellaan kustannussäästöjä. Heidän mukaansa jälkimmäiset vaativat tarkempaa suunnittelua.

Laajennusinvestoinneilla on hyvin strateginen merkitys. Ne voivat kohdistua tuotantokapasiteetin lisäämiseen tai tuoteportfolion tai markkina-alueen laajentamiseen. Mitä strategisemmasta muutoksesta on kyse, sitä tarkemmin investointia on analysoitava ja suunniteltava. Suurempien riskien vuoksi laajennusinvestoinneilta vaaditaan usein muita investointityyppejä suurempia tuottoja, paitsi silloin kun investointi mahdollistaa myöhemmin uuden merkittävän liiketoiminnan, joka on lähtökohtana uusien tuote- tai palvelukonseptien kehittämiseksi. (Järvenpää ym. 2015, 374.)

Korvausinvestoinnit ovat tuotantovälineiden uusimista, mitkä toteutetaan tuotantovälineiden kulumisen, vahingoittumisen, teknologisen vanhentumisen tai taloudellisen pitoajan päättymisen vuoksi. Tähän ryhmään kuuluvat pääosin myös kustannussäästöjä tavoittelevat rationalisointi-investoinnit. Hajonneiden tuotantovälineiden tilalle hankitaan uutta, ilman sen suurempaa investointisuunnittelua tai tuottovaatimuksia, sillä ne ovat välttämättömiä toiminnan jatkamiseksi. Teknologisen vanhentumisen estämiseksi voidaan joutua tekemään korvausinvestointeja ennen laitteen taloudellisen pitoajan päättymistä. Tällöin investoinnin oikea ajoitus täytyy suunnitella tarkkaan, jotta saadaan suurin mahdollinen taloudellinen hyöty. Uusien koneiden vaikutus tuotteiden laatuun, ominaisuuksiin ja valmistuskustannuksiin sekä näiden yhteisvaikutus myyntituottoihin on myös huomioitava. Korvausinvestointien tuottovaatimus on yleensä sama kuin nykyiseltä toiminnalta on edellytetty. Rationalisointi-investoinneilta vaadittu tuotto voi olla muita pienempi, sillä varsinkin haasteellisissa markkinatilanteissa nopea reagointi voi olla välttämätön edellytys toiminnan kannattavuudelle. (Järvenpää ym. 2015, 374-375.)

Pakolliset investoinnit ja muut tuottamattomat investoinnit liittyvät aina jotenkin yhteiskuntavastuun toteuttamiseen. Vastuullinen toiminta edellyttää investointeja taloudellisen vastuun (esim. paikallisen infrastruktuurin ja yleishyödyllisten palveluiden tason nostoon liittyvät), sosiaalisen vastuun (esim. henkilöstön työturvallisuuden parantamiseen, koulutus- ja terveydenhoitopalveluiden tarjoamiseen liittyvät) ja

ympäristövastuun (esim. tehtaiden päästöjen ja saasteiden vähentämiseen tai kiertämismateriaalin käytön lisäämiseen liittyvät) alueilla. Tuottoja ei vaadita, vaikka investoinneilla voi olla vaikutusta yrityksen menestymisen paranemiseen. Näiden investointien lähtökohtina ovat lainsäädännön, asetusten ja liiketoimintatapojen muutokset tai imagon ylläpitämiseen liittyvät asiat. (Järvenpää ym. 2015, 375.)

Tutkimus- ja tuotekehitysinvestoinneilla on tyypillisesti ratkaiseva merkitys yrityksen tulevaan menestykseen. Investointien käsittely eroaa sen mukaan liittyvätkö ne perustutkimukseen, jolla on välillinen vaikutus uusien tuotteiden ja palveluiden syntymiseen, vai soveltavaan tutkimukseen, jolla on suora vaikutus kaupallisten tuotteiden kehittämiseen. Perustutkimusta hallitaan budjettiohjauksen keinoin. Kaupalliseksi menestyksiksi tarkoitetuissa hankkeissa soveltuvien investointilaskentamenetelmien käyttö ja tarkoituksenmukaisen tuottovaatimuksen asettaminen ovat tärkeitä. (Järvenpää ym. 2015, 375.)

Investoinnit voidaan jakaa myös merkittävyytensä kannalta operatiivisiin ja strategisiin investointeihin. Operatiiviset investoinnit rahoitetaan usein tulorahoituksella ja strategiset taas puolestaan pääomarahoituksella. Operatiivisia investointeja ovat liiketoimintaa entisessä muodossaan ylläpitävät investoinnit, kuten korvausinvestoinnit, kunnossapidolliset investoinnit ja pienet kapasiteetin laajennusinvestoinnit sekä välttämättömyysinvestoinnit. Strategiset investoinnit puolestaan muuttavat liiketoiminnan luonnetta. Strategisia investointeja ovat kaikki yrityksen strategiaa tukevat merkittävät investoinnit, kuten uutta liiketoimintaa luovat investoinnit, suuret laajennusinvestoinnit sekä tutkimus- ja kehitysinvestoinnit. (Puolamäki & Ruusunen 2009, 23-24.)

2.2 Investointisuunnittelu ja -päätöksenteko

Vilkkumaan (2005, 305) mukaan kaikki investointipäätökset ovat strategisia päätöksiä, sillä niiden avulla yritys toteuttaa omaa strategiaansa ja elämäntehtävänsä. Siten kaikki investointipäätöksentekoon ja -laskentaan vaikuttavat tekijät ovat luonteeltaan strategisia.

Investoinnin strategisen sopivuuden arvioimiseksi on kehitetty useita erilaisia työvälineitä. Yksi sellainen on Porterin viisi kilpailuvoimaa, jossa yrityksen kilpailuasetelmaa tarkastellaan eri näkökulmista:

- alan sisäinen kilpailu
- tavarantoimittajien neuvotteluvoima
- asiakkaiden neuvotteluvoima
- uudet kilpailijat
- korvaavat tuotteet. (Järvenpää ym. 2015, 376.)

Yleisesti käytetty malli on McKinseyn GE-malli (taulukko 1), jossa investointimahdollisuuksia arvioidaan liiketoiminnan vahvuuden ja markkinoiden houkuttelevuuden perusteella. Mallin mukaan yrityksen tulisi suunnata laajennusinvestoinnit alueille, jossa ydinosaamisen avulla on mahdollista saavuttaa kilpailuetua ja markkinapotentiaali on suurta. Rationalisointi-investointeja tulisi kohdistaa niille alueille, joilla markkinapotentiaali ja liiketoiminnan vahvuus ovat keskimääräisiä. Liiketoiminnoista tulisi luopua alueilla, joilla yrityksellä ei ole liiketoiminnallista vahvuutta, eivätkä markkinat ole houkuttelevia. Korvausinvestoinneilla ja tarpeellisilla laajennusinvestoinneilla on keskeinen merkitys valikoivien investointien alueella. (Järvenpää ym. 2015, 376-377.)

Taulukko 1. McKinseyn GE-matriisi
(Järvenpää ym. 2015, 376)

		Liiketoiminnan vahvuus		
		Korkea	Keskimääräinen	Matala
Markkinoiden houkuttelevuus	Korkea	Investoi ja kasvata	Investoi ja kasvata	Kehitä ja puolusta (valikoivat investoinnit)
	Keskimääräinen	Investoi ja kasvata	Kehitä ja puolusta (valikoivat investoinnit)	Karsi tai divestoi
	Matala	Kehitä ja puolusta (valikoivat investoinnit)	Karsi tai divestoi	Karsi tai divestoi

Investointipäätöksenteossa noudatetaan tyypillisesti seuraavanlaista investointiprosessia:

1. investointitarpeiden analysointi ja investointikohteiden kartoitus
2. investointi-ideoiden muokkaaminen investointivaihtoehdoiksi
3. investointivaihtoehtojen kannattavuustarkastelu
4. investointien rahoituskysymysten analysointi ja ratkaiseminen
5. investointipäätös
6. investointien toteutustapasuunnittelu ja toteuttaminen
7. investointien seuranta ja tarkkailu. (Järvenpää ym. 2015, 377.)

2.3 Investointilaskentamenetelmät

Investoinnin kannattavuuden laskeminen edellyttää seuraavien perustietojen keräämistä ja analysoimista:

1. Investoinnin hankintameno, sisältäen myös käyttöönottokustannukset, kuten asennus- ja koulutuskulut.
2. Investoinnin vuosittaiset nettokassavirrat (poistoja ei oteta mukaan).

3. Investoinnin taloudellinen pitoaika.
4. Investoinnin jäännösarvo (voi olla joko positiivinen tai negatiivinen).
5. Valittu laskentakorko, joka ilmaisee investoinnin tuottovaatimuksen (yleinen tapa laskea on painotettu oman ja vieraan pääoman keskimääräinen kustannus).
6. Investointiin liittyvien riskien tarkastelu (riski otetaan huomioon tuottovaatimuksessa). (Järvenpää ym. 2015, 379.)

Investointilaskentamenetelmiä ovat rahan aika-arvon huomioon ottavat nettonykyarvo (net present value, NPV), sisäisen korkokannan menetelmä (internal rate of return) ja annuiteettimenetelmä (annuity method) sekä perinteiset rahan aika-arvoa huomioon ottamattomat takaisinmaksuajan menetelmä (payback method) ja investoinnin tuotto prosentti (accounting rate of return, ARR tai return of investment, ROI). Takaisinmaksuaika voidaan laskea myös korollisena, jolloin rahan aika-arvo tulee mukaan diskontattujen kassavirtojen laskemisen myötä. (Järvenpää ym. 2015, 380.)

2.3.1 Nettonykyarvo

Nettonykyarvo (NPV) lasketaan diskonttaamalla ennakoitua kassavirrat laskentakorkokannalla investointihetkeen, vähentämällä hankintameno sekä lisäämällä mahdollinen laskentakorkokannalla diskontattu jäännösarvo (kaava 1). Jos nykyarvoksi tulee suurempi kuin 0, investointi lisää yrityksen arvoa ja on kannattava. Eri-suuruisia investointeja voi verrata mielekkäällä tavalla keskenään laskemalla investoinneille suhteellisen nykyarvon, jossa nettonykyarvo suhteutetaan investoinnin hankintahintaan. (Järvenpää ym. 2015, 381.)

Nettonykyarvo NPV lasketaan kaavalla

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} + \frac{JA_n}{(1+i)^n} - H \quad (1)$$

missä

- NCF on nettokassavirrat
- i on laskentakorkokanta eli investoinnin tuottovaatimus
- t on ajan symboli
- n on investoinnin pitoaika vuosina
- JA_n on investoinnin jäännösarvo pitoajan päätyttyä
- H on investoinnin hankintameno. (Järvenpää ym. 2015, 382.)

2.3.2 Sisäinen korkokanta

Investoinnin sisäinen korkokanta ilmoittaa sen investoinnin tuottotason, jolla investoinnin nettonykyarvo on 0. Tällöin sisäisellä korkokannalla diskontatut investoinnin nettotuotot ovat alkuinvestoinnin suuruiset. Sisäinen korkokanta kertoo, millä tuottotasolla investointi on vielä kannattava. Kannattavuutta arvioidaan vertaamalla laskettua sisäistä korkokantaa investoinnin tuottovaatimukseen. Jos tuottovaatimus on sisäistä korkoa suurempi, ei investointi ole kannattava, ja jos se on pienempi, on investointi kannattava. Sisäisen koron laskenta on useamman asteen funktio, jolloin käsin laskettaessa joudutaan iteroimalla tai interpoloimalla kokeilemaan nettonykyarvon kaavasta (1), millä laskentakorkokannalla $NPV = 0$. (Järvenpää ym. 2015, 384.)

2.3.3 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmässä investoinnin hankintakustannus jaetaan pitoajalle vuosiannuiteettina, jota verrataan vuosittaisiin investoinnin kassavirtoihin. Investoinnin jäännösarvo huomioidaan hankintakustannuksissa diskonttaamalla jäännösarvo laskentakorolla investointihetkeen. Investointi on kannattava, kun vuosittaiset nettokassavirrat ovat annuiteettia suuremmat. Annuiteettimenetelmällä voi tarkastella

vuosittaisten nettotuottojen vaihtelua, kun investoinnin kustannukset on kohdistettu vuositasolle sen pitoajan mukaisesti. ”Ostaa vai valmistaa” -päätöksissä annuiteetimenetelmän avulla voidaan laskea tuotteittain investoinnista aiheutuneet pääomakustannukset siten, että mukana on myös tuottovaatimus yrityksen tavoitteiden mukaisesti. (Järvenpää ym. 2015, 386.)

Investoinnin vuotuinen annuiteetti lasketaan kaavalla:

$$\text{Annuiteetti} = A \times H = \frac{k}{1-(1+k)^{-n}} \times H \quad (2)$$

missä

- A on annuiteettitekijä
- H on investoinnin hankintameno (mahdollinen jäännösarvo lisätään hankintamenoon diskonttaamalla se laskentakorolla investointihetkeen)
- k on pääomakustannus (prosentteina)
- n on investoinnin pitoaika vuosina. (Järvenpää ym. 2015, 386; Puolamäki & Ruusunen 2009, 226.)

2.3.4 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan menetelmässä investoinnin kannattavuutta mitataan sillä, kuinka nopeasti investoinnin hankintameno katetaan sen tuottamilla nettotuotoilla. Mitä lyhyempi takaisinmaksuaika on, sitä kannattavampi investointi on. Menetelmässä kumulatiivisen kassavirran tarkastelu on erittäin havainnollinen ja hyödyllinen investoinnin kannattavuuden analysointitapa. Takaisinmaksuajan perusmalli ei ota huomioon rahan aika-arvoa, mutta sen voi ottaa huomioon laskemalla takaisinmaksuajan korollisena. Menetelmän perusmallin keskeinen ongelma on se, ettei takaisinmaksuajan jälkeisten tapahtumien vaikutuksia kannattavuuteen huomioida. Tämän voi korjata laskemalla kumulatiiviset kassavirrat korollisena ja ottamalla huomioon takaisinmaksuajan jälkeiset nettokassavirrat. Korollisen takaisinmaksuajan kumulatiivinen kassavirta osoittaa investoinnin nettohyötyarvon pitoajan lopussa. (Järvenpää ym. 2015, 388-390.)

Takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla

$$Takaisinmaksuaika = \frac{H}{NCF} \quad (3)$$

missä

H on investoinnin hankintameno

NCF on vuotuiset nettokassavirrat. (Järvenpää ym. 2015, 388.)

2.3.5 Investoinnin tuotto prosentti

Investoinnin tuotto prosentti (ROI) on yksinkertaistettu malli sisäisen korkokannan menetelmästä. Koska pääoman tuottoastetta käytetään usein yrityksen toiminnan ohjaamisessa ja suorituksen arvioinnissa, käytetään sitä toisinaan myös investointilaskennassa, kun halutaan arvioida investoinnin vaikutusta yrityksen pääoman tuottoon. Menetelmän ongelmana on kuitenkin se, ettei se ota huomioon rahan aika-arvoa eikä perustu kassavirtojen tarkasteluun. Pääoman tuottoaste voidaan laskea joko alkuperäiselle hankintamenoille tai keskimäärin sitoutuneelle pääomalle. (Järvenpää ym. 2015, 390.)

Pääoman tuotto prosentti alkuperäiselle hankintamenoille lasketaan kaavalla

$$ROI = \frac{IT - IK - P}{H} \quad (4)$$

missä

ROI on investoinnin tuotto prosentti

IT on investoinnin tuotot

IK on investoinnin kulut

P on poistot

H on investoinnin hankintameno. (Järvenpää ym. 2015, 390.)

Pääoman tuotto prosentti keskimäärin sitoutuneelle pääomalle lasketaan kaavalla

$$ROI = \frac{IT - IK - P}{(H + JA) / 2} \quad (5)$$

missä

ROI	on investoinnin tuotto prosentti
IT	on investoinnin tuotot
IK	on investoinnin kulut
P	on poistot
H	on investoinnin hankintameno
JA	on jäännösarvo. (Järvenpää ym. 2015, 390.)

2.4 Investointilaskennan erityiskysymyksiä

Yritys joutuu maksamaan tuloveroa positiivisesta nettokassavirrasta. Investointilaskelmissa vuotuisten verojen määrä lasketaan kertomalla kassatulojen ja lyhytvaikutteisten menojen erotus tuloverokannalla. Näin korkovähennysten verohyöty ei tule mukaan kassavirtaan, vaan korkojen verohyöty otetaan huomioon laskentakorkokannassa. (Niskanen & Niskanen 2013, 325.)

Investoinnin rahoituskustannuksia ei oteta huomioon nettokassavirrassa, sillä ne huomioidaan jo laskentakorkokannassa. Poistojen verohyötyä sen sijaan ei huomioida laskentakorossa, jolloin tämä täytyy huomioida vähentämällä vuosittain verojen kassavirrasta poistojen verohyödyn verran. Poistojen verohyöty lasketaan kertomalla vuotuiset poistot tuloverokannalla. (Niskanen & Niskanen 2013, 325.)

On lukuisia tapoja ottaa riskit ja epävarmuus huomioon, suositeltavin tapa on ottaa ne huomioon laskentakorkokannassa, jolloin riskiltään erilaisilla investoinneilla voi olla eri tuotto vaatimuksia. Käytännössä kuitenkin riskikorjaus tehdään usein nettotuottojen jakaumaan, mutta tällöin realistinen kuva nettotuottojen kertymisestä ja ajoituksesta voi vääristyä. Takaisinmaksuajan vaihtelu on myös yksi tapa ottaa riski huomioon. Tällöin suuririskisiltä investoinneilta vaaditaan pienempiriskisiä investointeja nopeampaa takaisinmaksuaikaa. Vastaavasti sisäisen korkokannan mene-

telmällä lasketuilta suuririskisiltä investoinneilta vaaditaan suurempaa tuottoa. Herkkyysanalyysit ja kassavirtojen todennäköisyysjakaumat ovat yleinen tapa hahmottaa investointiprojektin kannattavuutta. (Järvenpää ym. 2015, 396.)

Investointilaskelmissa unohdetaan usein ottaa huomioon investoinnista aiheutuvat nettokäyttöpääoman muutokset. Tyypillisesti investointi kasvattaa esim. materiaali- ja muita varastoja, joihin sitoutuvan pääoman kustannukset tulisi huomioida investointilaskelmissa. Toiminnan laajeneminen lisää tyypillisesti myös kassavarojen määrää, jotta kasvaneista velvoitteista voidaan suoriutua. Nettokäyttöpääoma voidaan huomioida joko maksu- tai kustannusperusteisesti. Maksuperusteisessa tavassa käyttöpääoman lisäys kasvattaa hankintamenoa ja investoinnin pitoajan jälkeen vapautuva käyttöpääoma taas kasvattaa kyseisen vuoden nettotuottoja, jotka diskontataan tuottovaatimuksella investointihetkeen. Kustannusperusteisessa menetelmässä käyttöpääomalle lasketaan vuosikustannus, joka vähennetään jokaisen vuoden nettotuotoista. (Järvenpää ym. 2015, 397.)

Investointien ajoitukseen liittyy monia tekijöitä, kuten tosiasia, että investointien kustannukset poikkeavat merkittävästi toisistaan eri suhdannetilanteissa. Lisäksi kilpailijoiden toiminta tai markkinatilanteen muutokset voivat vaatia strategisia investointeja. Korvausinvestointien oikea ajoittaminen on myös keskeinen päätös, jossa vaihtoehtoiskustannusten analysoinnilla esim. uuden ja vanhan koneen osalta on merkittävä rooli. (Järvenpää ym. 2015, 398.)

Inflaatio otetaan huomioon joko nimellisesti tai reaalisesti. Inflaation vaikutus sisältyy nimellisiin kassavirtoihin. Reaaliset kassavirrat lasketaan tarkasteluvuoden rahassa, useimmiten investointihetken tilanteen mukaan, jolloin inflaatio täytyy eliminoida kassavirroista. Nimellinen kassavirta saadaan reaaliseksi eri indeksejä, kuten tukkuhintaindeksiä tai kuluttajahintaindeksiä käyttäen. Kun investointilaskelma lasketaan reaalisilla kassavirroilla, tulee myös nimellinen korko muuttua realliseksi korkoksi. (Järvenpää ym. 2015, 401.)

2.5 Investointiprojektin kustannusohjaus ja jälkilaskenta

Tyypillisesti investointien tarkkailu ja seuranta jaotellaan investoinnin toteutuksen aikaiseen kustannusseurantaan ja investointitoiminnan ohjaukseen sekä loppuun saatettujen investointien tarkkailuun. Investoinnin tarkkailun motiivit voidaan tiivistää seuraavasti:

1. Suunnitelmien toteutuksen seuranta
 - a. kannattavuus
 - b. suunnittelu- ja toteumalaskelmien vertaaminen
2. Korjaustoimenpiteet ja aloitetun investoinnin hylkääminen, jos tarpeen
 - a. kustannusten toteumaseuranta ja valvonta
 - b. virheiden ja niiden syiden tunnistaminen sekä toiminta
3. Opitun siirto uusiin projekteihin
 - a. seurantatulosten dokumentointi ja kommunikointi
4. Investointiehdotusten yleinen parantaminen
 - a. realistisuus ja tarkkuus
 - b. riskianalyysit
 - c. pelikäyttäytymisen vähentämisen tavoittelu
5. Investointitoiminnan yleinen parantaminen
 - a. investointiprosessin laadun arviointi ja kehittäminen. (Järvenpää ym. 2015, 402.)

Investointiprojektin tarkkailun ja jälkilaskennan kiistaton etu on tulevan investointitoiminnan laadun paraneminen, tiedon lisääntymisen myötä. Tarkkailun myötä voidaan myös vähentää investointiehdotuksien yhteydessä esiintyvää pelikäyttäytymistä, jossa investointi esitetään päätöksentekijöille todellisuutta paremmassa valossa. (Järvenpää ym. 2015, 402.)

2.6 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysi on luultavasti yleisin yrityksissä käytössä oleva investointien riskien arviointimenetelmä. Menetelmässä investointilaskelma tehdään ensin tietyillä arvoilla, jonka jälkeen tekijöiden arvoja muutetaan yksi tai useampi kerrallaan, jotta

saadaan selville investoinnin kannattavuuden herkkyys näille tekijöille ja niiden määrittämisen arviointivirheille. Herkkyysanalyysin tuloksena saadaan taulukko eri tekijöiden epäedullisten ja edullisten virheiden vaikutuksesta investoinnin kannattavuuteen. Analyysin tulokset voidaan havainnollistaa myös piirtämällä herkkyysanalyysikuvio. (Puolamäki & Ruusunen 2009, 247.)

Kun investoinnin kannattavuutta tarkastellaan nettonykyarvolla, saadaan peruslaskelman nettonykyarvo muutettua uudeksi arvioksi kaavalla

$$NNA_{\alpha} = NNA_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\alpha S_t}{(1+k)^t} \quad (6)$$

missä

NNA_{α} on virhetekijällä korjattu nettonykyarvo

NNA_0 on suunniteltu nettonykyarvo

α on virhetekijä

S_t on kassavirta periodilla t

k on pääomakustannus

n on taloudellinen pitoaika. (Puolamäki & Ruusunen 2009, 247.)

Perinteisesti toteutetun herkkyysanalyysin lähestymistapa on mekaaninen. Prosentuaalista virhetekijää sovelletaan kaikkiin tekijöihin samana, riippumatta siitä, miten järkevää se on. Tekijöiden keskinäinen riippuvuus on muistettava analyysia tehtäessä. Esimerkiksi myyntivolyymien laskiessa myös muuttuvat kustannukset laskevat. (Puolamäki & Ruusunen 2009, 250.)

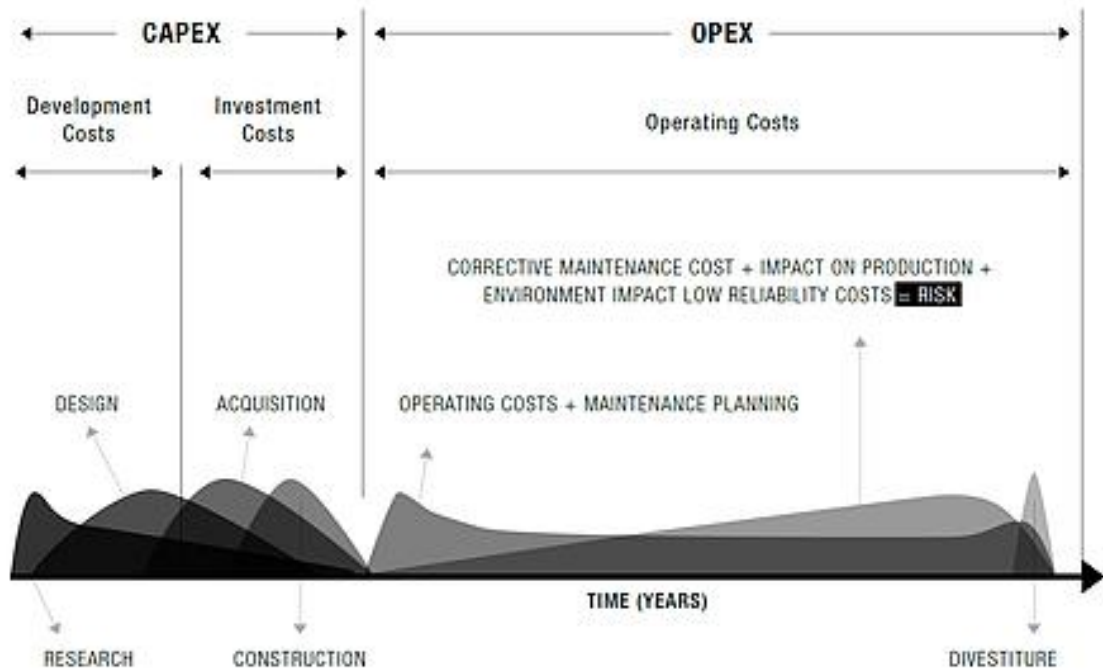
Herkkyysanalyysista on käytössä kaksi erikoissovellusta: kolmiarvoinen laskelma ja kriittisten arvojen menetelmä. Kolmiarvoisessa menetelmässä lähdetään liikkeelle tarkimmasta mahdollisesta kannattavuusarviosta, jota pidetään todennäköisimpänä lopputuloksena. Tämän jälkeen arvioidaan jokaiselle kannattavuustekijälle pessimistinen ja optimistinen arvo. Tämän menetelmän avulla saadaan selville kannattavuuden vaihteluväli sekä eri kannattavuusarvojen esiintymistiheysprofiili. Kriittisten arvojen menetelmässä lasketaan jokaiselle kannattavuustekijälle arvo, jolla investoinnin kannattavuus on nolla. (Puolamäki & Ruusunen 2009, 250.)

3 ELINKAARIKUSTANNUKSET (LCC)

3.1 Elinkaarikustannusten taustaa

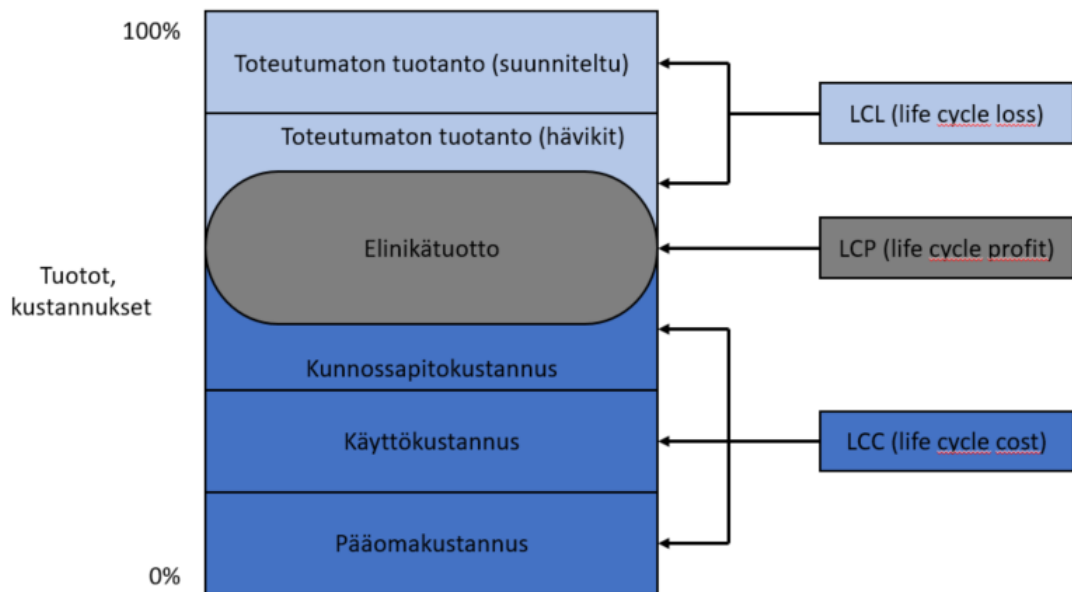
Elinkaarikustannuksilla (Life Cycle Costs, LCC) tarkoitetaan kaikkia niitä yhteenlaskettuja kustannuksia, joita investoitava laite tai työkalu elinkaarensa aikana synnyttää. Elinkaarella tarkoitetaan ajanjaksoa laitteen määrittelystä, aina sen lopussa tapahtuvaan käytöstä poistoon. Näitä kustannuksia voi aiheutua esim. hankintamenoista, laitteen käytöstä, kunnossapidosta ja käytöstä poistosta. Elinkaarikustannusten analysoinnin tarkoituksena on valita eri vaihtoehdoista se kaikkein kustannustehokkain. Yleensä käytön, kunnossapidon ja käytöstä poiston kustannukset ovat moninkertaiset hankintamenoon verrattuna. Elinkaarikustannukset tulee esittää nettonykyarvon muodossa, jotta poistot, verot ja rahan aika-arvo tulee huomioituksi. (Barringer 2003, 2.)

Barringerin (2003, 2) mukaan hankintakustannukset ovat usein ainoat kriteerit investoitavien vaihtoehtojen valinnassa. Hänen mukaansa elinkaarikustannusten analysointia tarvitaankin demonstroimaan riittävätkö käytön aikana saatavat säästöt kattamaan investointikustannukset. Kuviossa 1 esitetään, kuinka kustannukset jakautuvat aikajanalla. Elinkaarikustannukset jakautuvat pääomakustannuksiin (Capital Expenditures, CAPEX) ja operatiivisiin kustannuksiin (Operational Expences, OPEX). Pääomakustannukset puolestaan jakautuvat investoinnin tutkimus- ja suunnittelukustannuksiin sekä järjestelmän hankinta- ja rakennuskustannuksiin. Operatiiviset kustannukset jakautuvat järjestelmän käyttökustannuksiin, suunniteltuihin kunnossapitokustannuksiin, suunnittelemattomiin kunnossapitokustannuksiin (korjaava kunnossapito), epäkäytettävyyuskustannuksiin sekä käytöstä poiston aiheuttamiin kustannuksiin.



Kuvio 1. Elinkaarikustannukset.
(Rawi 2016)

Yleensä koneen elinkaaren aikana pääoma ja käyttökustannukset säilyvät suhteellisen vakioina. Kunnossapidokustannukset sen sijaan ovat yleensä suurimmillaan elinkaaren alussa (koneen ylösajon takia) sekä elinkaaren lopussa (ikäntymisen myötä lisääntyvän kunnossapidon sekä käytöstä poiston takia). Nämä seikat vaikuttavat myös toteutuneeseen tuotantoon ja aiheuttavat tuotantohävikkiä. Suunniteltu toteutumaton tuotanto aiheutuu erilaisista pakollisista toimenpiteistä, kuten työkaluvaihdot, tuotevaihdot sekä säännölliset suunnitellut huoltotoimenpiteet. Toinen osa on suunnittelematonta hävikkiä, mikä johtuu esim. vikaantumisesta tai hylkyyn menevästä tuotoksesta. (Järviö & Lehtiö 2012, 183.) Kuviossa 2 esitetään nämä kustannukset sekä näiden väliin jäävä elinkaaren aikainen tuotto (Life Cycle Profit, LCP).



Kuvio 2. LCC-periaate.
(Järviö & Lehtiö 2012, 183)

Elinkaarilaskentamenetelmän hyviä puolia ovat:

- todellisten kustannusten paljastuminen (elinkaarikustannukset, Total Cost of Ownership)
- pakottaa keskittymään siihen, miten kone toimii ja mitä sillä tekee
- voidaan käyttää johdon päätöksentekotyökaluna, joka auttaa keskittymään faktoihin, rahaan ja aikaan. (Järviö & Lehtiö 2012, 190; Barringer 2003, 3.)

3.2 Elinkaarilaskennan vaiheet

Elinkaarilaskennan vaiheet noudattavat seuraavanlaista prosessia:

1. Määrittele ongelma/investointi, joka vaatii elinkaarilaskentaa: määritä mitä on analysoitava, aikajana elinkaarilaskennalle sekä taloudelliset kriteerit.
2. Vaihtoehdot sekä hankinta- ja ylläpitokustannukset: keskity teknisiin ominaisuuksiin taloudellisten vaikutusten kautta vaihtoehtojen etsinnässä.
3. Valmistele kustannuserittelyn rakenne/puu: jaa kustannusyksityiskohdat vuositasolle käyttäen kustannusrakenteiden muistilistoja.

4. Valitse analyyttinen kustannusmalli: yksinkertainen, yksinkertainen korjausten ja varaosien vaihtelulla, monimutkainen satunnaisvaihteluilla, jne., hankkeen monimutkaisuuden mukaan.
5. Kerää kustannusarviot ja kustannusmallit.
6. Luo kustannusprofiilit laskentajakson jokaiselle vuodelle.
7. Luo kriittisen pisteen kaaviot vaihtoehdoista.
8. Luo Pareto-kaaviot suurimmista kustannusaiheuttajista.
9. Tee herkkyysanalyysi: testaa mitä tapahtuu, jos suurimmat kustannusmuuttujat muuttuvat esim. $\pm 10\%$ suunnitellusta.
10. Tee riskianalyysi: tutki suurimpien kustannusaiheuttajien epävarmuus, virheiden riskit tai vaihtoehdot korkean kustannustason kohteille ja anna palautetta vaiheille 2–5.
11. Valitse toteutettava vaihtoehto elinkaarikustannuslaskennan perusteella. (Barringer 2003, 4; Fabrycky & Blanchard 1991, Appendix A.)

3.3 Laskentamenetelmä

Perinteisellä LCC-laskentamenetelmällä oletetaan, että investoinnin vuosittaiset kustannukset ovat saman suuruiset. Lähtötiedoiksi tarvitaan seuraavat tiedot:

- investoinnin hankintamenot
- kulut, joita ei voida aktivoida
- vuotuiset kunnossapitokustannukset
- vuotuiset käyttökustannukset
- vuotuiset kiinteät kustannukset
- investoinnin jäännösarvo
- vuotuiset tuotot. (Järviö & Lehtiö 2012, 183-184.)

Elinkaarikustannusten laskentakaavat esitetään seuraavassa, ensin tulee summa-kaava ja sitä seuraa osasummien laskentakaavat.

Elinkaarikustannukset lasketaan kaavalla

$$Lcc = Ci + Ny (Co + Cm + Cs) \quad (7)$$

missä

- Lcc on elinkaarikustannus
- Ci on investointikustannus
- Ny on elinaika vuosina
- Co on vuosittainen käyttökustannus
- Cm on vuosittainen kunnossapitokustannus
- Cs on vuosittainen epäkäytettävyyuskustannus (toteutumaton tuotanto)
(Järviö & Lehtiö 2012, 184.)

Investointikustannukset lasketaan kaavalla

$$Ci = Cim + Cib + Cie + Cir + Civ + Cid + Cit \quad (8)$$

missä

- Ci on investointikustannus
- Cim on investointi tuotantovälineeseen
- Cib on investoinnit rakennuksiin, teihin ja väyliin
- Cie on investoinnit energian jakeluun
- Cir on investoinnit varaosiin
- Civ on investoinnit työkaluihin
- Cid on investoinnit ohjeisiin, piirustuksiin (dokumentaatiot)
- Cit on investoinnit koulutukseen. (Järviö & Lehtiö 2012, 184.)

Käyttökustannukset lasketaan kaavalla

$$C_o = C_{op} + C_{oe} + C_{om} + C_{of} + C_{ot} \quad (9)$$

missä

C_o on vuosittainen käyttökustannus

C_{op} on käyttöhenkilöstön kustannus

C_{oe} on energiakustannus

C_{om} on käyttömateriaalit

C_{of} on kuljetukset, siirrot

C_{ot} on käyttäjien säännöllinen (jatkuva) kouluttaminen. (Järviö & Lehtiö 2012, 184.)

Kunnossapitokustannukset lasketaan kaavalla

$$C_m = C_{mp} + C_{mm} + C_{pp} + C_{pm} + C_{rp} + C_{rm} + C_{mt} \quad (10)$$

missä

C_m on vuosittainen kunnossapitokustannus

C_{mp} on henkilöstökustannukset (korjaava kunnossapito)

C_{mm} on materiaalikustannukset (korjaava kunnossapito)

C_{pp} on henkilöstökustannukset (ennakoiva kunnossapito)

C_{pm} on työkalu, laite ja materiaalikustannukset (ennakoiva kunnossapito)

C_{rp} on henkilöstökustannukset (uudistava kunnossapito)

C_{rm} on materiaalikustannukset (uudistava kunnossapito)

C_{mt} on kunnossapitohenkilöstön säännöllinen (jatkuva) kouluttaminen (Järviö & Lehtiö 2012, 185.)

Epäkäytettävyyuskustannukset lasketaan kaavalla

$$C_s = N_t \times M_{dt} \times C_{lp} \quad (11)$$

missä

- C_s on vuosittainen epäkäytettävyyuskustannus (toteutumaton tuotanto)
- N_t on kunnossapitokertojen määrä vuodessa
- M_{dt} on keskimääräinen seisokkiaika
- C_{lp} on epäkäytettävyyuskustannus/tunti. (Järviö & Lehtiö 2012, 185.)

Nykyaikaisemmilla metodeilla laskettuna määritellään vuosittaiset kustannukset, joiden ei tarvitse olla yhtä suuret. Näin voidaan huomioida esim. mahdolliset modernisaatiot laskentajakson aikana sekä ottaa huomioon rahan aika-arvo. Laskutoimituksissa hyödynnetään normaaleja kustannuslaskennan sääntöjä ja keinoja. Käytettäviä laskentatapoja ovat nykyarvomenetelmä, annuiteettimenetelmä sekä sisäisen koron menetelmä. (Järviö & Lehtiö 2012, 185.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

4.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja oletukset

Aivan aluksi tutkimukselle määritettiin tavoitteet ja lähtökohdat. Ensimmäiseksi määritettiin tuotantovolyymit, joille investointia suunniteltaisiin. Määrä oli noin 3300 venettä/vuosi. Vaikka yleiset talousnäkymät ovat piristymään päin, päätettiin pitää tuo varovainen tuotantovolyymi koko laskentajaksolle, koska venealan myynti on ollut alavireinen jo vuosia ja moottoriveneiden kokonaismarkkina laskee edelleen noin 4 %/vuosi (Trafi 2.11.2017). Laskentajaksoksi määriteltiin 10 vuotta, joka on ohutlevyjen leikkuujärjestelmille kokemusten mukaan hyvä pitoaika sekä taloudellisesti että teknisesti.

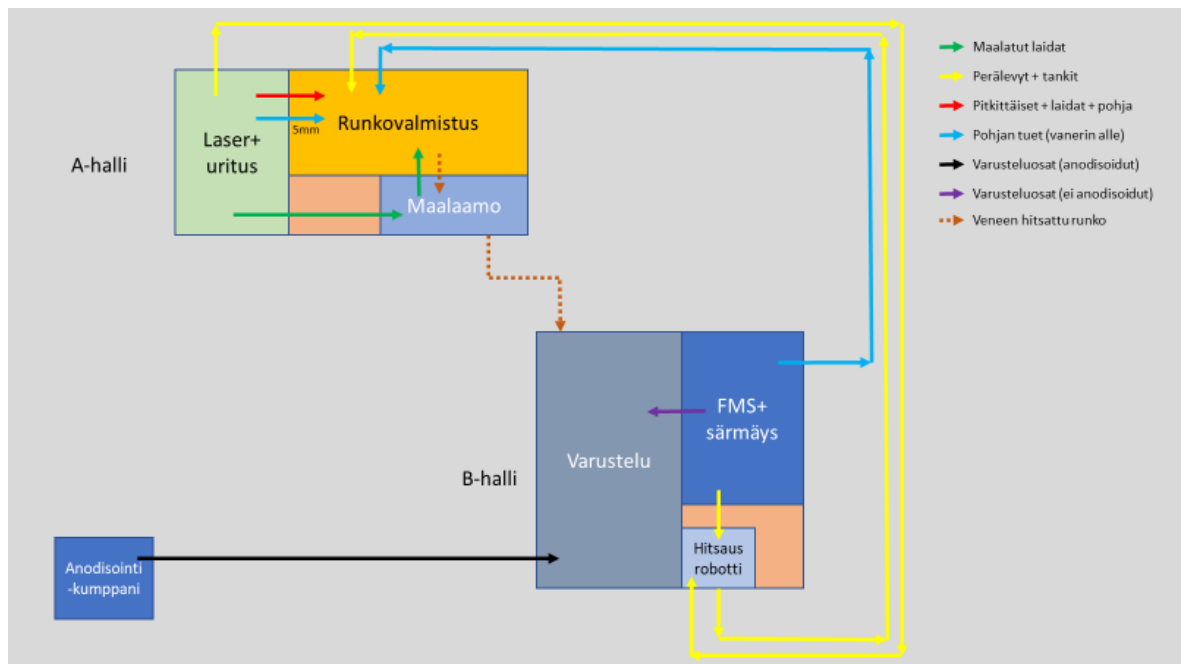
Hyvien kokemusten myötä päätettiin, että pienten leikkeiden (nykyisellä FMS-järjestelmällä leikattavat osat) purku- ja lajittelutapa olisi edelleen automaattipurku. Automaattipurku on tehokas tapa saada naarmuttomia osia, eikä tästä saavutetusta laatutasosta haluttu luopua.

Vuosien varrella on myös eri tahojen kanssa pohdittu, olisiko alumiinimateriaalin hankinnassa saavutettavissa säästöjä ostamalla materiaali rullina sen sijaan että ostetaan valmiita arkkeja. Tämä hankintatapa päätettiin ottaa yhtenä vaihtoehtona tutkimuksiin mukaan. Samalla määritettiin myös, että alumiinimateriaalin laatuvaatimukset pidetään, materiaalin hankintatavasta tai työstötavasta riippumatta, yhtä korkealla kuin tähänkin asti. Tällä on suuri merkitys, sillä suurin osa alumiinista on pintakäsittelemätöntä ja erittäin näkyvästi esillä lopputuotteessa, jolta asiakkaat odottavat korkeaa laatua.

4.2 Vaihtoehtoiset layoutit

Seuraavaksi pohdittiin osavalmistuksen sijaintia, sillä tiloja vapautuu takomon tuotannon loppumisen myötä sekä viimeaikaisten strategisten linjausten myötä eri venerunkojen hitsauslinjojen yhdistyessä tuotekehitysprojektien yhteydessä. Vaikka

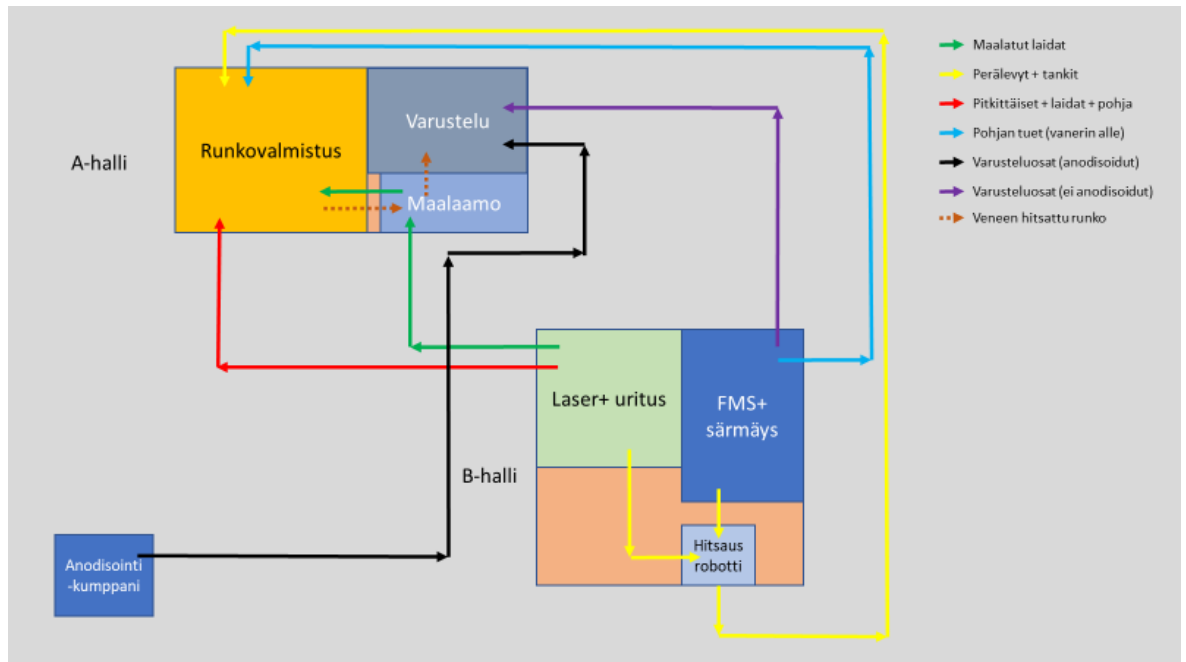
tarkemmat layoutit rajattiin pois tutkimuksesta, täytyi layoutia pohtia karkealla tasolla, jotta ymmärrettäisiin osavalmistuksen sijainnin yhteydet kustannuksiin. Koko tehtaan layout oli täysin muokattavissa, joten eri layout vaihtoehtoja pohdittiin kevyttä materiaalivirta-analyysiä hyödyntäen, tyypillisten osien suhteen. Ainoastaan maalaamon sijainti ei ole muokattavissa, sillä maalaamon linjastot ja ilmanvaihto ovat erittäin arvokkaita ja kiinteitä kokonaisuuksia. Anodisoitavat osat tulisivat jatkossakin yhteistyökumppanin valmistamana, joten niitä ei sen enempää tässä tutkimuksessa käsitellä. Valmiiden runkojen tai veneiden materiaalivirtoja ei tässä sen enempää tutkita, sillä ne kulkevat aina samaa rataa: runkovalmistuksesta maalaukseen ja sieltä varusteluun. Poikkeuksen muodostavat vain pienimmät mallit Mini, S ja M, joita ei pääsääntöisesti maalata: ne varustellaan valmiiksi asti runkovalmistuksessa.



Kuvio 3. Layout-vaihtoehto 1.

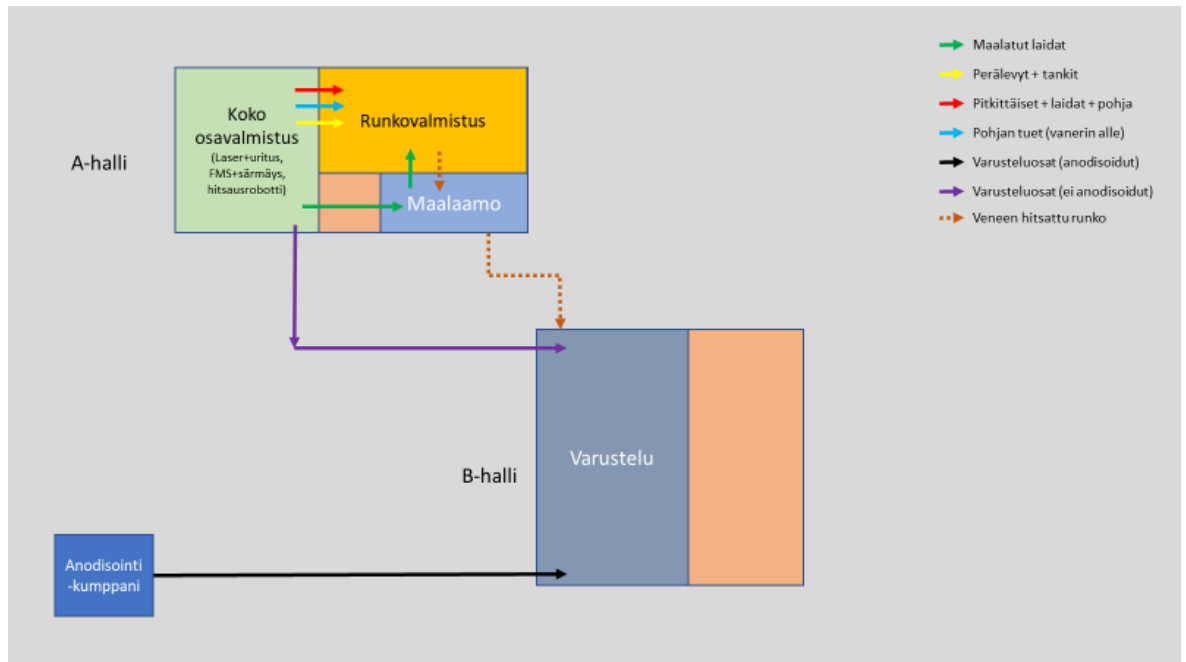
Layout-vaihtoehdossa 1 (kuvio 3) runkovalmistus säilyisi A-hallissa ja varustelu siirtyisi B-halliin. Tässä vaihtoehdossa osavalmistus pilkottaisiin siten, että isojen leikkeiden leikkuusta huolehtiva laser-leikkuri sekä laitojen uritus ja pohjien särmäys olisi A-hallissa, sillä ne palvelevat ainoastaan runkovalmistusta. Pienten osien leikkuusta huolehtiva FMS-järjestelmä kombikoneineen ja särmäyksineen jäisi B-halliin, sillä se palvelee suurimmaksi osaksi varustelua. Juuri käyttöönotettu hitsausrobotti

jäisi myös tässä vaihtoehdossa B-halliin, vaikka se palvelee ainakin toistaiseksi ai-noastaan runkovalmistusta. Hitsausrobotti jätettiin tässä pohdiskelussa B-halliin, jotta vältettäisiin sen siirtämisestä aiheutuvat kustannukset. Tässä vaihtoehdossa materiaalivirrat näyttäisivät kulkevan melko selkeästi, lukuun ottamatta hitsausrobo-tin käsittelemiä osia.



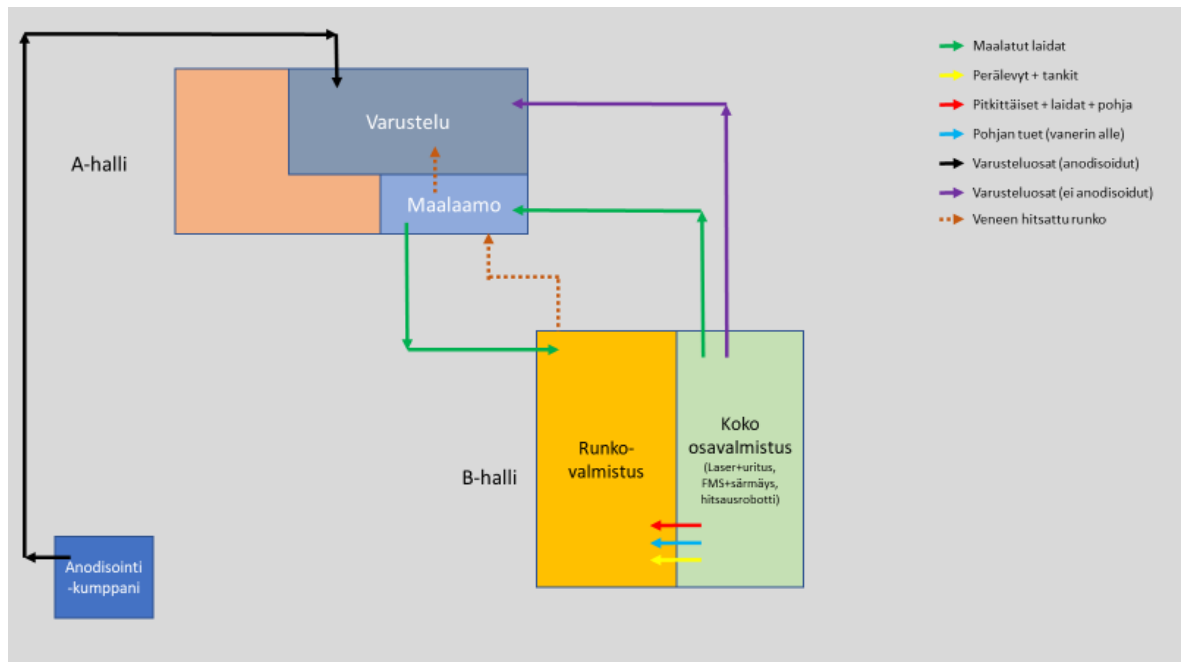
Kuvio 4. Layout-vaihtoehto 2.

Layout-vaihtoehdossa 2 (kuvio 4) sekä runkovalmistus että varustelu säilyisivät nykyisillä paikoillaan A-hallissa. FMS-järjestelmä särmäyksineen sekä hitsausrobotti säilyisivät nykyisillä paikoillaan B-hallissa. Laser ja uritus pohjan särmäyksineen tulisi B-halliin. Tässä vaihtoehdossa koko osavalmistus muodostaisi kokonaisuuden B-halliin, jolloin koko materiaalivirta kulkisi ulkokautta, ulkotrukkia työllistäen. Ainoa hyvä puoli materiaalivirtojen suhteen olisi se, että yhtään takaisinkytkentää ei olisi, eli tavara kulkisi aina yhteen suuntaan.



Kuvio 5. Layout-vaihtoehto 3.

Layout-vaihtoehdossa 3 (kuvio 5) runkovalmistus säilyisi A-hallissa ja varustelu siirtyisi B-halliin. Koko osavalmistus siirtyisi A-halliin, jolloin ulkokautta kulkisivat enää vain varusteluosat. Valtaosa materiaalivirrasta kulkisi A-hallin sisällä, ja tämä malli onkin selkeydessään erittäin hyvä malli.



Kuvio 6. Layout-vaihtoehto 4.

Layout-vaihtoehdossa 4 (kuvio 6) varustelu säilyisi nykyisellä paikallaan A-hallissa ja runkovalmistus siirtyisi B-halliin. Koko osavalmistus säilyisi nykyisellä paikallaan B-hallissa ja suurin osa materiaalivirrasta kulkisi B-hallin sisällä suoraan runkovalmistukseen. Ainoastaan varusteluosat ja maalattavat laitapellit kulkisivat ulkokautta. Huonona puolena tässä vaihtoehdossa olisi laitojen takaisinkytkentä maalauksesta takaisin B-halliin.

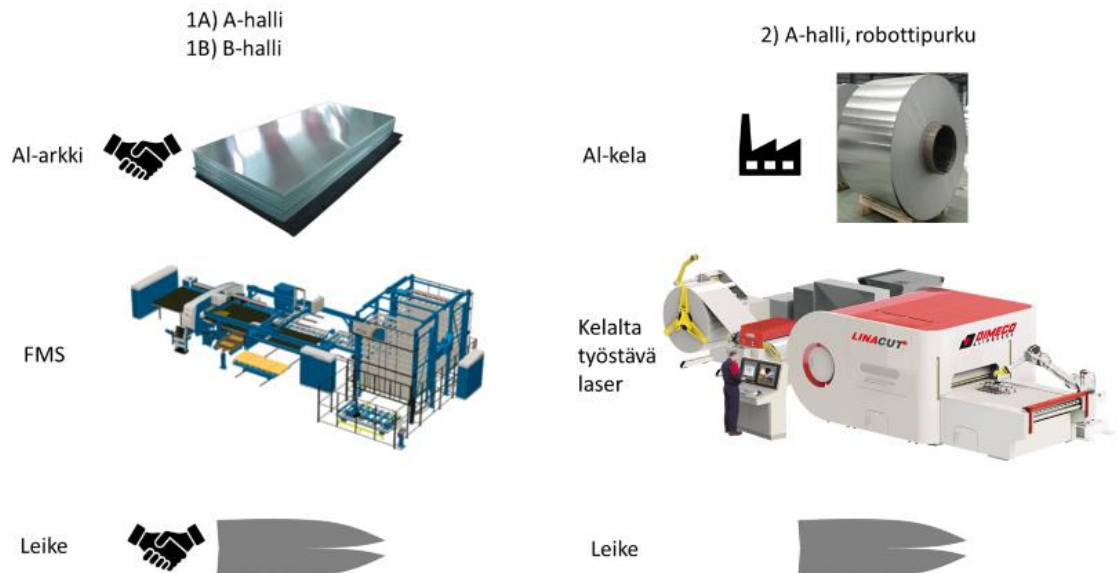
Materiaalivirtojen suhteen huonoin vaihtoehto näyttäisi olevan vaihtoehto 2. Selkein vaihtoehto näyttäisi olevan vaihtoehto 3, mutta tässä vaihtoehdossa realisoituisivat suurimmat siirtokustannukset osavalmistuksen siirtämisestä A-halliin. Vaihtoehto 4 olisi melko selkeä, vaikkei kuitenkaan yhtä selkeä kuin vaihtoehto 3, mutta tämän vaihtoehdon etuna olisivat pienimmät siirtokustannukset, koska osavalmistus säilyisi nykyisellä paikallaan. Vaihtoehto 1 olisi selkeä vaihtoehto, jos hitsausrobotti siirrettäisiin myös A-halliin, tällöin kuitenkin menetettäisiin mahdolliset synergiaedut FMS-järjestelmän ja laserin käytön väliltä, ja tämä vaihtoehto sisältäisi myös jonkin verran siirtokustannuksia.

Nopean tarkastelun jälkeen näyttäisi olevan selkeä yhteys osavalmistuksen ja runkovalmistuksen välillä. Olisi siis tärkeää, että runkovalmistus ja koko osavalmistus olisivat samassa hallissa, tällöin minimoitaisiin myös ulkotrukin käyttö. Vaihtoehtoisien investointikohteiden tutkimuksissa päädyttiin ottamaan huomioon mahdollisina layouteina vaihtoehdot 3 ja 4. Tilanteessa, jossa päädyttäisiin rullamateriaalin hankkimiseen ja työstämiseen, olisi selkeää, että ainoa vaihtoehto olisi A-halli. Tällöin vaadittaisiin jo niin paljon tilaa, että sitä ei B-hallista helposti löytyisi.

4.3 Investointivaihtoehtojen kartoitus ja esittely

Vaihtoehtojen kartoittamisen pohjaksi määriteltiin, nykyiseen tuotevalikoimaan perustuen, isojen leikkeiden leikkuukoneen leikkuualueeksi vähintään 2 m x 8 m ja levypaksuudet 5 mm:n asti. Malliston suurin vene Buster Phantom vaatisi tätäkin suurempia leikkeitä (noin 9,5 m pitkiä), mutta sen tuotantovolyymit ovat niin pieniä (10–15 kpl / vuosi, eli alle 1 % kokonaistuotannosta), ettei laitteistoa kannata mitoitaa sen mukaan. Nämä leikkeet voidaan ostaa tarvittaessa ulkoa.

Kartoitus aloitettiin etsimällä internetistä laitevaihtoehtoja, joita markkinoilta löytyy. Yrityksessä oli myös kokemusta siitä, mitä alan messuilla oli esitelty, joten nykyisten ja aiempien laitteiden valmistajat otettiin mukaan tarkasteluun. Ensisijaisesti haettiin ne vaihtoehdot, jotka vastaisivat ominaisuuksiltaan määritettyjä kriteereitä. Suuri painoarvo oli myös valmistajien tunnettuudella ja sillä miten hyvin huoltotoiminnot olivat saatavilla. Leikkuukonevalmistajien osalta tarkempiin tutkimuksiin valikoituivat Bystronic, Trumpf, Prima-Power sekä Dimeco. Ei ollut vaikea huomata, että talous oli piristymässä, sillä omat haasteensa tutkimuksiin toivat osittain pitkät vastausajat tarvittavien tietojen saamiseksi. Tämä oli kuitenkin täysin ymmärrettävää, sillä osa valmistajista raportoi positiivisesta ongelmasta, jopa 50 %:n myynnin kasvusta. Laittevalmistajien edustajat autoivat kuitenkin kiitettävästi tarvittavien tietojen saamisessa.



Kuvio 7. Järjestelmävaihtoehdot 1 ja 2.

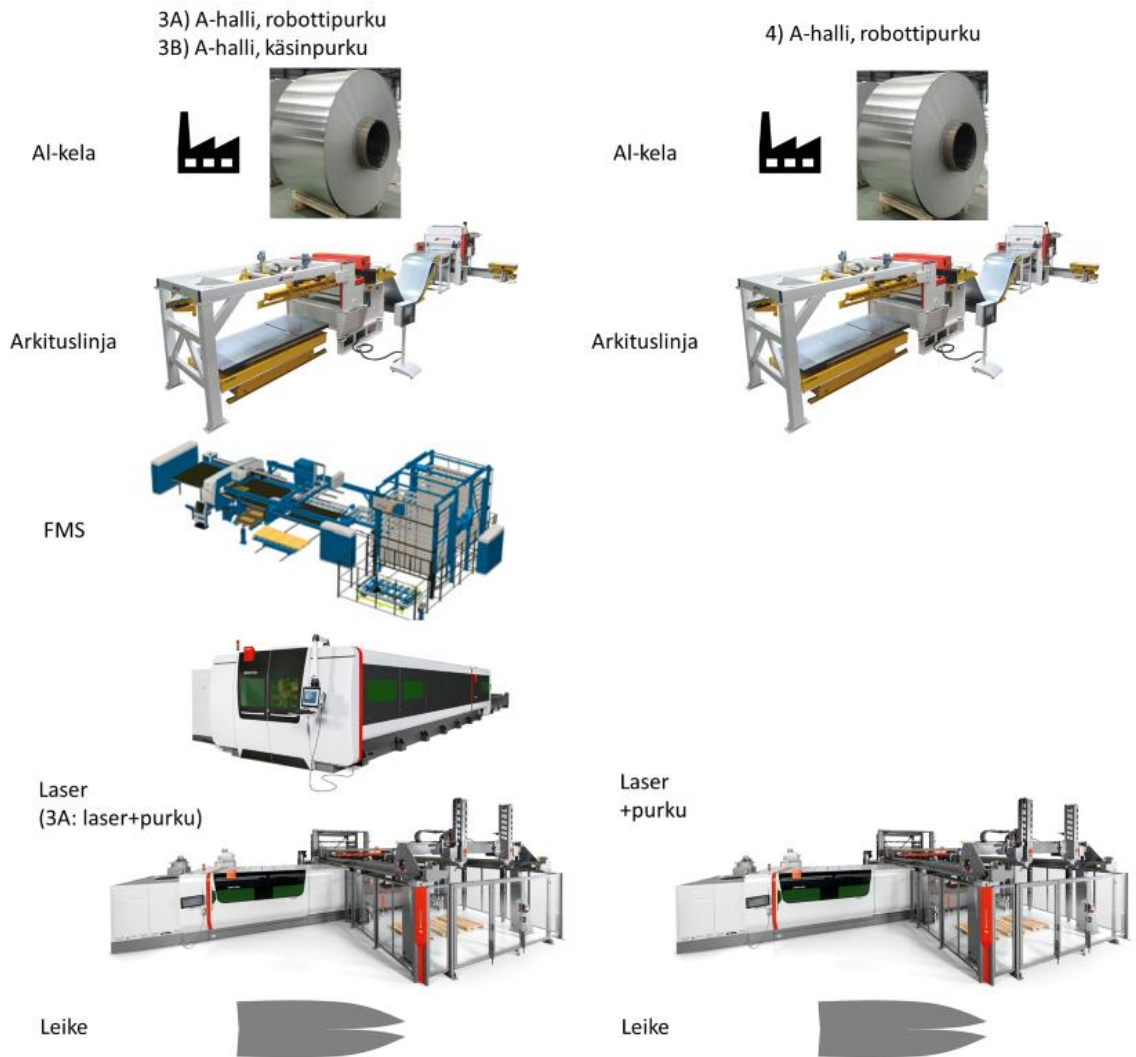
(HWALU 2017; OPhi 2017; Prima Power 2017; Dimeco [viitattu 6.12.2017])

Erilaisia järjestelmävaihtoehtoja määritettiin seitsemän, joista osassa on vielä eri variaatioita, kuten isojen leikkeiden käsinpurku tai automaattipurku. Vaihtoehdossa 1 (kuvio 7) toimitaan kuten tähänkin asti, eli alumiinit ostetaan arkkeina, jotka ovat isojen leikkeiden toimittajien varastossa. Pienet leikkeet leikattaisiin edelleen FMS-järjestelmällä, joka tässä vaihtoehdossa kuitenkin korvattaisiin uudella Prima Powerin koneella. Isot leikkeet tulisivat edelleen valmiiksi leikattuna yhteistyökumppanin

toimesta. Tässä vaihtoehdossa on A- ja B-vaihtoehdot uuden FMS-järjestelmän sijaintivaihtoehtojen takia. A-vaihtoehdossa uusi FMS tulisi A-halliin, jolloin investoitaisiin myös pieneen Combo-levy-/leikevarastotorniin, joka kytketään kombikoneeseen. Combo-varastolla olevan FMS-järjestelmän levykoko tulisi olemaan 3 m x 1,5 m, kun vanhan koneen levykoko on 4 m x 1,5 m. Tällöin vanhan koneen suuri levy-/leikevarasto B-hallissa purettaisiin vanhan koneen mukana pois. Vanhaa varastoa ei kannattaisi siirtää A-halliin suurten siirtokustannusten takia, jolloin tässä vaihtoehdossa olisi järkevämpää hankkia tuo uusi varasto. Vanha varasto on myös tarpeettoman suuri, johtuen muutaman vuoden takaisen kanban-ohjauksen käyttöönotosta, joka minimoi keskeneräisen tuotannon. Kanbanin myötä varastoon ei juurikaan jää osia odottamaan seuraavaa työvaihetta, vaan osat valmistetaan tarpeen mukaan, jolloin kaikki työvaiheet tehdään peräkkäin kerralla alusta loppuun. B-vaihtoehdossa uusi FMS tulisi B-halliin vanhan tilalle, jolloin käytettäisiin edelleen vanhaa levy-/leikevarastoa (josta voisi tarvittaessa purkaa osan pois), tällöin säästyisi uuden varaston investointikustannus. (Prima Power 2017; Fiskaali 2017.)

Vaihtoehdossa 2 (kuvio 7) alumiini ostettaisiin rullatavarana suoraan alumiinitehtaalta. Tässä vaihtoehdossa investoitaisiin Dimecon rullalta suoraan työstävään laserleikkuriin, jossa olisi myös automaattinen osien purku ja lajittelu. Tässä laitteessa olisi rullan purkulaitteisto sekä hieno-oikaisulaitteisto, josta alumiini syötetään suoraan laserille, jonka jälkeen purku/lajittelurobotti poimii ja lajittelee leikatut osat lavoille. Nerokasta tässä laitteistossa on se, että levy liikkuu koko ajan pysähtymättä, purkurobotinkin purkaa osat samaa tahtia, kun osat tulevat liukuhihnalta. Rullalta puretun alumiinin laatu säilyy parempana, kun rullalta purku ja oikaisu tapahtuvat jatkuvana prosessina. Jatkuvan prosessin sallii myös se, että osien leikkuu tapahtuu lentävällä laserilla, joka on synkronoitu levyn jatkuvaan liikkeeseen. Tämän laitteen etuja ovat myös rullalta suoratyöstöllä yleensä saavutettava, jopa 10 %:n materiaalisäästö, kiitos käytännössä rajattoman leikkuupituuden, jolloin osia voi myös limit-tää rajattomasti. Huomion arvoista on kuitenkin se, että rullan käsittelyssä ylimääräistä materiaalihukkaa syntyy tyypillisesti myös rullan alku- ja loppupäistä. Ensimmäinen kierros on yleensä varastoinnista/käsittelystä johtuen huonompi laatuista, ja loppupäässä taas viimeiset kierrokset ovat sekä pienelle säteelle taivutuksesta että rullan käsittelystä johtuen huonompi laatuista. Näitä hukkapätkiä pystyisi teoriassa joissakin levyvahvuuksissa hyödyntämään tarkasti nestaamalla piiloon jääviä osia

näihin kohtiin. Tällöin kuitenkin syyllistyttäisiin vain osaoptimointiin ja leikattaisiin vääriä osia, väärä määrä ja väärään aikaan. Tämä taas on ristiriidassa Lean-tuotantofilosofian kanssa. (Pitkänen 2017; Dimeco [Viitattu 8.12.2017].)

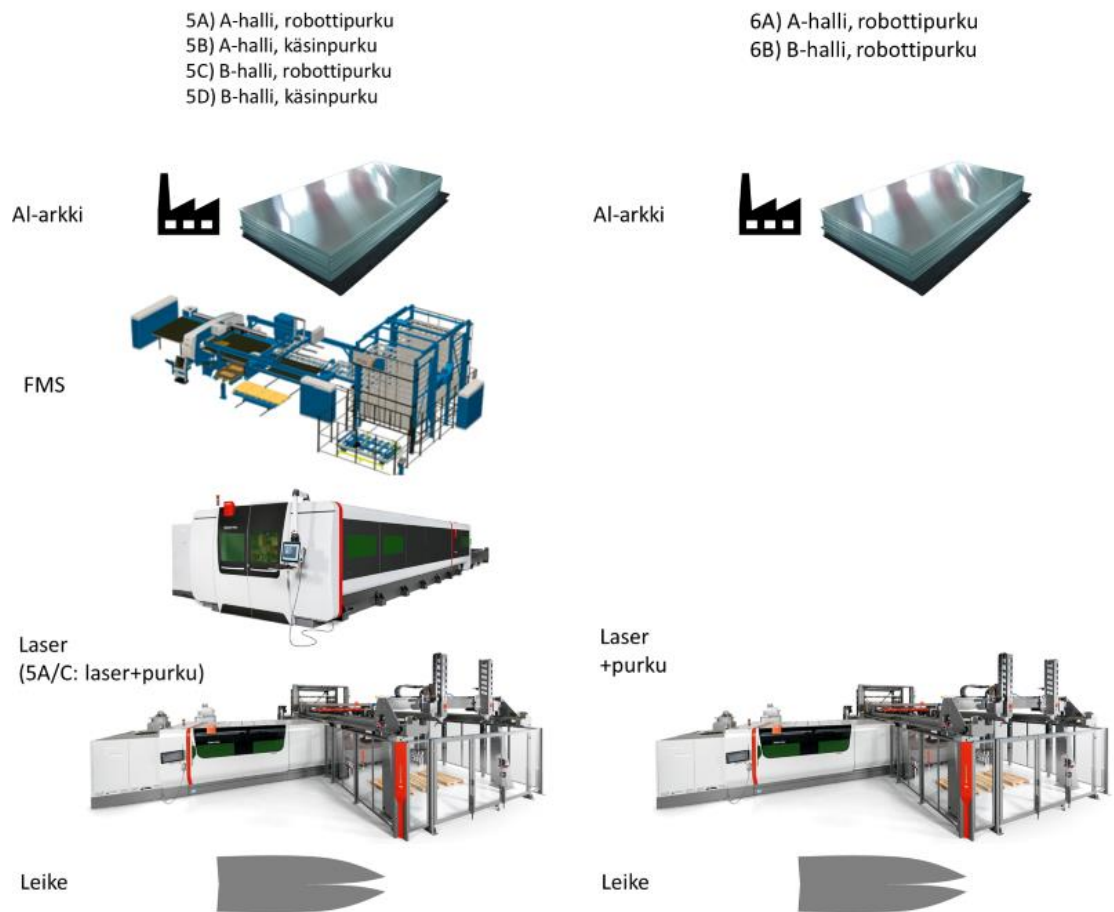


Kuvio 8. Järjestelmävaihtoehdot 3 ja 4. (HWALU 2017; Dimeco [Viitattu 7.12.2017]; Prima Power 2017; Bystronic [Viitattu 6.12.2017])

Vaihtoehdossa 3 (kuvio 8) alumiini ostettaisiin rullatavarana alumiinitehtaalta. Tässä vaihtoehdossa investoitaisiin arkituslinja, jolla leikattaisiin levyt arkeiksi sekä FMS-järjestelmälle että isolle laserille. Pienet leikkeet leikattaisiin investoitavalla uudella FMS-järjestelmällä sekä isot leikkeet investoitavalla isolla laserleikkurilla. Tämä vaihtoehto vaatisi niin paljon tilaa, että tässä tarkastellaan sijaintivaihtoehtona vain A-hallia. Tässä vaihtoehdossa on myös A- ja B-vaihtoehdot, A-vaihtoehdossa isojen

leikkeiden purku/lajittelu olisi automaattinen ja B-vaihtoehdossa se tapahtuisi manuaalisesti käsin. Eri purku- ja lajitteluautomaatioita kartoittaessa löytyi vain yksi järkevä ja tarpeeseen soveltuva ratkaisu näin suurille levyformaateille (2 m x 8 m). Tämän järjestelmän toimittaja oli Astes4, jonka toimintaa käytiin myös katsomassa Blechexpo 2017 -messuilla Stuttgartissa, edelleen se vakuutti toiminnallaan. Astes4 on lasertoimittajariippumaton järjestelmä, joka suunnitellaan ja rakennetaan aina tarpeen mukaan (Astes4 [Viitattu 22.4.2018]).

Vaihtoehdossa 4 (kuvio 8) alumiini ostettaisiin rullatavarana alumiinitehtaalta ja investoitaisiin arkituslinjaan, jolla leikattaisiin levyt arkeiksi isolle laserille. Tässä vaihtoehdossa FMS jäisi pois ja kaikki leikkeet leikattaisiin investoitavalla isolla laserleikkurilla purku- ja lajitteluautomaatiolla. Tämä edellyttäisi kuitenkin, että yhden koneen kapasiteetti riittäisi hoitamaan koko tuotannon. Tämäkin järjestelmä sijoittuisi vain A-halliin.



Kuvio 9. Järjestelmävaihtoehdot 5 ja 6.
(OPhi 2017; Prima Power 2017; Bystronic [viitattu 6.12.2017])

Vaihtoehdossa 5 (kuvio 9) ostettaisiin alumiini arkkeina suoraan alumiinitehtaalta. Tässä vaihtoehdossa investoitaisiin uusi FMS pienille leikkeille sekä iso laserleikkuri isoille leikkeille, joko purku- ja lajitteluautomaatiolla tai ilman. Tässä vaihtoehdossa on neljä variaatiota, riippuen sijainnista ja automaation tasosta. A-vaihtoehdossa sijainti olisi A-hallissa, ja isojen leikkeiden purku ja lajittelu tapahtuisi automaattisesti. B-vaihtoehdossa puolestaan sijainti olisi sama, mutta purku ja lajittelu tapahtuisi manuaalisesti. C-vaihtoehdossa sijainti olisi B-hallissa ja purku ja lajittelu automaattinen, D-vaihtoehdossa taas sijainti olisi sama, mutta purku ja lajittelu manuaalinen.

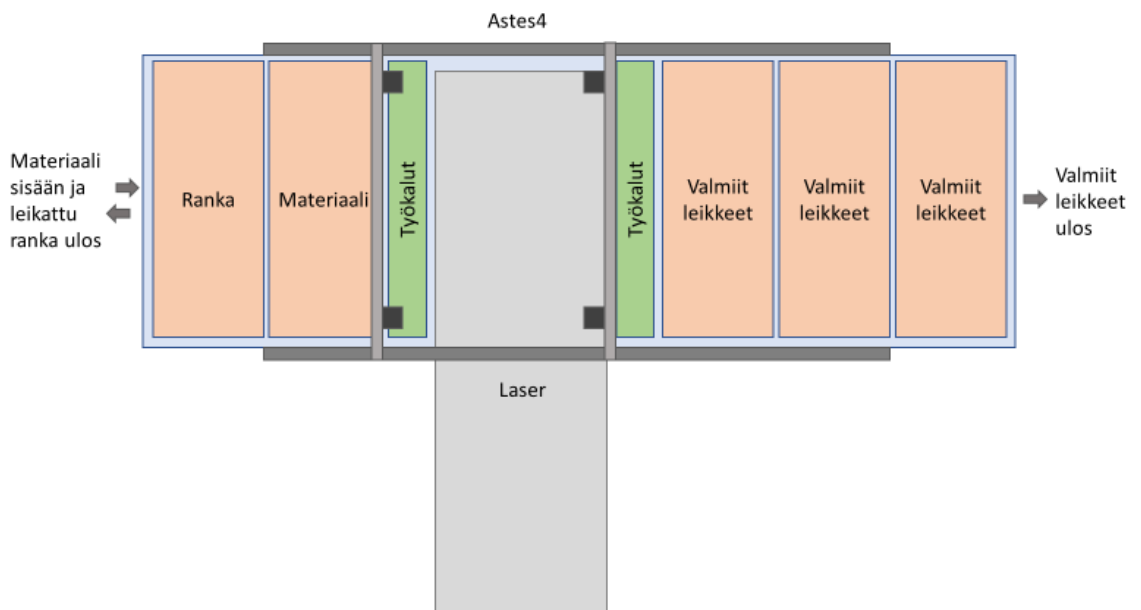
Vaihtoehdossa 6 (kuvio 9) alumiini ostettaisiin myös arkkeina suoraan alumiinitehtaalta. Tässä vaihtoehdossa investoinnit olisivat suhteellisen kevyitä, sillä tässä vaihtoehdossa FMS jäisi pois ja investoitaisiin vain isoon laserleikkuriin purku- ja lajitteluautomaatiolla.

Osa vaihtoehdoista vaatii myös hallinosturin investointia, joten muutamalta tunnetuimmalta nosturivalmistajalta pyydettiin tarjoukset kahdesta eri nosturivaihtoehdosta ratoineen: toinen vaihtoehto oli A-halliin 12,5–13 tonnin nosturi rullien käsittelyä varten ja toinen vaihtoehto 3,2 tonnin nosturi arkkien käsittelyyn A-halliin. B-hallissa nosturi jo on, joten sinne sellaista ei tarvitsisi investoida. Vaihtoehdoissa, joissa osavalmistus sijaitsisi A-hallissa ja laserleikkuriin kytkettäisiin purku- ja lajitteluautomaatio (Astes4), jouduttaisiin investoimaan myös toinen 3,2 tonnin nosturi, sillä A-hallin korkeus on niin rajallinen, että nosturilla ei pääsisi osien purkualueen yli toiselle puolelle purkamaan osalavoja pois koneesta. Tällöin toiselle puolelle tarvittaisiin toinen nosturi, jolla hoidettaisiin osalavojen purkaminen.

Vaihtoehdoissa, joissa isojen leikkeiden purku/lajittelu hoidettaisiin käsin, tarvittaisiin nostoapuvälinettä (alipainenostinta) ratoineen. Näin kartoitettiin myös sopivien alipainenostimien toimittajia ja pyydettiin muutamalta valmistajalta tarjous. Nosturi- ja nostoapuvälinevalmistajilla oli nähtävissä sama tilanne kuin leikkuuvalmistajilla: erittäin pitkät vastausajat, mitkä viittasivat ilmeisesti myös piristyvään markkinatilanteeseen.

Astes4 tarjosi kolme vaihtoehtoista ratkaisua purku- ja lajitteluautomaatiosta, joista parhaaksi ja jatkoon valikoitui kuviossa 10 esitetty ratkaisu. Ratkaisussa vasem-

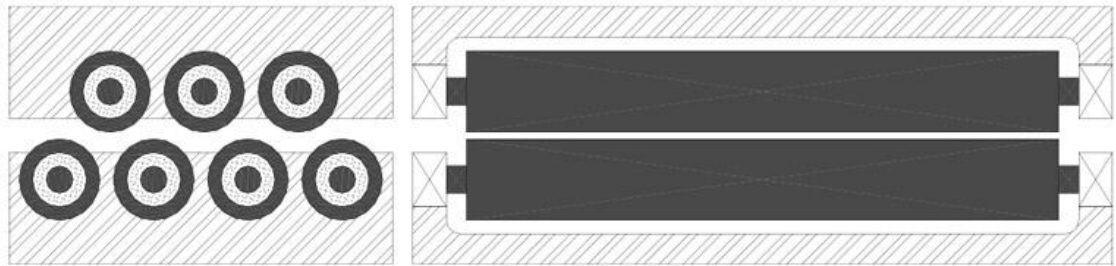
massa reunassa on päällekkäin liikkuvat materiaali- ja ranka-kasetit, jolloin materiaalinipun syöttö ja jäljelle jäävän rangon poisto tapahtuvat vasemmasta reunasta. Oikeassa reunassa on kolme päällekkäin liikkuvaa kasettia valmiille leikkeille, jolloin valmiit leikkeet saadaan ulos oikeasta reunasta. Laser on ratkaisussa poikittain purkuautomaatioon nähden, ja laserin vaihtokasetti tulee laserin leikkuualueelta ulos sen päästä purku- ja lajittelualueelle. Sillä aikaa kun laser leikkaa toista levyä, Astes4 purkaa valmiit leikkeet pois toiselta vaihtopöydältä ja lastaa pöydälle uuden levyn leikkuuta varten. Molemmiin puolin laserin vaihtopöytää on työkaluhyllyt, josta purkuelimet voivat vaihtaa aina tarvittavan kokoisen imukupin eri kokoisille osille. Hyllyssä on myös haarukat, joilla purkuelimet hakevat jäljelle jääneen rangon rankakasetille. Työkaluhyllystä löytyy myös harja, jolla purkuelimet harjaavat tyhjän pöydän aina puhtaaksi.



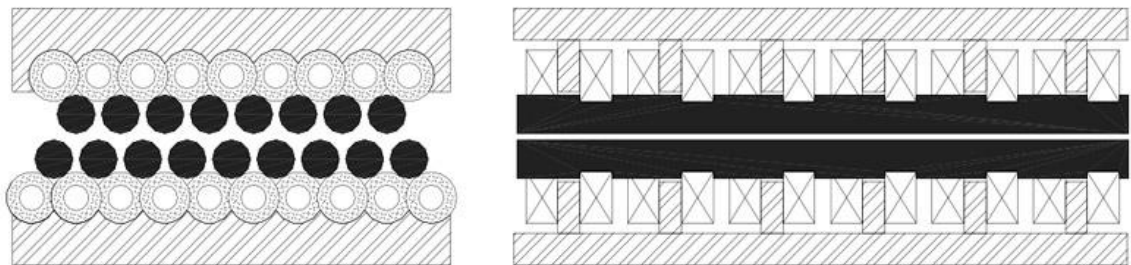
Kuvio 10. Astes4-layout.

Arkituslinjastot osoittautuivat haasteellisiksi, sillä tarvittavan laatutason saavuttamiseksi tarvittaisiin säädettävä hieno-oikaisulaitteisto (leveler, kts kuvio 13), joka taas nostaa laitteen kustannukset moninkertaiseksi. Hieno-oikaisulaitteisto pystyy oikaisemaan sekä levyn pituus- että leveyssuunnassa, jolloin se pystyy poistamaan kelan pyöreiden, poikittaisen kaarevuuden, reuna-aaltoilut sekä keskilommat. Pelkkä perus-oikaisulaitteisto (flattener tai straightener, kts. kuvio 11 ja 12) on kustannuksiltaan huomattavasti huokeampi, mutta se oikaisee vain yhteen suuntaan.

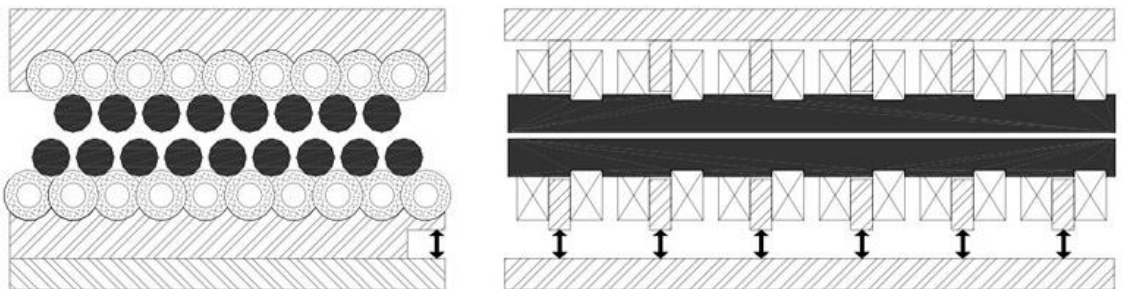
Tällöin se pystyy poistamaan vain kelan pyöreyyden ja poikittaisen kaarevuuden.
(Machine Concepts 2017.)



Kuvio 11. Flattener.
(Machine Concepts 2017)



Kuvio 12. Straightener.
(Machine Concepts 2017)



Kuvio 13. Leveler.
(Machine Concepts 2017)

Arkituslinjastojen osalta budjettitarjousten saaminen oli vähintäänkin haasteellista, sillä mitoitusvolyymi (2000 tonnia/vuosi) oli niin pieni, että useimmilla laitteilla arkitaisi koko tuon vuoden tarpeen muutamassa vuorokaudessa. Koska tarjouksia ei tahtonut saada mistään, oli järkevää käydä Blechexpo-messuilla Stuttgartissa etsimässä lisää valmistajia, joilta tarjouksia voisi saada. Näin saataisiin lisää hintatietoutta. Osa valmistajista ei suostunut edes tekemään tarjousta, koska jo ajatus näillä

volyymeilla oli heidän mielestään järjetön. Hinta sekä laitteiden suorituskyky jo osoittivat näiden laitteistojen soveltuvan lähinnä suurten teräspalvelukeskusten tarpeisiin, joilla volyymit ovat useita kymmeniä kertoja suuremmat.

4.4 Laitteiden suorituskyvyn simulointi ja käyttöprofiilien luonti

Laitteiden suorituskykyä arvioitiin laitetoimittajien simulointien perusteella. Tuotannonohjausjärjestelmästä (ERP) etsittiin tilastot osien käytöstä ja luotiin käyttöprofiilit, jotka perustuivat aiemmin määritettyihin tuotantovolyymeihin. Eri laitevaihtoehtojen simuloituille suorituskyvyille luotiin valmistettavien osien eri muuttujien avulla kaava regressioanalyysia hyödyntäen. Tässä hyödynnettiin jo olemassa olevia muuttujia, joita oli kerätty käytössä olevaa normiaikajärjestelmää varten. Tällä tavoin saatiin jokaisen järjestelmävaihtoehdon työstöaika määritettyä jokaiselle osalle. Näin saatiin selville jokaisen järjestelmän kapasiteetti sekä tarvittava työstöaika suunnitellun tuotannon toteuttamiseen. Tästä taas saatiin johdettua tarvittava henkilöstö eri vaihtoehtojen tuotannon pyörittämiseen.

Myös materiaalin kulutukselle määritettiin käyttöprofiilit eri vaihtoehdoille. Tämä tehtiin simuloimalla nestausohjelmalla eri vaihtoehtojen levyn käyttöasteet mallituotteilla todellista tuotantomixiä hyödyntäen. Tässä huomioitiin myös rullamateriaalia hyödynnettäessä keskimäärin 12,5 m hukkaa/rulla, johtuen ensimmäisen kierroksen ja viimeisten kierrosten huonosta laadusta (Hintze 2017).

Materiaalisäästö materiaalin käytön kannalta parhaassa vaihtoehdossa, Dimecon suoraan rullalta työstävä vaihtoehto (kuvio 7), verrattuna toiseksi parhaaseen vaihtoehtoon, vaihtoehto 6 (kuvio 9), oli noin 3,3 % painossa mitattuna. Kun otettiin huomioon rullamateriaalista maksettava hieman pienempi kilohinta, oli ero rahassa mitattuna noin 4,6 %.

4.5 Elinkaarilaskenta eri vaihtoehtoista

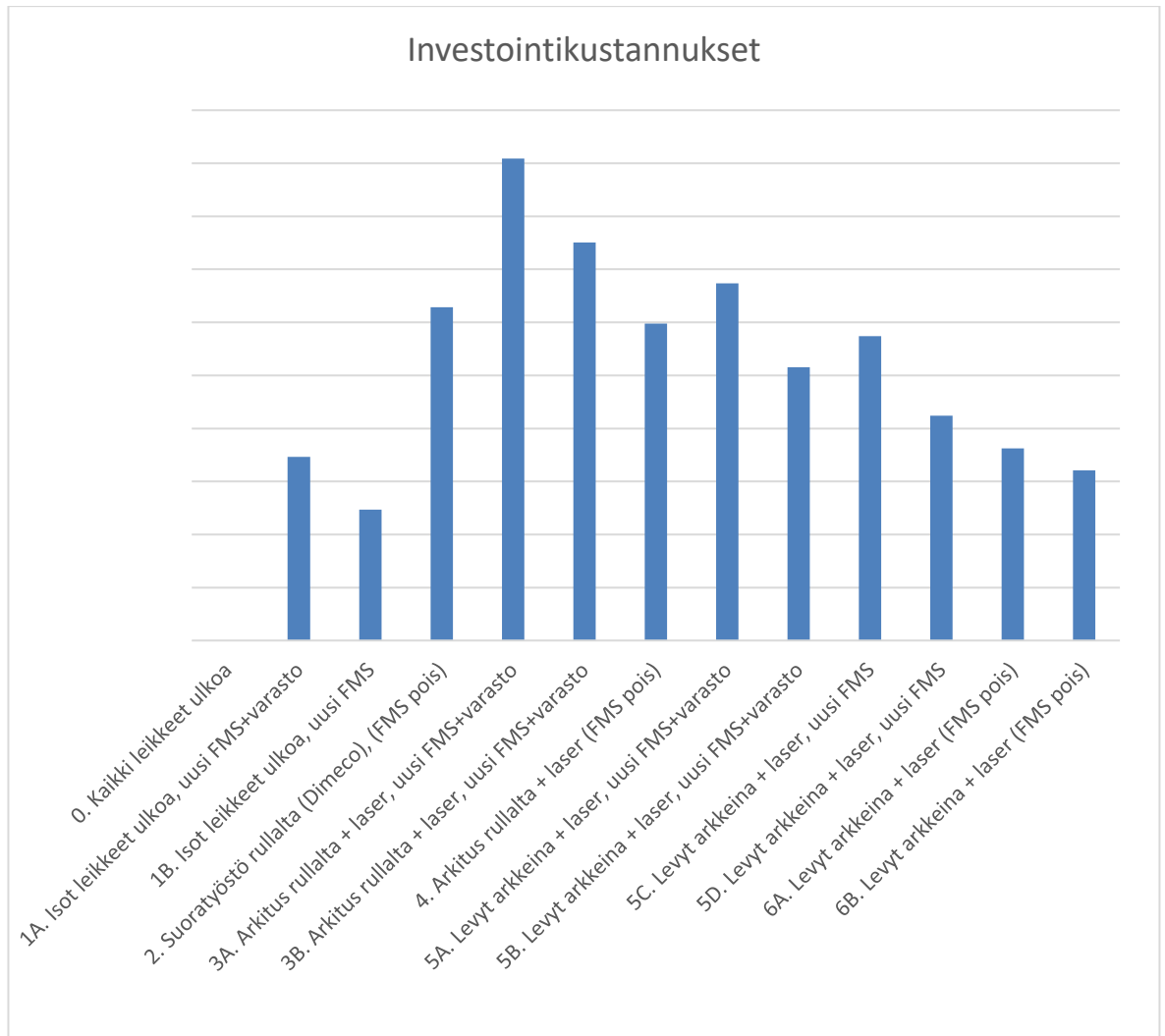
Ensimmäiseksi otettiin elinkaarilaskennassa mukaan 0-vaihtoehto, jossa kaikki leikkeet ostettaisiin ulkoa eikä investoitaisi mitään. Tämä laskentavaihtoehto toimi vertailulaskentana, jota käytettiin vertaamaan vaihtoehtoja siihen, mitä leikkeet maksaisivat, jos ei investoitaisi ollenkaan. Kyseessä oli eräänlainen ”Make or Buy” -vertailu. Tämän vaihtoehdon kokonaiskustannuksia käytettiin myös kaikkien muiden vaihtoehtojen tuottona NPV-laskennassa, sillä tämä on se lisäarvo, minkä vaihtoehdot tuottavat.

4.5.1 Investointikustannukset

Investointikustannuksissa eri vaihtoehdoille huomioitiin kaavan 8 mukaisesti:

- investoinnit tuotantovälineisiin
- investoinnit rakennuksiin, teihin ja väyliin
- investoinnit energian jakeluun
- investoinnit varaosiin
- investoinnit työkaluihin
- investoinnit ohjeisiin, piirustuksiin ja muihin dokumentaatioihin
- investoinnit koulutukseen.

Vaihtoehdoissa, joissa osavalmistus siirrettäisiin B-hallista A-halliin, huomioitiin myös tuotantovälineiden siirrosta aiheutuvat kustannukset, kuten nosturien hankinnat, hitsausrobotin ja uritus- sekä särmäyskoneiden siirrot, sähkökeskusten uusimiset, paineilma- ja kaasuverkostojen rakentamiset sekä lattiavalut tarvittavien koneiden alle.



Kuvio 14. Investointikustannukset.

Investointikustannukset on esitetty kuviossa 14. Selkeästi suurin investointikustannus tulisi vaihtoehdolle 3A, jossa investoitaisiin arkituslinjaan, laseriin isoille leikkeille purku- ja lajitteluautomaatiolla sekä FMS-järjestelmään pienille leikkeille.

4.5.2 Käyttökustannukset

Käyttökustannuksissa eri vaihtoehdoille huomioitiin kaavan 9 mukaisesti:

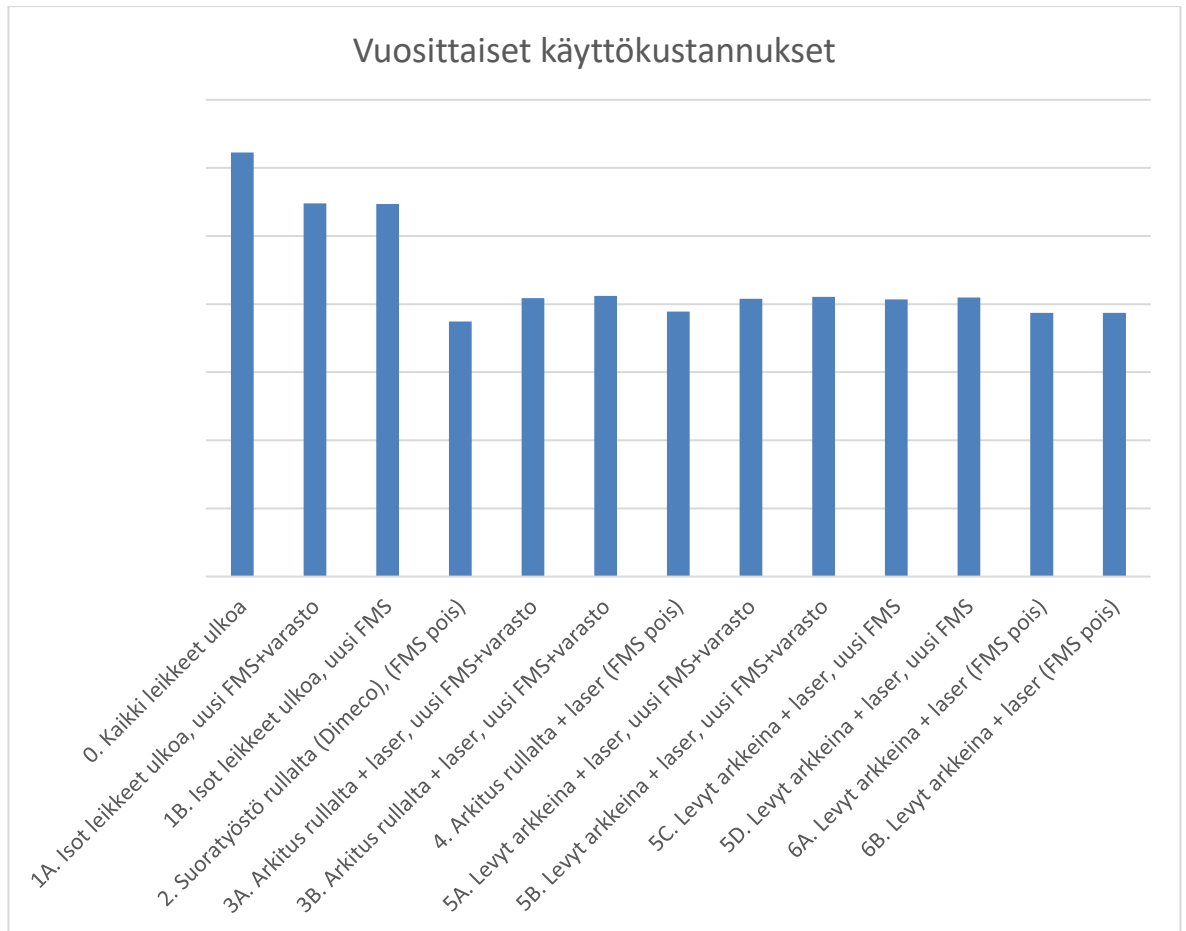
- käyttöhenkilöstön kustannukset
- energiakustannukset
- käyttömateriaalin kustannukset
- kuljetusten sekä siirtojen kustannukset

- käyttäjien säännöllisen kouluttamisen kustannukset.

Käyttöhenkilöstön kustannuksia arvioitaessa käytettiin hyväksi laitetoimittajien simulointien kautta johdettuja käyttöprofiileja sekä tuotannossa käytössä olevaa normaikajärjestelmää. Työtunteja sekä -kustannuksia laskettaessa otettiin huomioon tarvittavan käyttöhenkilöstön käytettävissä olevat tunnit eli maksettavat tunnit. Jos käyttäjälle ei ollut osoittaa muita tehtäviä koneen käytöstä yli jääville tunneille, laskettiin kuluihin kaikki hänen tuntinsa. Jos työn luonne taas oli sellainen, että selkeästi pystyttiin osoittamaan muita tehtäviä, voitiin kustannuksissa huomioida vain osa tunneista, esim. puoli päivää koneen käyttöä ja loput puoli päivää esim. osakokoonpanojen tekoa. Tällöin voitiin huomioida vain puolet tunneista kustannuksiin. Käytettävissä olevien tuntien arvioinnissa hyödynnettiin Teknologiateollisuuden ohjeistusta työaikajärjestelyistä (Teknologiateollisuus ry & Metallityöväen Liitto ry 2016).

Käyttömateriaalin kustannuksissa huomioitiin eri alumiinin hinnat riippuen siitä, ostetaanko materiaali arkkeina vai rullina, vai ostetaanko materiaali yhteistyökumppanin varastoitavaksi, kuten vaihtoehtoissa 0 ja 1. Rullamateriaalin ostohinnasta saatava säästö on kuitenkin marginaalinen (n. 1–1,6 % riippuen materiaalista), sillä alumiinivalmistajalle kustannus on sama, toimittavatko he materiaalin arkkeina vai rullina. Alumiini menee joka tapauksessa saman käsittelylinjan kautta pelkästään rullan reunojen poiston takia, sillä reunat ovat käyttökelvottomia aaltoilun ja jännitysten takia. Tällöin on aivan sama arkitetaanko vai rullataanko alumiini linjan päässä. (Hintze 2017).

Vaihtoehtoissa, joissa alumiini käsitellään rullamateriaalina, huomioitiin myös rullien aiheuttamat ylimääräiset nostokulut autosta sisälle halliin. Oma kalusto ei 10 tonnin painoisten rullien nostoon kykene, joten näissä tapauksissa järkevintä olisi ajoittaa rullamateriaalien saapumiset kahden viikon välein siten, että esim. Alavudelta tulisi nostokalusto aina purkamaan rullat autosta.



Kuvio 15. Vuositteiset käyttökustannukset.

Vuosittaiset käyttökustannukset esitetään kuviossa 15. Vaihtoehdoissa, joissa kaikki leikkeet leikattaisiin itse, ei ole suuria eroja käyttökustannuksissa. Tämä johtuu siitä, että käytettävän alumiinin kustannus on niin merkittävä, ettei muilla kustannuksilla ole juurikaan merkitystä. Jonkin verran on havaittavissa muita pienempiä käyttökustannuksia vaihtoehdossa 2, jossa alumiini työstetään laserilla suoraan rullalta. Tämä johtuu alumiinin aavistuksen pienemmästä ostohinnasta ja hieman paremmasta levyn käyttöasteesta. Muita selkeästi suurempia käyttökustannuksia tulisivat vaihtoehdoissa, joissa leikkeet ostetaan ulkoa.

4.5.3 Kunnossapitokustannukset

Kunnossapitokustannuksissa eri vaihtoehdoille huomioitiin kaavan 10 mukaisesti:

- korjaavan kunnossapidon henkilöstö- ja materiaalikustannukset
- ennakoivan kunnossapidon henkilöstö- ja materiaalikustannukset
- uudistavan kunnossapidon henkilöstö- ja materiaalikustannukset
- kunnossapitohenkilöstön säännöllisen kouluttamisen kustannukset.

Kunnossapitokustannukset laskettiin eri laitetoimittajien arvioiden perusteella. Ennakoivan kunnossapidon henkilöstökustannukset huolloista, jotka ovat operaattoreiden säännöllisesti suorittamia (viikkohuollot ja kuukausihuollot), sisällytettiin operaattoreiden normiaikaan, joten niitä ei ole tässä osiossa mukana, vaan ne näkyvät osana käyttökustannuksia. Vuosihuollot sen sijaan ovat laitetoimittajien suorittamia suurempia kokonaisuuksia, jotka otettiin tässä osiossa huomioon.



Kuvio 16. Vuositteiset kunnossapitokustannukset.

Kunnossapitokustannukset esitetään kuviossa 16. Selkeästi suurimmat kunnossapitokustannukset olisivat vaihtoehdoissa, joissa investoidaan useita laitteita, kuten

vaihtoehtoissa 3A, 5A sekä 5C. Muut vaihtoehdot olivat tässä kohtaa melko tasaisia.

4.5.4 Epäkäytettävyyskustannukset

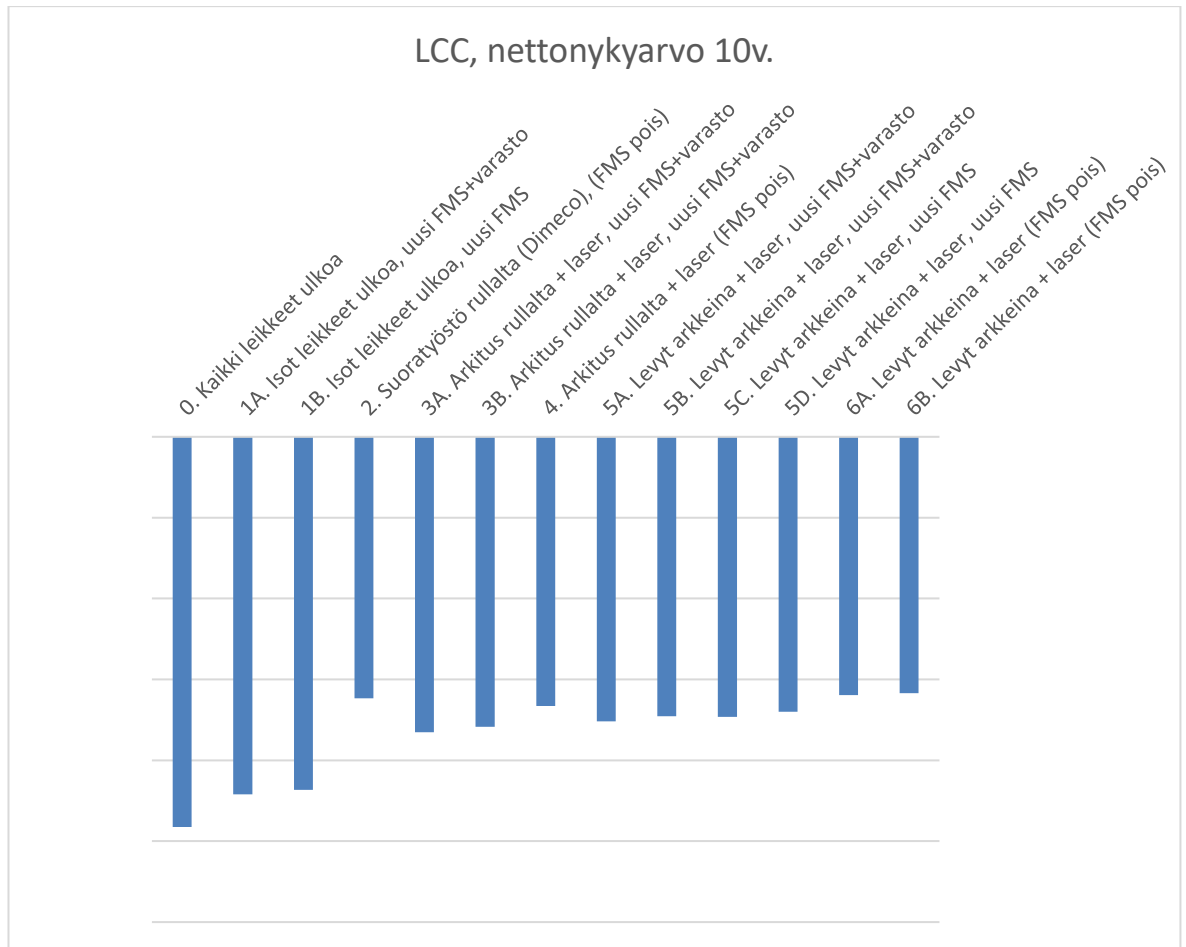
Epäkäytettävyyskustannuksia ei huomioida millään tavalla, sillä kaikissa vaihtoehtoissa laitteiden suorituskyky sallii kapasiteetin noston, jos esim. konerikon seurauksena jäädään osavalmistuksessa jälkeen. Ennakoivaan huoltoonkin voidaan varautua nostamalla tarvittaessa kapasiteettia ennen huoltoseisokkia. Henkilöstön käytettävissä olevissa tunneissa on myös kaikissa vaihtoehtoissa riittävästi joustoa verrattuna tarvittavaan tuntimäärään. Kustannuksia alkaa kertyä ainoastaan siinä tilanteessa, että tulee pitkäkestoinen täysin odottamaton seisokki konerikon seurauksena, jolloin leikkeet joudutaan ottamaan väliaikaisesti alihankinnasta. Tähänkin tulisi varautua jonkinlaisilla kumppanuussopimuksilla tai toimittajakartoituksella, jotta tällaisen tilanteen syntyessä olisi heti selvillä, mistä ja miten nopeasti leikkeitä saadaan.

4.5.5 Kokonaiskustannukset ja tuotot

Elinkaaren aikaisissa kokonaiskustannuksissa eri vaihtoehdoille huomioitiin kaavan 7 mukaan:

- investointikustannukset
- käyttökustannukset
- kunnossapitokustannukset
- epäkäytettävyyskustannukset
- elinaika/pitoaika.

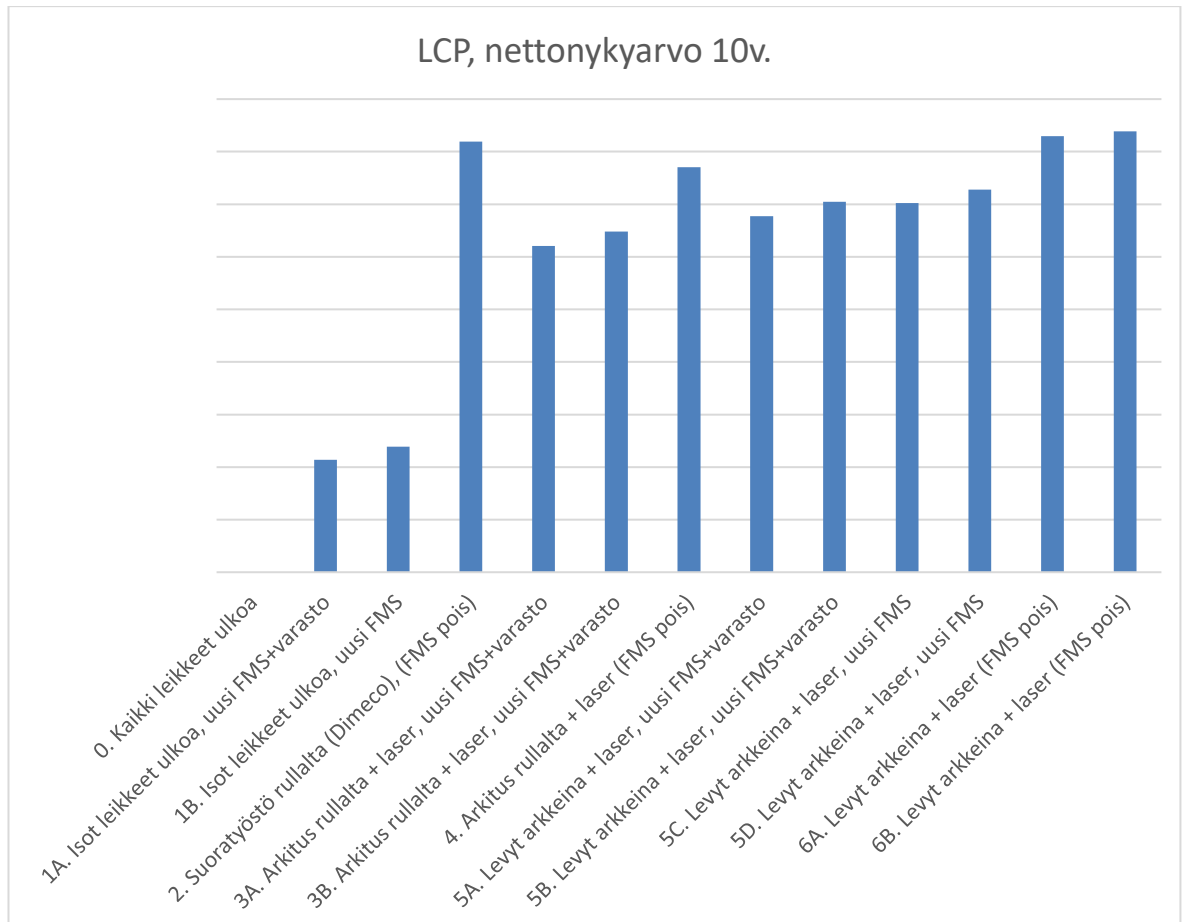
Näiden lisäksi huomioitiin myös rahan aika-arvo sekä varastoon sitoutuvan käyttöpääoman kustannukset, josta saatiin elinkaarikustannusten (LCC) nettonykyarvo 10 vuoden pitoajalle (kuvio 17).



Kuvio 17. Elinkaarikustannukset.

Selkeästi kaikkein kallein vaihtoehto elinkaarikustannuksiltaan olisi vaihtoehto, jossa kaikki ostettaisiin ulkoa ja sitä seuraavat vaihtoehdot, joissa pelkät isot leikkeet ostettaisiin ulkoa. Edullisimmat olisivat vaihtoehdot, joissa leikkuu hoidettaisiin yhdellä koneella, eli vaihtoehdot 2, 6A sekä 6B.

Kun otettiin huomioon vielä tuotot sekä poistojen vaikutus verotukseen, saatiin lopputuloksena jokaisen vaihtoehdon elinkaarituottojen (LCP) nettonykyarvo 10 vuoden pitoajalle (kuvio 18).

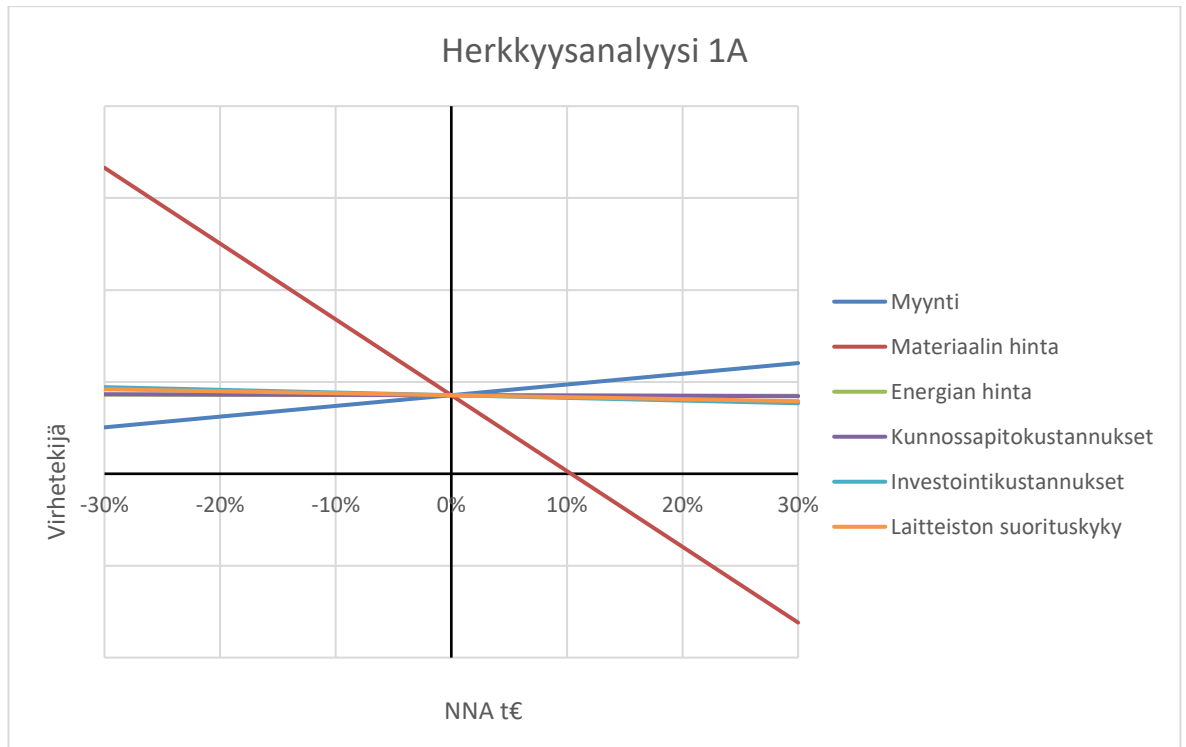


Kuvio 18. Elinkaarituotto.

Vaihtoehdot, joissa leikkeitä ostettaisiin ulkoa, olisivat elinkaarituotoltaan merkittävästi huonompia kuin kaikki muut vaihtoehdot. Selkeästi suurin elinkaarituotto olisi vaihtoehdoissa, joissa leikkuu hoidettaisiin yhdellä koneella, eli vaihtoehdoissa 2, 6A sekä 6B. Nettonykyarvojen laskennassa hyödynnetty laskentataulukkomalli esitetään liitteessä 1.

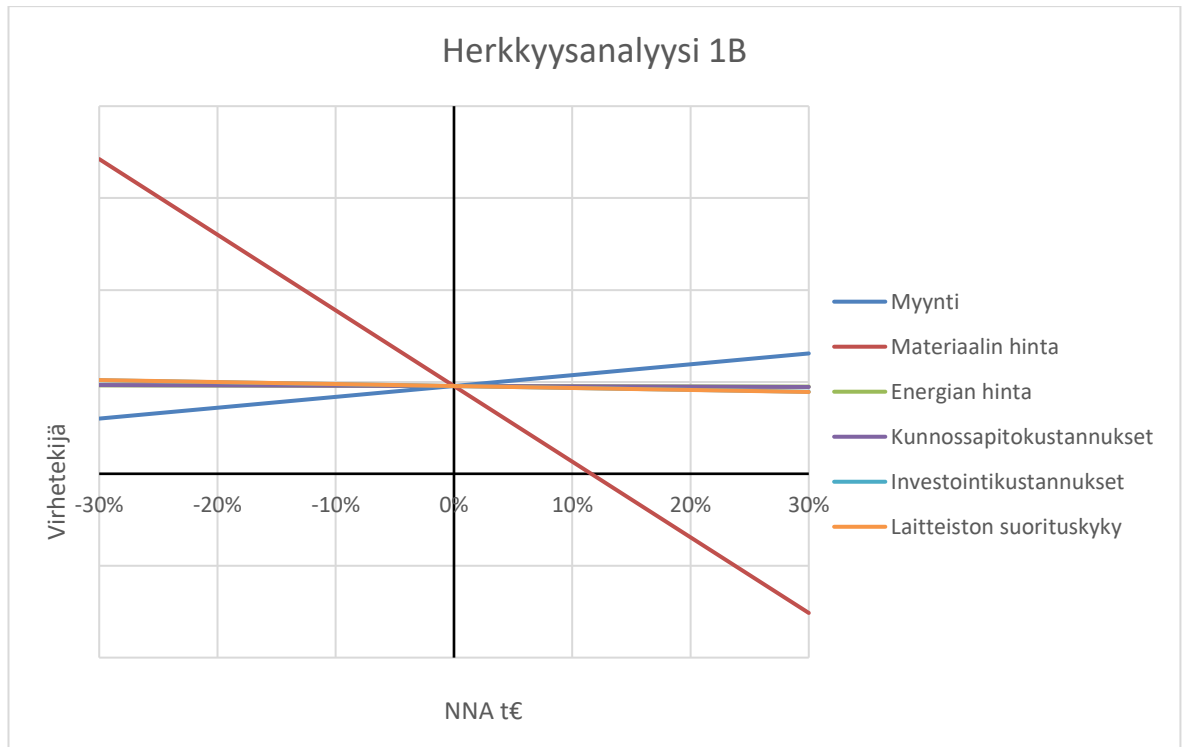
4.5.6 Herkkyyshanalyysi

Herkkyyshanalyysissä tunnistettiin ensin kannattavuuteen vaikuttavat muuttujat ja tarkasteltiin miten elinkaarituottojen nettonykyarvot muuttuisivat, jos näiden muuttujien arvot muuttuisivat +30 %, +20 %, +10 %, -10 %, -20 % tai -30 %.



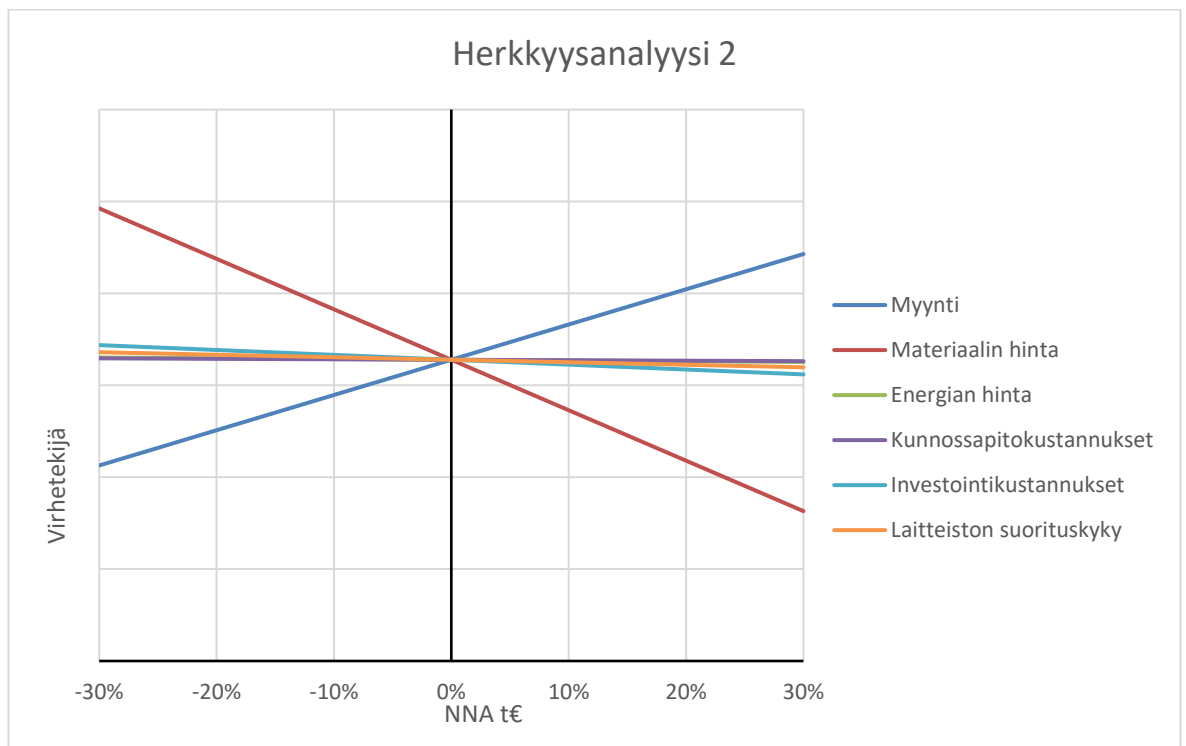
Kuvio 19. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 1A.

Kuviossa 19 esitetään vaihtoehdon 1A herkkyysanalyysi, josta huomataan, että materiaalin (alumiinin) hinta vaikuttaa merkittävästi elinkaari tuottoihin. Myyntikin vaikuttaa jonkin verran, mutta muiden kustannusten vaikutukset ovat marginaaliset.



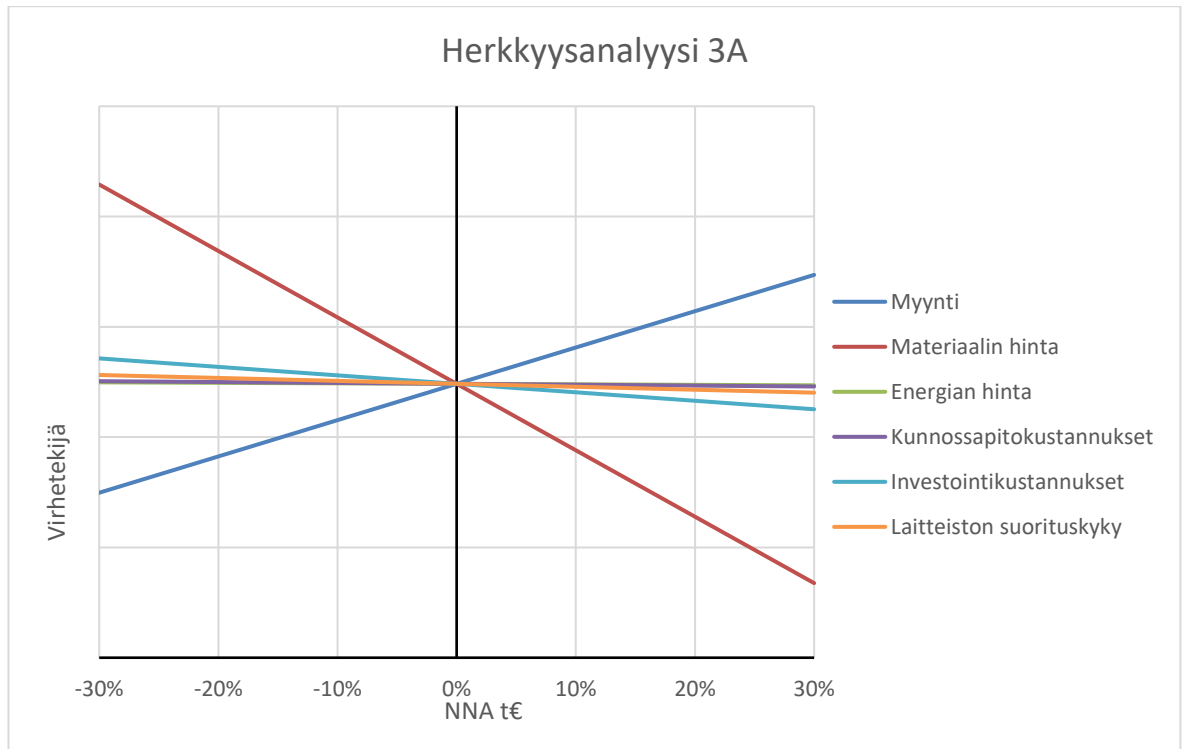
Kuvio 20. Herkkyyssanalyysi, vaihtoehto 1B.

Kuviossa 20 esitetään vaihtoehdon 1B herkkyyssanalyysi, josta huomataan, että se on profiililtaan samanlainen kuin vaihtoehdossa 1A.



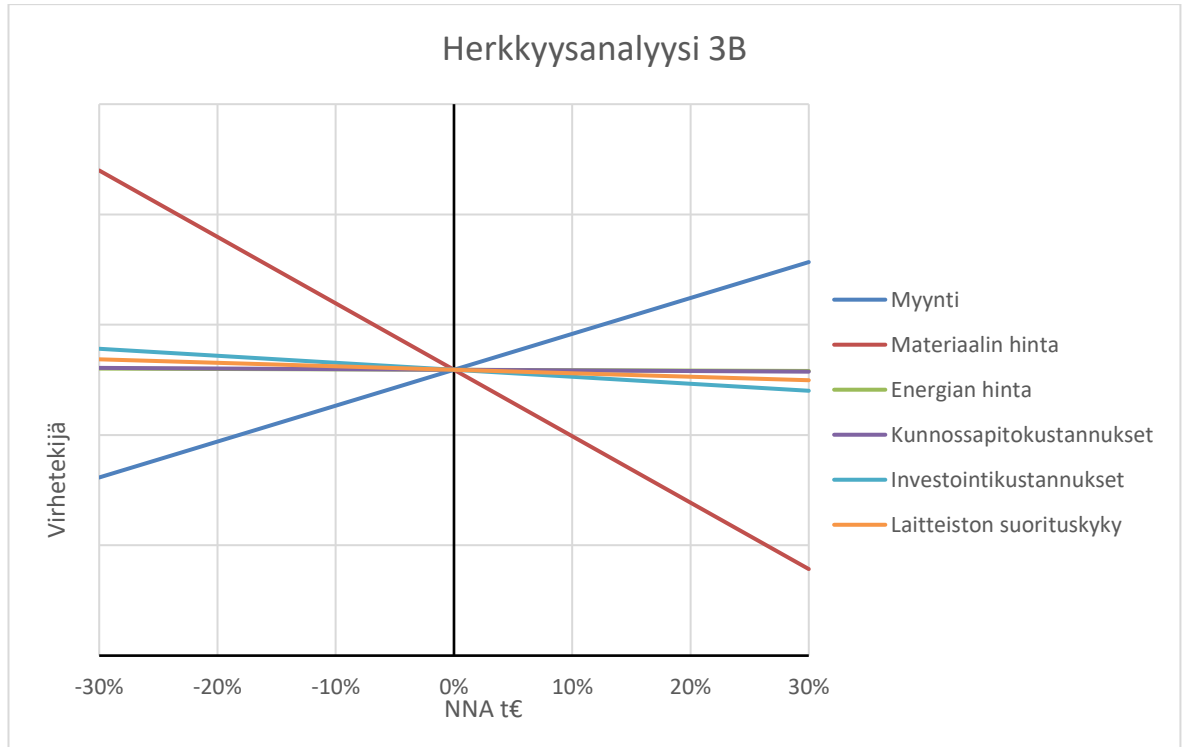
Kuvio 21. Herkkyyssanalyysi, vaihtoehto 2.

Vaihtoehdon 2 herkkyyssanalyysistä (kuvio 21) huomataan, että tämä on huomattavasti herkempi myynnin muutoksille, mutta vastaavasti herkkyys materiaalin hinnankuutoksille on huomattavasti pienempi kuin edellisissä vaihtoehdoissa. Tämä johtuu siitä, että leikkaamattoman materiaalin hinta on pienempi kuin ulkoa ostetun leikkeen hinta.



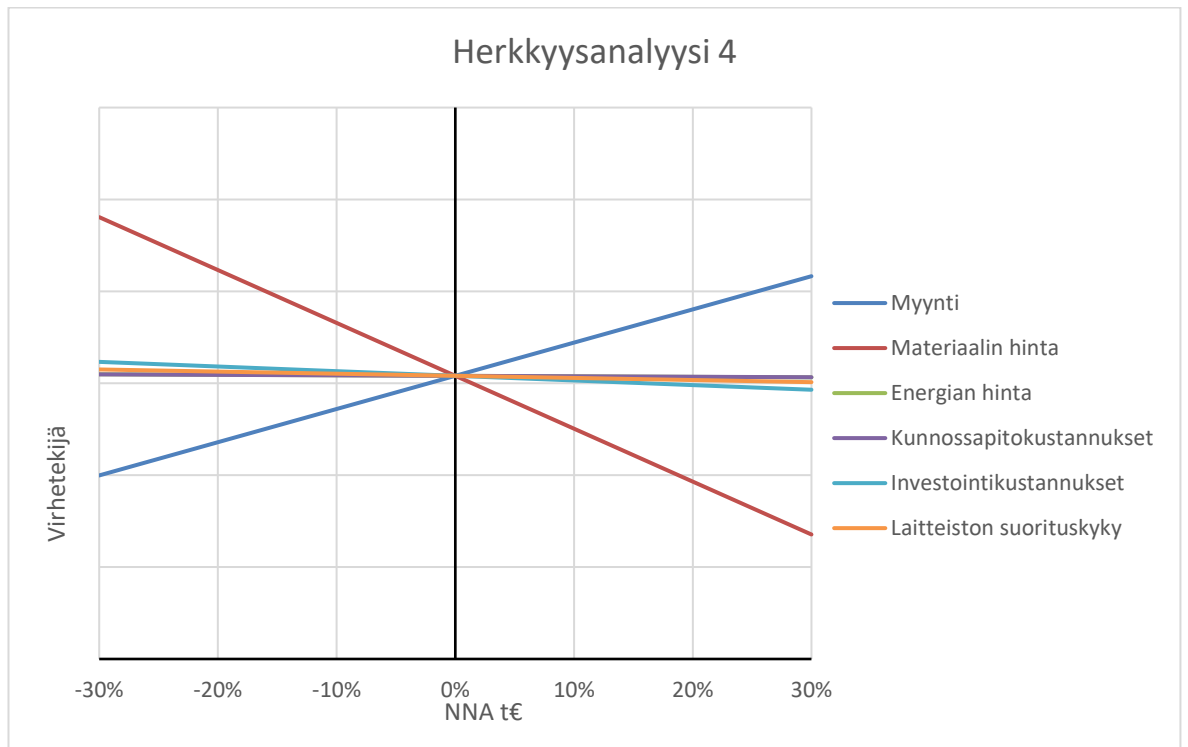
Kuvio 22. Herkkyyssanalyysi, vaihtoehto 3A.

Vaihtoehto 3A on herkkyyssanalyysin (kuvio 22) mukaan yhtä herkkä myynnin muutoksille kuin edellinen vaihtoehto, mutta herkkyys materiaalin hinnankuutoksille on suurempi. Tämä vaihtoehto on myös edellisiä herkempi investointikustannusten muutoksille.



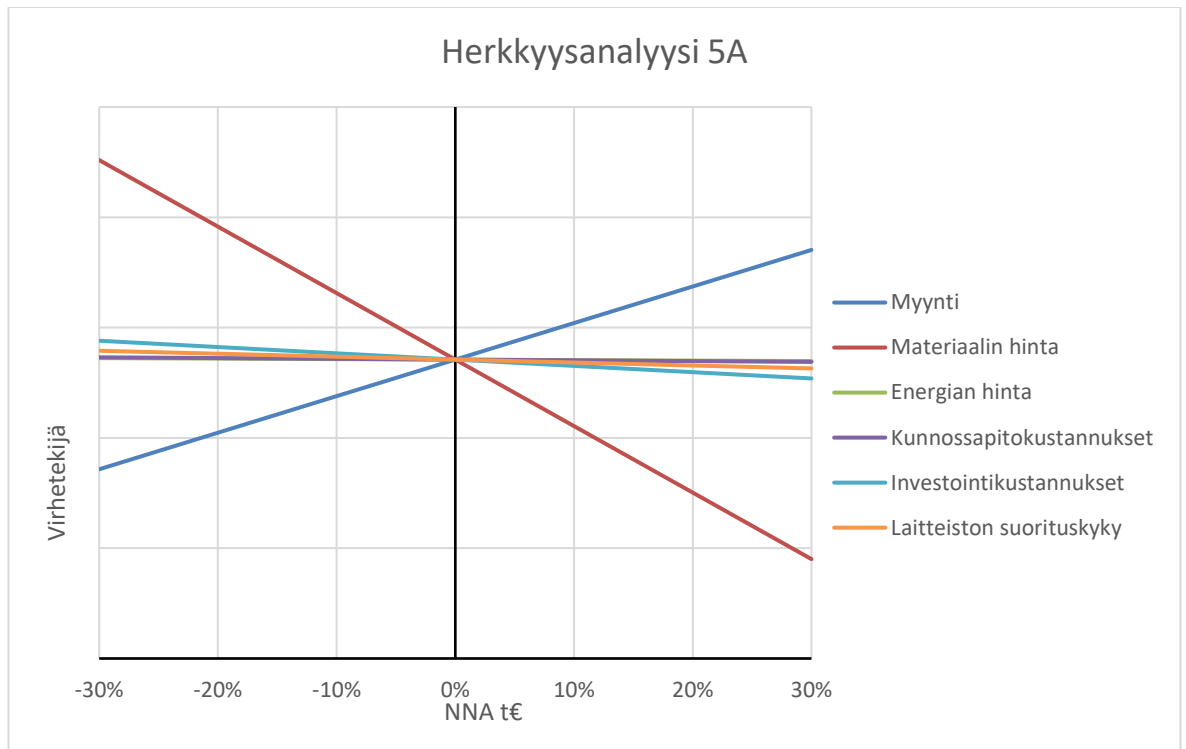
Kuvio 23. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 3B.

Vaihtoehdon 3B herkkyysanalyysistä (kuvio 23) huomataan, että se on profiililtaan samanlainen kuin vaihtoehdossa 3A.



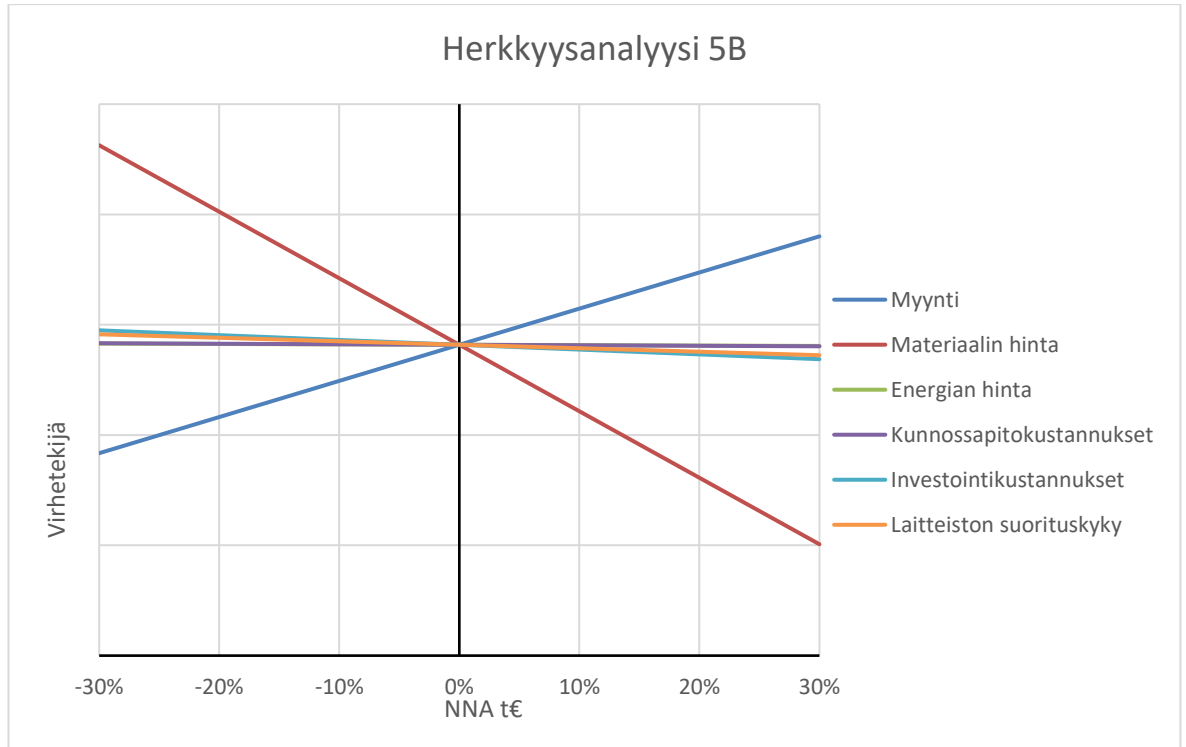
Kuvio 24. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 4.

Vaihtoehto 4 on herkkyyssanalyysin (kuvio 24) mukaan suurin piirtein yhtä herkkä materiaalin hinnanmuutoksille kuin vaihtoehto 2. Se on myös yhtä herkkä myynnin muutoksille kuin edelliset vaihtoehdot, joissa osat leikataan itse. Muut kustannusmuutokset ovat melko vaarattomia.



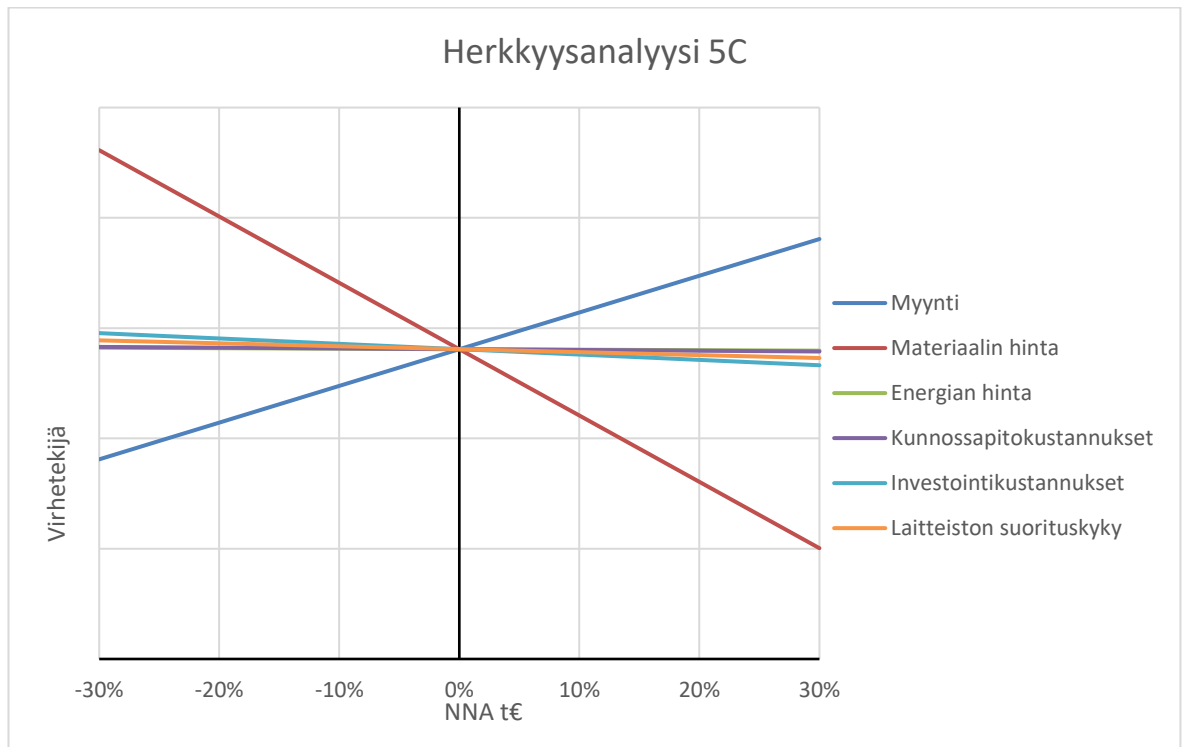
Kuvio 25. Herkkyyssanalyysi, vaihtoehto 5A.

Vaihtoehto 5A on herkkyyssanalyysin (kuvio 25) mukaan suurin piirtein yhtä herkkä myynnin muutoksille kuin edellinen ja yhtä herkkä materiaalin hinnan sekä investointikustannusten muutoksille kuin edelliset 3A- ja 3B-vaihtoehdot.

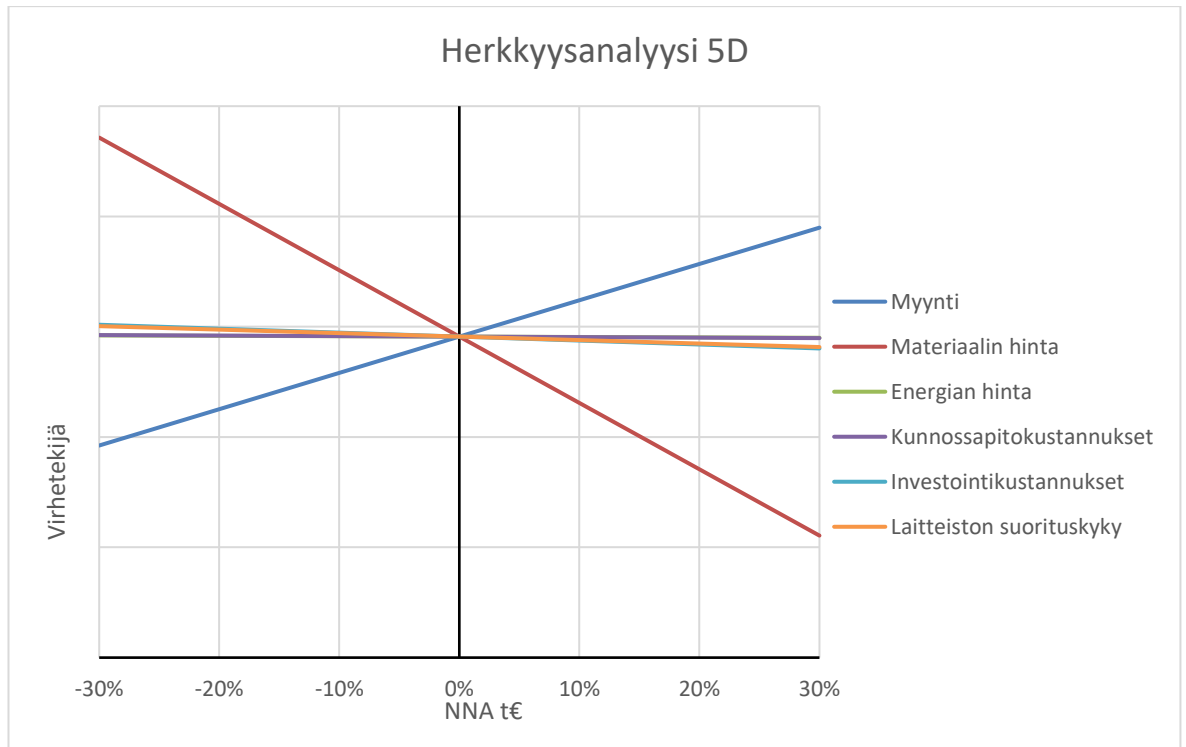


Kuvio 26. Herkkyyssanalyysi, vaihtoehto 5B.

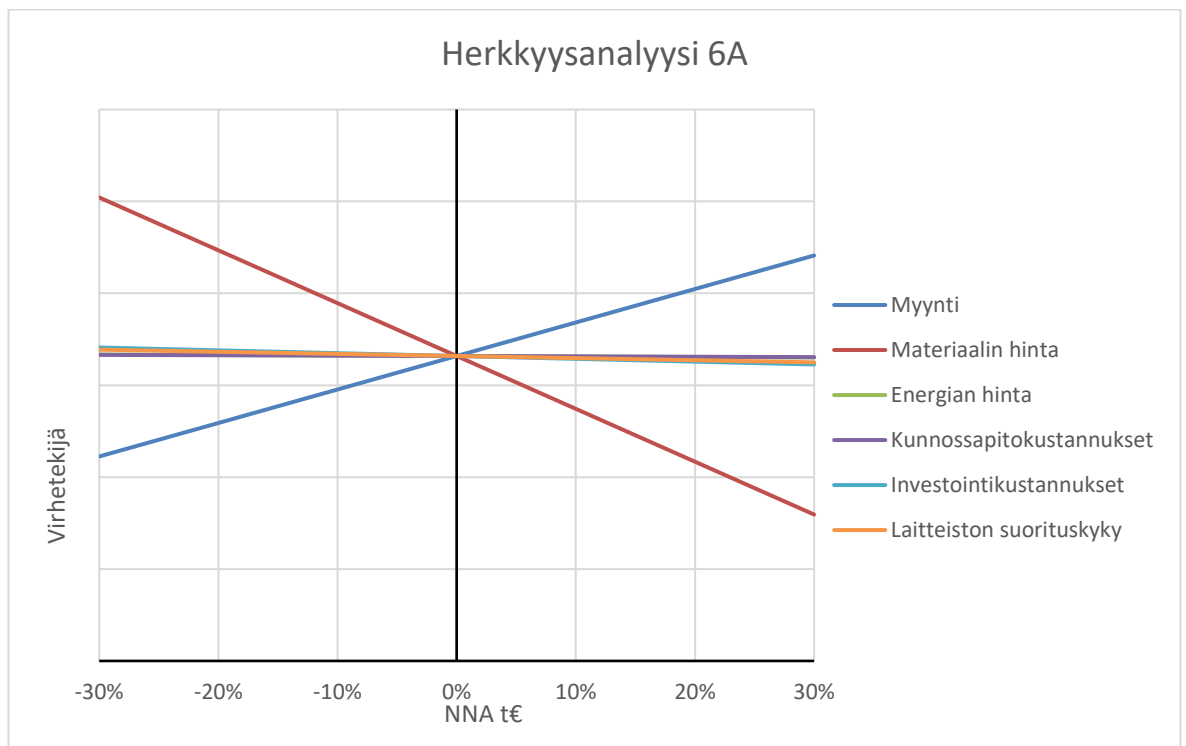
Vaihtoehtojen 5B, 5C sekä 5D herkkyyssanalyysit (kuviot 26, 27 ja 28) ovat profiililtaan samanlaiset kuin edellisen vaihtoehdon 5A.



Kuvio 27. Herkkyyssanalyysi, vaihtoehto 5C.



Kuvio 28. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 5D.



Kuvio 29. Herkkyysanalyysi, vaihtoehto 6A.

Vaihtoehdot 6A ja 6B ovat herkkyysanalyysien (kuviot 29 ja 30) mukaan herkkyysprofiililtaan samanlaiset kuin edelliset 5A-, 5B-, 5C- sekä 5D-vaihtoehdot.

vaihtoehdossa 0 kaikki leikkeet ostetaan ulkoa, tarvitaan silti 1 hlö käsittelemään leikattujen leikkeiden levynippuja ja särmäämään veneiden pohjalevyt.

Vaihtoehdoissa 1A ja 1B riittää pohjien särmäykseen yhden henkilön puolen päivän työpanos. Oletuksena on, että lopun puoli päivää tämä henkilö tekee muita osavalmistuksen tehtäviä, kuten osakokoonpanoa tai laitaapeltien uritusta. Tässä vaihtoehdossa FMS käy kolmessa vuorossa ja työpanokseksi tarvitaan 1 henkilö/vuoro.

Vaihtoehdossa 2 on sama oletus särmäyksen osalta kuin edellisessä vaihtoehdossa ja Dimecon laser käy kolmessa vuorossa yhden henkilön työpanoksella per vuoro. Vaihtoehdossa 3A FMS käy kolmessa vuorossa, 1 henkilö/vuoro, ja laserleikkuri käy yhdessä vuorossa yhden henkilön käyttämänä. Tässä vaihtoehdossa oletetaan, että käytetään mahdollisimman paljon vakionestejä laserilla, jolloin koneenkäyttäjä ehtii särmätä pohjat koneen käydessä. FMS-järjestelmän käyttäjät ehtivät käyttämään arkituskonetta ja käsittelemään levynippuja. Vaihtoehdossa 3B on FMS-järjestelmän osalta samat oletukset kuin edellisessä vaihtoehdossa, mutta koska tässä vaihtoehdossa laserin purku ja lajittelu tehdään käsin, tulee laserin käydä kahdessa vuorossa, 1 henkilö/vuoro. Tällöin laserin käyttäjät ehtivät myös särmäämään pohjat.

Vaihtoehdossa 4 laserleikkuri käy kahdessa vuorossa, 1 henkilö/vuoro. Tämän lisäksi tarvitaan yksi henkilö särmäämään pohjat, käyttämään arkituskonetta ja käsittelemään levynippuja sekä rullia. Vaihtoehdoissa 5A ja 5C FMS käy kolmessa vuorossa, 1 henkilö/vuoro, ja laserleikkuri käy yhdessä vuorossa yhden henkilön käyttämänä. FMS-järjestelmän käyttäjät ehtivät särmäämään pohjat ja laserin käyttäjä käsittelemään levynippuja. Vaihtoehdoissa 5B ja 5D FMS käy kolmessa vuorossa, 1 henkilö/vuoro, ja laserleikkuri käy kahdessa vuorossa 1 henkilö/vuoro. FMS-järjestelmän käyttäjät ehtivät särmäämään pohjat ja laserin käyttäjät käsittelemään levynippuja. Vaihtoehdoissa 6A ja 6B laserleikkuri käy kahdessa vuorossa, 1 henkilö/vuoro ja tämän lisäksi tarvitaan yksi henkilö särmäämään pohjat ja käsittelemään levynippuja.

Transaktiokustannusten vaikutus eri vaihtoehtojen välillä on marginaalinen, sillä transaktioiden työmäärään ei juuri vaikuta valmistetaanko leikkeet itse vai ostetaanko ne alihankkijalta. Tuotantotilaukset muuttuisivat vain ostotilauksiksi, tavarant

vastaanotossa lisääntyisi vain tavarankäytön tarkastus sekä saapumisen kuittaaminen ostettujen tavaroiden yhteydessä. Ostolaskujen käsittelystä tulisi lisäkuluja ulkoa ostettaessa, mutta näitäkin voisi automatisoida tarvittaessa melko pitkälle. Kuljetuskustannukset lisääntyisivät ostettaessa, mutta ne otettiin huomioon jo osien hankintahinnoissa.

Varastoarvoihin ei tule suurta eroa, jos ostetaan leikkeet ulkoa tai valmistetaan ne itse, kyse on lähinnä tuotannonohjauksellisista seikoista. Vaikka itse valmistamalla läpimenoajat saataisiin melko pieneksi ja varastoarvot alas valmistamalla vain tarpeeseen, on tämä yhtä lailla tehtävissä ostamallaakin. Kyse on vain hienokuormituksen, kanbanin ja toimittajayhteistyön toimivuudesta sekä luotettavan alihankkijan käyttämisestä. Kuviossa 31 kuvataan eri vaihtoehtojen varastoon sitoutuvan käyttö-pääoman vuosikustannuksia. Tämän mukaan ulkoa ostamalla varaston kustannukset ovat hieman pienemmät kuin itse valmistamalla, mutta tämä edellyttää alihankkijalta korkeaa toimitusvarmuutta ja laatua. Kokonaisuuteen nähden tämä kustannus on joka tapauksessa marginaalinen.



Kuvio 31. Varastoon sitoutuvan pääoman kustannukset.

Tehtaalla on paljon vapaata tilaa ja lisää vapautuu takomo-liiketoiminnan loppuessa, eikä muuta tuottavaa toimintaa ole tilalle osoittaa. Tämän takia ei myöskään tilakustannuksia huomioida eri vaihtoehtojen laskelmissa, sillä kustannukset ovat olemassa joka tapauksessa, ne ovat niin sanottuja uponneita kustannuksia (Puolamäki & Ruusunen 2009, 204).

4.7 Riskianalyysi

Vaihtoehtoista tehtiin riskianalyysi listaamalla mahdolliset riskit, jonka jälkeen riskit luokiteltiin 3x3-riskimatriisiin mukaan (taulukko 2), ottaen huomioon riskin realisoidumisen todennäköisyys sekä realisoidumisen vaikutuksen suuruus. Kertomalla todennäköisyys vaikutuksella saatiin selville riskin vakavuus. Tämän jälkeen pohdittiin sekä kirjattiin toimenpiteitä riskien ehkäisemiseksi tai minimoimiseksi.

Taulukko 2. Riskimatriisi.

3x3-Riskimatriisi

Todennäköisyys	3. Suuri	3	6	9
	2. Keskinertainen	2	4	6
	1. Pieni	1	2	3
		1. Pieni	2. Keskinertainen	3. Suuri
		Vaikutus		

Suurimmat riskit liittyivät rullalta työstämiseen, kuten levyn suoruuden ja pinnanlaadun laatu vastuun siirtyminen toimittajalta omalle vastuulle. Myös kapasiteetin riittävyys ja toiminnan turvaaminen laiterikon yhteydessä nousi rullalta työstämisen vaihtoehdossa suureksi riskiksi. Suurin riski johtuu siitä, että Suomesta tuskin löytyy ainuttakaan alihankkijaa, jolla on laitteistoa, jolla voi työstää tämän kokoluokan materiaalia suoraan rullalta. Tämä tarkoittaisi sitä, että rullat pitäisi arkittaa jollakin levytukurilla, mikä taas kasvattaisi osien toimitusaikoja. Kaikkien vaihtoehtojen riskianalyysin tulokset esitellään kokonaisuudessaan liitteessä 2.

5 TUTKIMUKSEN TULOSTEN YHTEENVETO

5.1 Laitteiden suorituskyky

Vaihtoehdoissa 1A ja 1B uusi FMS pystyisi leikkaamaan kolmessa vuorossa kaikki tarvittavat leikkeet, kun isot leikkeet ostettaisiin ulkoa. Vaihtoehdossa 2 Dimecon rullalta työstävä laser pystyisi leikkaamaan kolmessa vuorossa kaikki leikkeet.

Vaihtoehdossa 3A uusi FMS pystyisi leikkaamaan kolmessa vuorossa kaikki pienet leikkeet. Laserleikkuri 8 metrin vaihtopöydällä sekä purku- ja lajitteluautomaatiolla pystyisi leikkaamaan isot leikkeet yhdessä vuorossa. Arkituskoneen käyttö sujuisi muiden koneiden käytön rinnalla, sillä arkituskone leikkaa muutamassa vuorokaudessa vuoden arkit. Vaihtoehdossa 3B uusi FMS pystyisi leikkaamaan kolmessa vuorossa kaikki pienet leikkeet. Laserleikkuri 8 metrin vaihtopöydällä sekä käsinpurku- ja lajittelumenetelmällä pystyisi leikkaamaan isot leikkeet kahdessa vuorossa. Arkituskoneen käyttö sujuisi muiden koneiden käytön rinnalla.

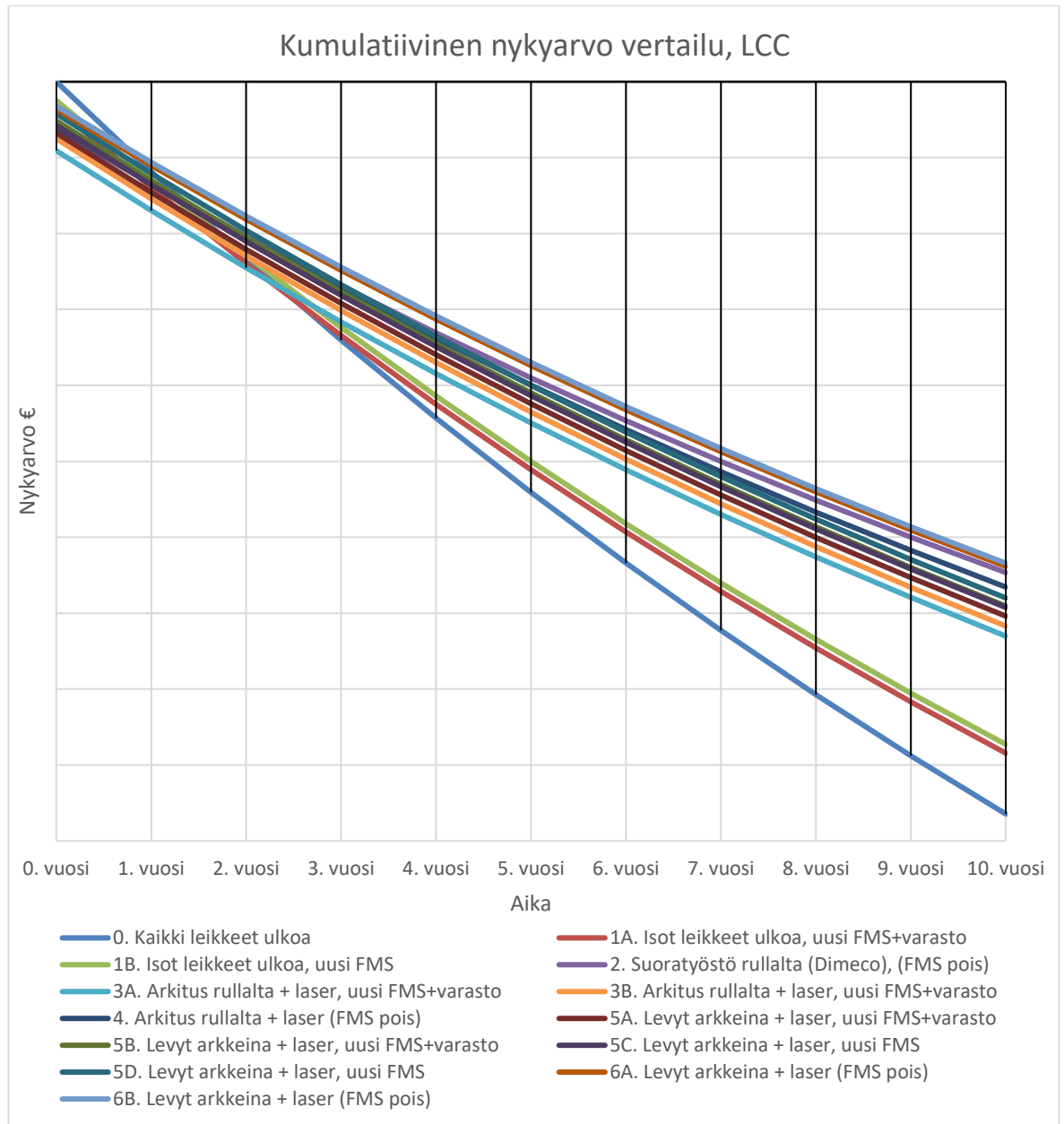
Vaihtoehdossa 4 laserleikkuri 8 metrin vaihtopöydällä sekä purku- ja lajitteluautomaatiolla pystyisi leikkaamaan kaikki leikkeet kahdessa vuorossa. Arkituskoneen käyttö sujuisi muiden koneiden käytön rinnalla.

Vaihtoehdoissa 5A ja 5C uusi FMS pystyisi leikkaamaan kolmessa vuorossa kaikki pienet leikkeet. Laserleikkuri 8 metrin vaihtopöydällä sekä purku- ja lajitteluautomaatiolla pystyisi leikkaamaan isot leikkeet yhdessä vuorossa. Vaihtoehdoissa 5B ja 5D uusi FMS pystyisi leikkaamaan kolmessa vuorossa kaikki pienet leikkeet. Laserleikkuri 8 metrin vaihtopöydällä sekä käsinpurku- ja lajittelumenetelmällä pystyisi leikkaamaan isot leikkeet kahdessa vuorossa.

Vaihtoehdoissa 6A ja 6B laserleikkuri 8 metrin vaihtopöydällä sekä purku- ja lajitteluautomaatiolla pystyisi leikkaamaan kaikki leikkeet kahdessa vuorossa.

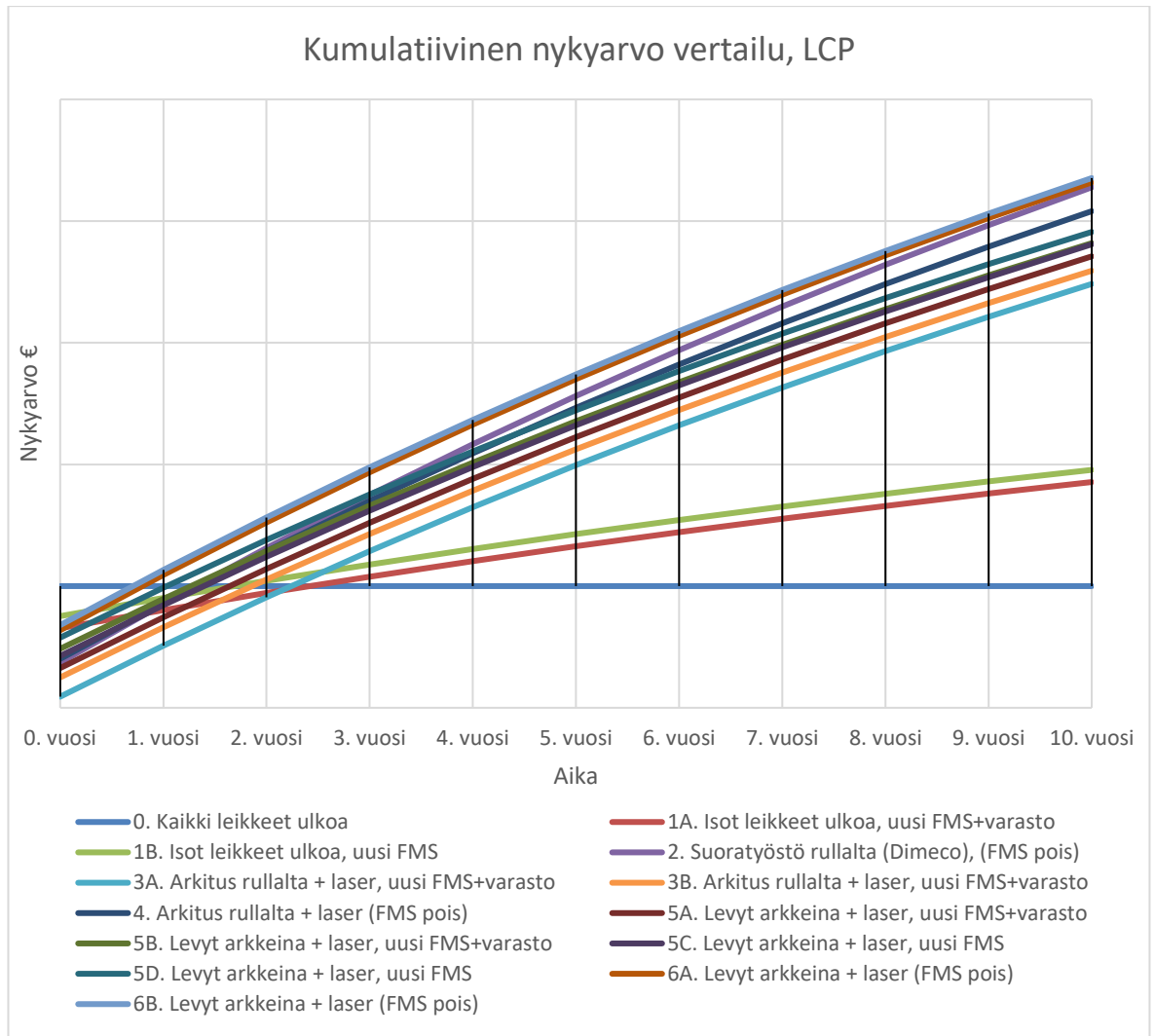
5.2 Vaihtoehtojen elinkaarikustannus ja elinkaarituotto

Eri vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset on esitetty kuviossa 32. Tästä nähdään, että pienimmät elinkaarikustannuskertymät ovat vaihtoehdoilla 6A ja 6B sekä aivan näiden perässä vaihtoehdolla 2.



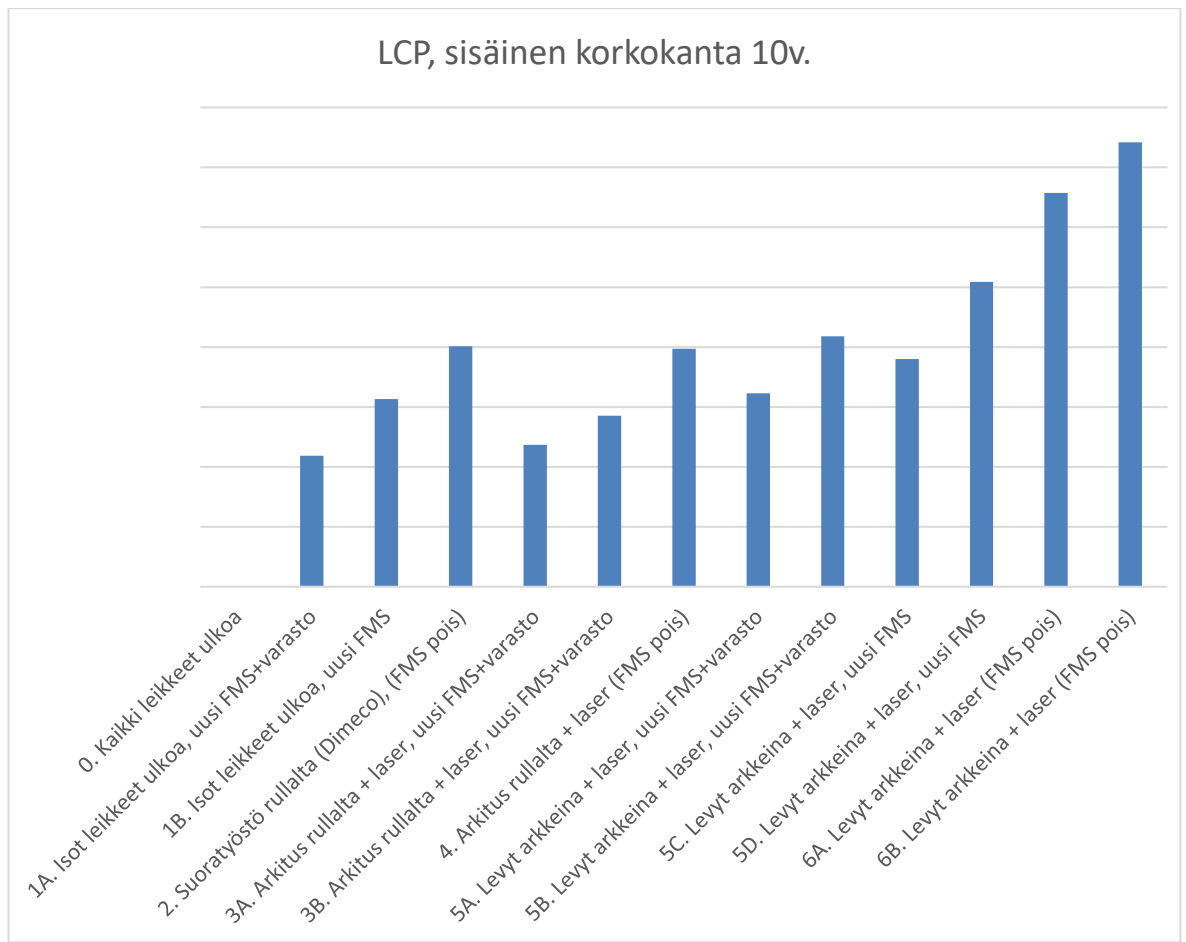
Kuvio 32. Kumulatiivinen nykyarvo, elinkaarikustannukset.

Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarituotot on esitetty kuviossa 33. Tästä nähdään, että suurimmat elinkaarituottokertymät ovat vaihtoehdoilla 6A ja 6B sekä aivan näiden perässä vaihtoehdolla 2.



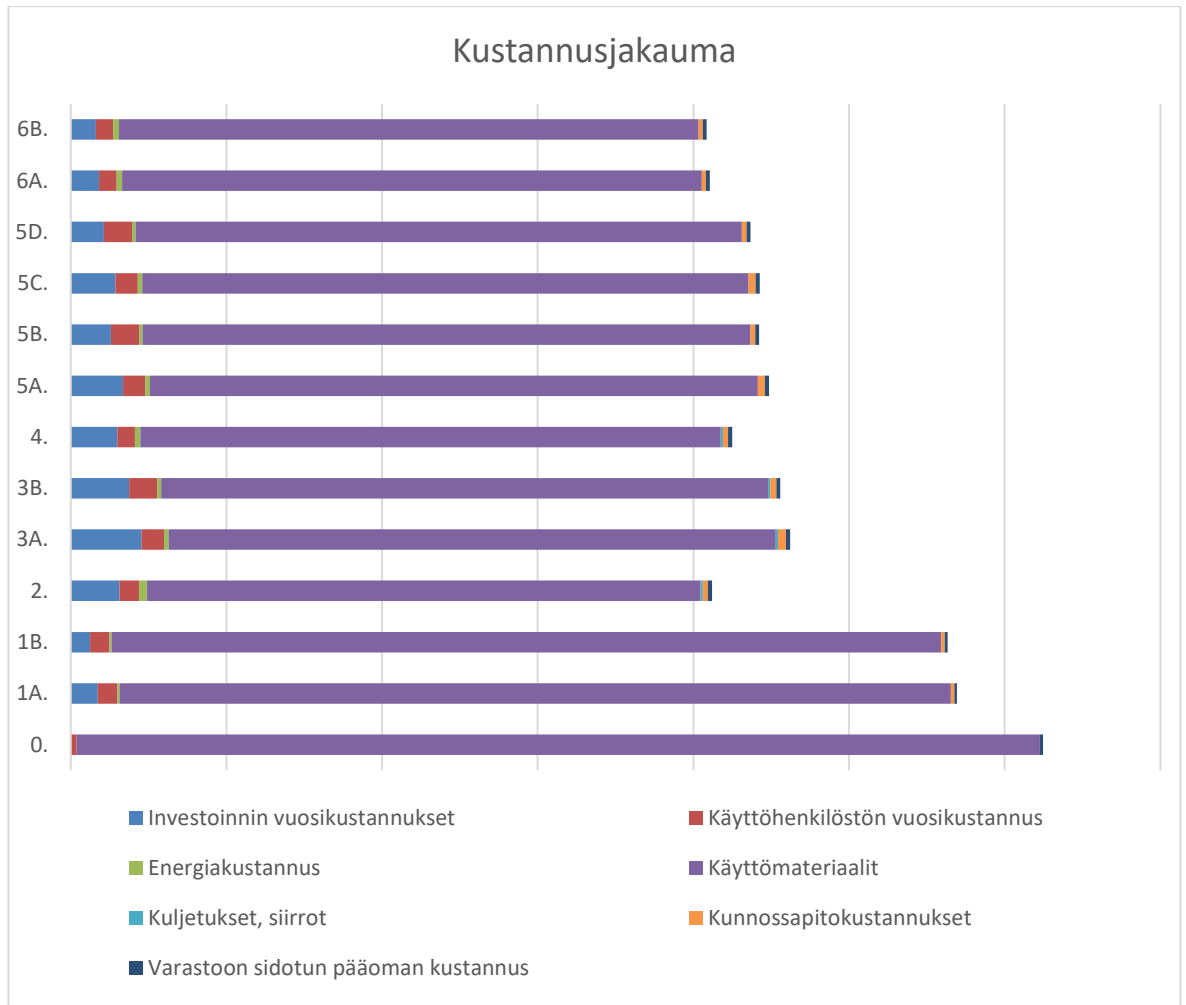
Kuvio 33. Kumulatiivinen nykyarvo, elinkaarituotot.

Vaihtoehtojen sisäinen korkokanta esitetään kuviossa 34. Tästä nähdään, että vaihtoehtojen 6A ja 6B suhteellisen pienten investointien ansiosta sisäinen korkokanta on huomattavasti korkeampi kuin muissa vaihtoehdoissa. Hyvänä kolmosena tulee vaihtoehto 5D. Kaikissa vaihtoehdoissa sisäinen korkokanta on kuitenkin huomattavasti tuottovaatimusta suurempia.



Kuvio 34. Vaihtoehtojen sisäinen korkokanta.

Eri vaihtoehtojen kustannusjakauma esitetään kuviossa 35. Tästä nähdään miten merkittävä osuus kaikista kustannuksista, vaihtoehtoista riippumatta, on materiaalikustannuksia (alumiini). Seuraavaksi suurin kustannuserä on vaihtoehdosta riippuen investointikustannus tai käyttöhenkilöstön kustannus. Kaikki muut kustannukset ovat niin pieniä, että ne ovat merkityksettömiä.



Kuvio 35. Vaihtoehtojen kustannusjakauma.

5.3 Vaihtoehtojen riskit ja vaikutukset

Vaihtoehtojen 2, 3A, 3B sekä 4 on selkeästi suuremmat riskit verrattuna muihin, sillä näissä vaihtoehtojissa alumiinia työstetään rullalta. Tämä tarkoittaa, että alumiininkin suoruuden ja pinnanlaadun laatuvastuu siirtyy toimittajalta yritykselle. Rullalta oikaisusta ei ole aikaisempaa kokemusta talon sisällä ja varsinkin häiriötilanteissa ollaan helposti ongelmassa. Suomesta tuskin löytyy ainuttakaan toimittajaa, joka pystyy työstämään tämän kokoluokan ja laatuvaatimusten mukaista alumiinia suoraan rullalta. Tämä tarkoittaisi pitkän konerikon seurauksena sitä, että rullat jouduttaisiin lähettämään arkitettavaksi jollekin levytukkurille ennen kuin arkit voitaisiin työstää jollakin alihankkijalla. Sama koskisi tilannetta, jossa lisäleikkukapasiteettia pitäisi ostaa ulkoa, rullat pitäisi ensin arkittaa. Tarkemmat riskianalyysit vaihtoehtojen 2, 3A, 3B sekä 4 löytyvät liitteestä 2.

Herkkyysanalyysien mukaan kaikki vaihtoehdot, joissa osat leikataan itse, ovat turvallisia ja nettonykyarvot säilyisivät positiivisina, vaikka myynti tai materiaalikustannukset muuttuisivat ± 30 %. Vaihtoehtojen 2, 4, 6A sekä 6B nettonykyarvot säilyisivät vielä positiivisina, vaikka myynti laskisi 30 % ja materiaalikustannukset kasvaisivat 30 %. Vaihtoehdot 1A ja 1B taas olisivat hyvinkin herkkiä materiaalikustannusten nousulle, ja nettonykyarvot menisivät negatiivisiksi jo 10 %:n materiaalikustannusten nousun myötä. Sen sijaan myynnin muutoksille nämä vaihtoehdot eivät olisi kovinkaan herkkiä.

Tilakustannuksia ei laskelmissa huomioitu niiden irrelevantin luonteen vuoksi, koska tilat ovat olemassa vaihtoehdosta riippumatta, eikä niille ole muuta tuottavaa toimintaa tarjota. Tilantarve on kuitenkin hyvä huomioida päätöksiä tehdessä. Vaihtoehtojen tuottojen tulee kuitenkin olla riittävät kattaakseen todelliset tilakustannukset. Vaikka näissä laskelmissa huomioitaisiin tilakustannukset, eivät ne juurikaan heikentäisi yhdenkään vaihtoehdon kannattavuutta. Taulukossa 3 esitetään eri vaihtoehtojen tilantarpeet. Vaihtoehdossa 1A ja 1B ei tarvita levyvarastoa, sillä isot leikkeet ostetaan alihankkijalta ja FMS-levyt ovat alihankkijan varastossa, josta niitä kotiutetaan aina sen verran, mitä FMS-järjestelmän omaan levyvarastoon mahtuu. Vaihtoehdoissa, joissa on FMS, sisältyy FMS-leikkeiden tilantarve laitteiden tilantarpeeseen ja leikevaraston tilantarpeessa on tällöin vain isojen leikkeiden vaatima varastotila.

Taulukko 3. Vaihtoehtojen tilantarpeet.

	Laitteet	Levyvarasto	Käytäviä	Leikevarasto	Yhteensä
	[m2]	[m2]	[m2]	[m2]	[m2]
0	0	0		136	136
1A	260	0	26	99	385
1B	420	0	42	99	561
2	370	144	51,4	34	599
3A ja 3B	790	144	93,4	25	1052
4	530	144	67,4	34	775
5A ja 5B	650	159	80,9	25	915
5C ja 5D	810	164	97,4	25	1096
6A	390	216	60,6	34	701
6B	390	216	60,6	34	701

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Elinkaarikustannusmallin avulla saatiin selkeä kokonaiskuva siitä, miten kannattavia eri vaihtoehdot leikkeiden leikkaamiseen ovat toisiinsa nähden. Selkeä lopputulema on se, että näillä volyyymeillä leikkeiden leikkuu kannattaa hoitaa talon sisällä, riippumatta siitä, ostetaanko alumiini rullina vai arkkeina ja leikataanko yhdellä vai kahdella koneella. Silti kaikkien mittareiden mukaan sekä elinkaarituoton, sisäisen korkokannan, kohtuullisen tilantarpeen, henkilöstön tarpeen, että riskien kannalta, parhaat vaihtoehdot ovat 6A ja 6B. Ei ole väliä toimiiko osavalmistus A-hallissa vai B-hallissa, kunhan kaikkien osien leikkuu tehdään yhdellä 2 m x 8 m -vaihtopöydällä olevalla laserilla, johon on kytketty purku- ja lajitteluautomaatio. Tällä saavutetaan suurimmat hyödyt myös alumiiniarkkien hankinnassa, sillä jokaista aineenvahvuutta kohti tarvitaan vain yhtä arkkikokoa pienten täyteleikkeiden ansiosta.

Yllättävää elinkaarilaskennan lopputuloksessa oli se, että Dimecon rullalta suoraan työstävä laser pärjasi näinkin hyvin korkeista investointikustannuksistaan huolimatta, se päätyi kolmanneksi heti 6A- ja 6B-vaihtoehtojen jälkeen. Jos laskentajaksoa pidennettäisiin 11 vuoteen, menisi Dimecon linja kärkeeseen. Mutta toisaalta, tässä vaihtoehdossa olisi syytä käyttää suurempaa laskentakorkokantaa kuin muissa vaihtoehdoissa, suurempien riskien takia.

Mielenkiintoista oli huomata laskennan edetessä, että alumiinin kustannusten osuus muihin kustannuksiin nähden on niin suuri, ettei muilla kustannuksilla ole merkittävää vaikutusta. Tästä voidaan päätellä, että suurimmat säästöt saavutetaan leikkamalla itse sekä kaikilla toimenpiteillä, joilla alumiinin käyttöastetta saadaan parannettua, sekä pitämällä ostohinta kurissa. Vaikka henkilötyö- ja investointikustannukset otettaisiin kokonaan pois, ei tuottavuudessa siltikään saataisi aikaan suurta hypäystä, mutta jos alumiinin hukkaa saataisiin vähennettyä edes muutama prosentti, tehtäisiin jo merkittävä tuottavuusloikkaus. Rullamateriaalin hyöty taas saadaan vasta, kun työstetään suoraan rullalta (parempi käytösuhde). Arkittamalla hävitään saman verran käyttösuhteessa (rullan hukka) kuin mitä rullasta saa alennusta.

Leikkeiden leikkuuseen liittyy myös paljon strategisia näkökulmia. Nykyään on melko helppoa uusien kilpailijoiden tulla alalle ilman suuria investointeja ostamalla leikkeet alihankkijalta. Tähän voidaan osaltaan vastata vaikeuttamalla alalle tuloa

panostamalla teknologiaan ja olemalla kustannusjohtaja osavalmistuksessa. Näin suurten leikkeiden tarve maailmalla on kuitenkin suhteellisen pientä, jolloin alihankintaleiketoimittajat eivät välttämättä panosta tämän koon leikkuun tuottavuuteen. Tämä näkyy myös laitetoimittajien valikoimissa: näin suurille leikkuukoneille ei ole purku- ja lajitteluautomaatiota valmiina tarjolla, jolloin automaatio joudutaan hankkimaan erikseen.

Leikkuukoneen valinnalla lukitaan myös osittain teknologiastrategiaa pitkälle tulevaisuuteen. Jos päätetään sijoittaa yhden koneen strategiaan ja olla investoimatta enää uuteen FMS-järjestelmään, ei voida myöskään enää hyödyntää muovaavia työkaluja. Tämä taas sulkee pois esim. erilaisia osien liitostekniikoita.

Tärkeitä seikkoja eri vaihtoehtoja harkittaessa ovat myös veneiden jälkimarkkinoinnin varaosatarpeet sekä tuotekehityksen tarpeet leikkeiden suhteen. Leikkaamalla itse leikkeet voidaan varaosien toimitusvarmuutta ja -nopeutta parantaa huomattavasti. Tuotekehitysaikojä saataisiin lyhennettyä, kun proto-osien saatavuus paranisi ketterän osavalmistuksen ansiosta.

Suosittelisin investoimaan vaihtoehtoon 6, eli laserleikkuriin purku- ja lajitteluautomaatiolla. Tämä on riskittömin vaihtoehto, jolla saavutetaan merkittävä taloudellinen etu, ja ketteryyttä osavalmistukseen suhteellisen pienillä investoinneilla, myös kun huomioidaan jälkimarkkinointi sekä tuotekehityksen tarpeet.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mikä on kokonaistaloudellisesti tehokkain tapa leikata alumiiniveneiden leikkeet Inhan Tehtaat Oy:n tarpeisiin liiketoimintakauden myötä kasvaneilla volyymeilla. Tavoitteena oli selvittää, mitä teknisiä vaihtoehtoja leikkaamiseen on tarjolla ja verrata niitä nykyiseen toimintatapaan, jossa isot leikkeet (yli 4 m) ostetaan ulkoa ja pienet (alle 4 m) leikataan itse. Työn tarkoituksena oli löytää vastaukset kysymyksiin: Mikä on kokonaistaloudellisin tapa leikata veneen isot leikkeet? Mitä kustannuksia eri vaihtoehdot sisältävät koko elinkaarensa aikana? Mitä vaikutuksia vaihtoehdoilla on organisaatioon? Mitä riskejä vaihtoehtoihin liittyy?

Työ aloitettiin tutustumalla teoriaan investoinneista sekä elinkaarikustannuslaskennasta, joita työssä esitellään. Sitten tutkimukselle määritettiin tavoitteet ja lähtökohdat. Ensin määritettiin tuotantovolyymit koko laskentajaksolle, joka oli noin 3300 venettä/vuosi. Toiseksi määritettiin laskentajaksoksi 10 vuotta, mikä kokemusten mukaan on hyvä pitoaika leikkuujärjestelmille. Hyvien kokemusten perusteella päätettiin myös, että pienten leikkeiden purku- ja lajittelutapa olisi edelleen automaattipurku. Automaattipurku on tehokas tapa saada naarmuttomia osia, tämä saavutettu laatuaste haluttiin säilyttää. Samalla päätettiin tutkia myös mahdollisuus käyttää rullalla olevaa alumiinia. Alumiinimateriaalin laatuvaatimukset päätettiin myös säilyttää yhtä korkealla kuin tähänkin asti.

Osavalmistuksen sijaintiakin pohdittiin, sillä tehtaalla on vapautunut jatkuvasti lisää tilaa takomon tuotannon loppumisen sekä eri venemallien runkojen hitsauslinjastojen yhdistämisen myötä. Koko tehtaan layout oli täysin muokattavissa, joten eri layout-vaihtoehtoja pohdittiin kevyttä materiaalivirta-analyysiä hyödyntäen. Layoutia pohdittiin vain karkealla tasolla, jotta ymmärrettiin eri sijaintien yhteydet kustannuksiin. Nopean tarkastelun jälkeen näytti olevan selkeä yhteys osavalmistuksen ja runkovalmistuksen välillä. Olisi siis tärkeää, että runkovalmistus ja koko osavalmistus olisivat samassa hallissa, tällöin minimoitaisiin myös ulkotrukin käyttö.

Vaihtoehtojen kartoittamisen pohjaksi määriteltiin, nykyiseen tuotevalikoimaan perustuen, isojen leikkeiden leikkuukoneen leikkuualueeksi vähintään 2 m x 8 m ja

levypaksuudet 5 mm:n asti. Seuraavaksi etsittiin soveltuvia laitevalmistajia internetistä sekä alan messuilta. Leikkuukonevalmistajien osalta tarkempiin tutkimuksiin valikoituivat Bystronic, Trumpf, Prima-Power sekä Dimeco. Erilaisia järjestelmävaihtoehtoja määritettiin seitsemän, joista osassa oli vielä eri variaatioita, kuten isojen leikkeiden käsinpurku tai automaattipurku. Osassa järjestelmävaihtoehtoja oli yhden koneen strategia ja osassa kahden koneen strategia, jolloin kaikki leikkeet olisi joko leikattu yhdellä laserleikkurilla tai isot leikkeet isolla laserleikkurilla ja pienet leikkeet FMS-järjestelmällä. Muutamassa vaihtoehdossa alumiini ostettaisiin rullatavarana ja loppuissa arkkeina.

Kahdessa vaihtoehdossa olisi pitänyt investoida myös rullalta arkittaviin arkituskoneisiin. Arkituslinjastot osoittautuivat haastaviksi, sillä tarvittavan laatutason saavuttamiseksi olisi investoitava hieno-oikaisulaitteisto, joka nostaisi laitteiston kustannukset moninkertaiseksi perusoikaisulaitteistoon verrattuna. Mitoitusvolyymi (2000 tonnia/vuosi) oli niin pieni, että useimmilla laitteilla arkittaisi koko vuoden tarpeen muutamassa vuorokaudessa. Osa valmistajista ei suostunut edes tekemään tarjousta, koska jo ajatus näillä volyyymeillä oli heidän mielestään järjetön. Sijainnista ja siitä riippuen, ostetaanko materiaali arkkeina vai rullina, olisi myös investoitava siltanostureihin sekä nostoapuvälineisiin.

Jatkoon valitut valmistajat tekivät suorituskykysimulointeja, joiden perusteella luotiin laitteiden käyttöprofiilit hyödyntäen myös yrityksen toiminnanohjaus- sekä normiaikajärjestelmän tietoja. Tämän jälkeen tehtiin elinkaarikustannuslaskelmat kaikista vaihtoehtoisista kokonaisuuksista sekä verrokkilaskelma vaihtoehdosta, jossa kaikki leikkeet ostettaisiin ulkoa. Tämän laskelman kustannuksia käytettiin muiden vaihtoehtojen tuottona, jolloin saatiin laskettua jokaiselle vaihtoehdolle myös elinkaarituotto. Kaikista vaihtoehdoista tehtiin myös riskianalyysi.

Lopputuloksena saatiin selkeä kuva eri vaihtoehtojen vaikutuksista, riskeistä, kustannuksista sekä tuotoista. Laskelmien tuloksista tehtiin myös havainnolliset kuvaajat, joiden avulla on helppo verrata eri vaihtoehtoja toisiinsa. Kaikilla mittareilla mitattuna kasvaneilla tuotantovolyymeilla on kannattavaa leikata leikkeet talon sisällä. Kaikkien mittareiden mukaan sekä elinkaarituoton, sisäisen korkokannan, kohtuulli-

sen tilantarpeen, henkilöstön tarpeen että riskien kannalta kaikista kannattavimmaksi osoittautui vaihtoehto, jossa kaikki leikkeet leikataan yhdellä laserilla, jossa on 2 m x 8 m -vaihtopöytä sekä purku- ja lajitteluautomaatio.

Eri vaihtoehtojen kustannusjakaumakin selvitettiin ja havaittiin, miten merkittävä osuus kaikista kustannuksista, vaihtoehtoista riippumatta, oli materiaalikustannuksia (alumiini). Seuraavaksi suurin kustannuserä oli vaihtoehdosta riippuen investointikustannus tai käyttöhenkilöstön kustannus. Kaikki muut kustannukset olivat niin pieniä, että ne olivat merkityksettömiä.

Rullamateriaalia hyödyntävistä vaihtoehtoista järkevimmäksi osoittautui suoraan rullalta työstävä laser, joka oli kannattavuudeltaan lähes yhtä kannattava kuin pöytälasier purku- ja lajitteluautomaatiolla. Rullalta työstössä kuitenkin riskit ovat paljon suurempia kuin arkilta työstössä. Alumiiniarkin suoruuden ja pinnanlaadun laatu vastuu siirtyy toimittajalta yritykselle. Rullalta oikaisusta ei ole aikaisempaa kokemusta talon sisällä, ja varsinkin häiriötilanteissa oltaisiin helposti ongelmassa. Suomesta tuskin löytyy ainuttakaan toimittajaa, joka pystyy työstämään tämän kokoluokan ja laatuvaatimusten mukaista alumiinia suoraan rullalta. Tämä tarkoittaisi pitkän konderikon seurauksena sitä, että rullat jouduttaisiin lähettämään arkitettavaksi levytukkurille ennen kuin arkit voitaisiin työstää alihankkijalla. Sama koskisi tilannetta, jossa lisäleikkuukapasiteettia pitäisi ostaa ulkoa, rullat pitäisi ensin arkittaa.

Leikkeiden leikkuuseen liittyy myös paljon strategisia näkökulmia. Nykyään on melko helppoa uusien kilpailijoiden tulla alalle ilman suuria investointeja, ostamalla leikkeet alihankkijalta. Tähän voidaan osaltaan vastata vaikeuttamalla alalle tuloa panostamalla teknologiaan ja olemalla kustannusjohtaja osavalmistuksessa. Näin suurten leikkeiden tarve maailmalla on kuitenkin suhteellisen pientä, jolloin alihankintaleiketoimittajat eivät välttämättä panosta tämän koon leikkuun tuottavuuteen.

Investoimalla vaihtoehtoon, jossa on laserleikkuri purku- ja lajitteluautomaatiolla, saavutetaan merkittävä taloudellinen etu ja ketteryyttä osavalmistukseen suhteellisen pienillä investoinneilla, myös kun huomioidaan jälkimarkkinointi sekä tuotekehityksen tarpeet.

LÄHTEET

- Astes4. Ei päiväystä. ASTES4SORT: unattended sorting applied to sheet metal cutting technologies. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.4.2018]. Saatavana: <http://www.astes4.ch/Astes4Sort>
- Barringer, P.H. 2003. A Life Cycle Cost Summary. [Verkkójulkaisu]. Perth, Australia: International Conference of Maintenance Societies (ICOMS-2003) 20.-23.5.2003. [Viitattu 26.11.2017]. Saatavana: <http://www.barringer1.com/pdf/LifeCycleCostSummary.pdf>
- Bystronic. Ei päiväystä. Media Center. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.12.2017]. Saatavana: <https://bystronic.picturepark.com/WorldPort/Port/MediaCenter>
- Dimeco. Ei päiväystä. Coil fed laser cutting system. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.12.2017]. Saatavana: <http://www.dimeco.com/dimeco-solutions/coil-fed-laser-cutting-system/>
- Dimeco. Ei päiväystä. Cut to length lines. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.12.2017]. Saatavana: <http://www.dimeco.com/dimeco-solutions/cut-to-length-lines/>
- Dimeco. Ei päiväystä. Linacut coil-fed fiber laser. [Verkkójulkaisu]. Pirey: Dimeco Alipresse. [Viitattu 8.12.2017]. Saatavana: <http://www.dimeco.com/wp-content/uploads/2015/10/LINACUT-V2.pdf>
- Fabrycky, W.J. & Blanchard, B.S. 1991. Life-Cycle Cost and Economic Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Fiskaali, M. 2017. Myyntipäällikkö. Prima Power/Finn-Power Oy. Haastattelu 7.6.2017.
- Hintze, Erik. 2017. Country Sales Manager Scandinavia. Aleris Aluminum Denmark ApS. Haastattelu 25.4.2017.
- HWALU. 2017. 5754 Aluminum coil. [Verkkosivu]. Henan: Henan Huawei Aluminum Co. Ltd. [Viitattu 26.12.2017]. Saatavana: http://www.hwaluminum-coil.com/product/5754_Aluminum_Coil_13.html
- Järvenpää, M., Lämsiluoto, A., Partanen, V. & Pellinen, J. 2015. Talousohjaus ja kustannuslaskenta. 2.-3. p. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uud. p. Helsinki: KP-Media Oy.

- Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Machine Concepts. 2017. Difference between a Flattener, Straightener, and Leveler. [Verkkosivu]. Minster, Ohio: Machine Concepts. [Viitattu 9.12.2017]. Saatavana: <http://www.machineconcepts.com/education-training/equipment-differences>
- Niskanen, J. & Niskanen, M. 2013. Yritysrahoitus. 7. uud. p. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- OPhi. 2017. Alumiinilevyt. [Verkkosivu]. Lahti: OPhi Technologies Oy. [Viitattu 6.12.2017]. Saatavana: <http://www.ophi.eu/alumiinilevyt/>
- Pitkänen, P. 2017. Toimitusjohtaja. Fredko Oy. Haastattelu 6.4.2017.
- Prima Power. 2017. Tarjous 12.6.2017. Julkaisematon.
- Puolamäki, E. & Ruusunen, P. 2009. Strategiset investoinnit. Helsinki: Tietosanomama Oy.
- Rawi, M.A. 2016. Services: Productivity Enhancement. [Verkkosivu]. Dubai: Henri Poincare Associates. [Viitattu 2.12.2017]. Saatavana: <https://www.henripoincare.com/productivity-management>
- STT Viestintäpalvelut. 2018. Tiedotteet, Buster Boats. [Verkkosivu]. Helsinki: STT Viestintäpalvelut Oy. [Viitattu 15.4.2018]. Saatavana: <https://www.sttinfo.fi/uutishuone/busterboats?publisherId=14313902>
- Teknologiateollisuus ry & Metallityöväen Liitto ry. 2016. Toimivat työaikajärjestelyt. [Verkkosivu]. 6. uud. p. Helsinki: Teknologiateollisuus ry ja Metallityöväen Liitto ry. [Viitattu 10.9.2017]. Saatavana: http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/toimivat_tyoaikajarjestelyt_2017_nettiin_0.pdf
- Trafi 2.11.2017. Ensirekisteröinnit kuukausittain ja vesikulkuneuvotyypeittäin. [Verkkosivu]. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto. [Viitattu 3.12.2017]. Saatavana: https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/vesiliikenne/vesikulkuneuvojen_ensirekisteroinnit/kuukausittain_ja_vesikulkuneuvotyypeittäin
- Vilkkumaa, M. 2005. Talouden apuvälineet johdolle. 1. p. Helsinki: Yrityskirjat Oy.
- Ähtärin kaupunki. Ei päiväystä. Ähtärin kaupunki - Inhan tehtaat. [Verkkosivu]. Ähtäri: Ähtärin kaupunki. [Viitattu 15.4.2018]. Saatavana: <http://www.ahtari.fi/kaupunki/index.php/asuminen/ahtarin-kylat/inhan-tehtaat>

LIITTEET

Liite 1. Nettonykyarvon laskentataulukkomalli

Liite 2. Riskianalyysi

LIITE 2 Riskianalyysi

Riskit	Todennäköisyys	Vaikutus	Riskin vakavuus	Toimenpide riskin ehkäisemiseksi/pienentämiseksi
-				
B-halli				
0. Kaikki leikkeet ulkoa				
Riittävän isojen leikkeiden toimittajia harvassa	2	2	4	
Toimittajien kustannus-/ tuottavuustason armoilla	2	3	6	Partneritoiminta -> toiminnan ja tuottavuuden kehittäminen yhdessä-> jaetaan säästöt.
Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väriä levykokoja), toimittajan vastuu vs. toimitetut ennusteet	2	3	6	1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekkiä tiheään. 2. Vähennetään eri arkkileveydet minimiin, yhteen minimoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.
Leikkeiden proto-osien korkea kustannus ja pitkä toimitusaika	3	2	6	Kapasiteettivaraus toimittajalle esim. puoli päivää viikossa varataan proto-/after sales leikkeiden tekemiseen.
Yksittäisten after sales -leikkeiden korkeat kustannukset sekä pitkät toimitusajat	3	2	6	Kapasiteettivaraus toimittajalle esim. puoli päivää viikossa varataan proto-/after sales leikkeiden tekemiseen.
-				
A-halli				
1A. Isot leikkeet ulkoa, uusi FMS+varasto				
Riittävän isojen leikkeiden toimittajia harvassa	2	2	4	

Toimittajien kustannus-/ tuottavuustason armoilla	2	2	4	Partneritoiminta -> toiminnan ja tuottavuuden kehittäminen yhdessä-> jaetaan säästöt.
Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärää levykokoja), toimittajan vastuu vs. toimitetut ennusteet	2	3	6	1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekiä tiheään. 2. Vähennetään eri arkkilevytydet minimiin, yhteen minimoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.
Isojen leikkeiden proto-osien korkea kustannus ja pitkä toimitusaika	3	2	6	Kapasiteettivaraus toimittajalle esim. puoli päivää viikossa varataan proto-/after sales leikkeiden tekemiseen.
Yksittäisten isojen after sales -leikkeiden korkeat kustannukset sekä pitkät toimitusajat	3	2	6	Kapasiteettivaraus toimittajalle esim. puoli päivää viikossa varataan proto-/after sales leikkeiden tekemiseen.
A-hallin korkeuden riittämättömyys?	3	2	6	Levyt täytyy lastata FMS:n varastoon ja rangat poistaa trukilla, nosturi ei mahdu varaston luo.

B-halli

1B. Isot leikkeet ulkoa, uusi FMS

Riittävän isojen leikkeiden toimittajia harvassa	2	2	4	
Toimittajien kustannus-/ tuottavuustason armoilla	2	2	4	Partneritoiminta -> toiminnan ja tuottavuuden kehittäminen yhdessä-> jaetaan säästöt.
Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärää levykokoja), toimittajan vastuu vs. toimitetut ennusteet	2	3	6	1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekiä tiheään. 2. Vähennetään eri arkkilevytydet minimiin, yhteen minimoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.
Isojen leikkeiden proto-osien korkea kustannus ja pitkä toimitusaika	3	2	6	Kapasiteettivaraus toimittajalle esim. puoli päivää viikossa varataan proto-/after sales leikkeiden tekemiseen.
Yksittäisten isojen after sales -leikkeiden korkeat kustannukset sekä pitkät toimitusajat	3	2	6	Kapasiteettivaraus toimittajalle esim. puoli päivää viikossa varataan proto-/after sales leikkeiden tekemiseen.

Portaalirobotti				
A-halli				
2. Suoratyöstö rullalta (Dimeco), (FMS pois)				
Suurempi materiaalihukka rullan alku- ja loppupään huonon laadun vuoksi	3	2	6	Tämän toimittaja jo periaatteessa kompensoi 1-1,6% halvemmalla materiaalilla.
Laatuvastuu levyn suoruudesta/pintalaadusta siirtyy toimittajalta omalle vastuulle	3	3	9	1. Oikaisukoneiston huolellinen kunnossapito 2. Hieno-oikaisulaitteen hankinta suoristuslaitteen sijaan, jolloin voidaan oikaista kahteen suuntaan ja saadaan mahdolliset rypyt pois. 3. Työstökoneen toimitussopimukseen kirjattava minimilaatuvaatimukset.
Melko tuoreen teknologian toimintavarmuuden epävarmuus (suoratyöstö+purkurobotti)	2	3	6	Toimitussopimukseen kirjattava minimi suorituskyky-, toimintavarmuus- ja työstölaatuvaatimukset kaupanpurkuhehtoineen.
Kelalta purkamisen / oikaisun osaamisen puute	2	1	2	Koulutus, käytännössä oppiminen
Osien/huollon saatavuus ongelmatilanteessa?	2	3	6	Toimitussopimukseen kirjattava minimivaatimukset varaosien toimitusajoista sekä huollon vasteajoista.
Yhden koneen strategia -> toiminnan turvaaminen laiterikon seurauksena?	2	3	6	Jos tulee laiterikko, ei voida toimittaa rullamateriaalia mihin tahansa työstettäväksi, sillä Suomesta tuskin löytyy muita, joilla on rullalta työstäviä koneita näin suurille levyformaateille. Tällöin tulee materiaali toimittaa arkitettavaksi ensin jollekin levytukkurille -> toimitusajat voi olla pitkiä!!
Kapasiteetin riittävyys?	2	3	6	Lisäkapasiteettia saa alihankkijoilta, mutta ei voida toimittaa rullamateriaalia mihin tahansa työstettäväksi, sillä Suomesta tuskin löytyy muita, joilla on rullalta työstäviä koneita näin suurille levyformaateille!!
A-hallin korkeuden riittämättömyys?	3	2	6	Leikkeet täytyy purkaa suoraan pyörillä olevalle pöydälle, joka voidaan vaihtaa käsin. Nosturi ei mahdu liikkumaan purkualueen yli.
Portaalirobotti				

A-halli				
3A. Arkitus rullalta + laser, uusi FMS+varasto				
Suurempi materiaalihukka rullan alku- ja loppupään huonon laadun vuoksi	3	2	6	Tämän toimittaja jo periaatteessa kompensoi 1-1,6% halvemmalla materiaalilla.
Laatuvastuu levyn suoruudesta/pintalaadusta siirtyy toimittajalta omalle vastuulle	3	3	9	1. Oikaisukoneiston huolellinen kunnossapito 2. Hieno-oikaisulaitteen hankinta suoristuslaitteen sijaan, jolloin voidaan oikaista kahteen suuntaan ja saadaan mahdolliset rypyt pois.
Purkurobotin kyky purkaa sekä pientä, että suurta osaa? Toimintavarmuus?	1	2	2	1. Toimitussopimukseen kirjattava minimi suorituskyky- ja toimintavarmuusvaatimukset kaupanpurkuehtoineen. 2. Pienimmät osat laitettava mikroilla kiinni toisiinsa, lisää jonkin verran käsityötä.
Arkituskoneen rikkoontuminen	1	3	3	Jos tulee laiterikko, tulee materiaali toimittaa arkitettavaksi jollekin levytukkurille -> toimitusajat voi olla pitkiä!!
Kelalta purkamisen / oikaisun osaamisen puute	2	1	2	Koulutus, käytännössä oppiminen
A-hallin korkeuden riittämättömyys?	3	2	6	Levyt täytyy lastata FMS:n varastoon ja rangat poistaa trukilla, nosturi ei mahdu varaston luo. Isojen leikkeiden purkupäähän täytyy hankkia toinen nosturi, sillä nosturi ei mahdu kulkemaan purkualueen yli.
Käsin/alipainenostimella				
A-halli				
3B. Arkitus rullalta + laser, uusi FMS+varasto				
Suurempi materiaalihukka rullan alku- ja loppupään huonon laadun vuoksi	3	2	6	Tämän toimittaja jo periaatteessa kompensoi 1-1,6% halvemmalla materiaalilla.
Laatuvastuu levyn suoruudesta/pintalaadusta siirtyy toimittajalta omalle vastuulle	3	3	9	1. Oikaisukoneiston huolellinen kunnossapito 2. Hieno-oikaisulaitteen hankinta suoristuslaitteen sijaan, jolloin voidaan oikaista kahteen suuntaan ja saadaan mahdolliset rypyt pois.
Arkituskoneen rikkoontuminen	1	3	3	Jos tulee laiterikko, tulee materiaali toimittaa arkitettavaksi jollekin levytukkurille -> toimitusajat voi olla pitkiä!!
Kelalta purkamisen / oikaisun osaamisen puute	2	1	2	Koulutus, käytännössä oppiminen

A-hallin korkeuden riittämättömyys?

3 2

6

Levyt täytyy lastata FMS:n varastoon ja rangat poistaa trukilla, nosturi ei mahdu varaston luo.

Portaalirobotti

A-halli

4. Arkitus rullalta + laser (FMS pois)

Suurempi materiaalihukka rullan alku- ja loppupään huonon laadun vuoksi

3 2

6

Tämän toimittaja jo periaatteessa kompensoi 1-1,6% halvemmallalla materiaalilla.

Laatuvastuu levyn suoruudesta/pintalaadusta siirtyy toimittajalta omalle vastuulle

3 3

9

1. Oikaisukoneiston huolellinen kunnossapito 2. Hieno-oikaisulaitteen hankinta suoristuslaitteen sijaan, jolloin voidaan oikaista kahden suuntaan ja saadaan mahdolliset rypyt pois.

Purkurobotin kyky purkaa sekä pientä, että suurta osaa? Toimintavarmuus?

1 3

3

1. Toimitussopimukseen kirjattava minimi suorituskyky- ja toimintavarmuusvaatimukset kaupanpurkuehtoineen. 2. Pienimmät osat laitettava mikroilla kiinni toisiinsa, lisää jonkin verran käsityötä.

Arkituskoneen rikkoontuminen

1 3

3

Jos tulee laiterikko, tulee materiaali toimittaa arkitettavaksi jollekin levytukkurille -> toimitusajat voi olla pitkiä!!

Kelalta purkamisen / oikaisun osaamisen puute

2 1

2

Koulutus, käytännössä oppiminen

Yhden koneen strategia -> toiminnan turvaaminen laiterikon seurauksena?

1 3

3

Jos tulee laiterikko, toimitetaan materiaalia alihankkijalle työstettäväksi -> toimitusajat voi olla pitkiä.

A-hallin korkeuden riittämättömyys?

3 2

6

Isojen leikkeiden purkupäähän täytyy hankkia toinen nosturi, sillä nosturi ei mahdu kulkemaan purkualueen yli.

Portaalirobotti

A-halli

5A. Levyt arkkeina + laser, uusi FMS+varasto

Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärää levykokoja)	2	3	6	1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekiä tiheään. 2. Tihennetään ostotiheyttä max. pariin viikkoon 3. Vähennetään eri arkkileveydet minimiin, yhteen minimitoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.
Purkurobotin kyky purkaa sekä pientä, että suurta osaa? Toimintavarmuus?	1	2	2	1. Toimitussopimukseen kirjattava minimi suorituskyky- ja toimintavarmuusvaatimukset kaupanpurkuehtoineen. 2. Pienimmät osat laitettava mikroilla kiinni toisiinsa, lisää jonkin verran käsityötä.
A-hallin korkeuden riittämättömyys?	3	2	6	Levyt täytyy lastata FMS:n varastoon ja rangat poistaa trukilla, nosturi ei mahdu varaston luo. Isojen leikkeiden purkupäähän täytyy hankkia toinen nosturi, sillä nosturi ei mahdu kulkemaan purkualueen yli.

Käsin/alipainenostimella

A-halli

5B. Levyt arkkeina + laser, uusi FMS+varasto

Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärää levykokoja)	2	3	6	1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekiä tiheään. 2. Tihennetään ostotiheyttä max. pariin viikkoon 3. Vähennetään eri arkkileveydet minimiin, yhteen minimitoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.
A-hallin korkeuden riittämättömyys?	3	2	6	Levyt täytyy lastata FMS:n varastoon ja rangat poistaa trukilla, nosturi ei mahdu varaston luo.

Portaalirobotti

B-halli

5C. Levyt arkkeina + laser, uusi FMS

Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärä levykokoja)

2 3

6

1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekkiä tiheään. 2. Tihennetään ostotiheyttä max. pariin viikkoon 3. Vähennetään eri arkkileveydet minimiin, yhteen minimitoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.

Purkurobotin kyky purkaa sekä pientä, että suurta osaa? Toimintavarmuus?

1 2

2

1. Toimitussopimukseen kirjattava minimi suorituskyky- ja toimintavarmuusvaatimukset kaupanpurkuehtoineen. 2. Pienimmät osat laitettava mikroilla kiinni toisiinsa, lisää jonkin verran käsityötä.

Käsin/alipainenostimella

B-halli

5D. Levyt arkkeina + laser, uusi FMS

Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärä levykokoja)

2 3

6

1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekkiä tiheään. 2. Tihennetään ostotiheyttä max. pariin viikkoon 3. Vähennetään eri arkkileveydet minimiin, yhteen minimitoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.

Portaalirobotti

A-halli

6A. Levyt arkkeina + laser (FMS pois)

Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärä levykokoja)

1 3

3

1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekkiä tiheään. 2. Tihennetään ostotiheyttä max. pariin viikkoon 3. Vähennetään eri arkkileveydet minimiin, yhteen minimitoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.

Purkurobotin kyky purkaa sekä pientä, että suurta osaa? Toimintavarmuus?	1	3	3	1. Toimitussopimukseen kirjattava minimi suorituskyky- ja toimintavarmuusvaatimukset kaupanpurkuehtoineen. 2. Pienimmät osat laitettava mikroilla kiinni toisiinsa, lisää jonkin verran käsityötä.
Yhden koneen strategia -> toiminnan turvaaminen laiterikon seurauksena?	1	3	3	Jos tulee laiterikko, toimitetaan materiaalia alihankkijalle työstettäväksi -> toimitusajat voi olla pitkiä.
A-hallin korkeuden riittämättömyys?	3	2	6	Isojen leikkeiden purkupäähän täytyy hankkia toinen nosturi, sillä nosturi ei mahdu kulkemaan purkualueen yli.

Portaalirobotti

B-halli

6B. Levyt arkkeina + laser (FMS pois)

Alumiinin ikääntyminen (liian suuri varasto väärää levykokoja)	1	3	3	1. Panostetaan levymenekin ennustamiseen, seurataan levymenekiä tiheään. 2. Tihennetään ostotiheyttä max. pariin viikkoon 3. Vähennetään eri arkkileveydet minimiin, yhteen minimoimituserään (20t) voi sisällyttää montaa eri pituutta, vain leveys lasketaan.
Purkurobotin kyky purkaa sekä pientä, että suurta osaa? Toimintavarmuus?	1	3	3	1. Toimitussopimukseen kirjattava minimi suorituskyky- ja toimintavarmuusvaatimukset kaupanpurkuehtoineen. 2. Pienimmät osat laitettava mikroilla kiinni toisiinsa, lisää jonkin verran käsityötä.
Yhden koneen strategia -> toiminnan turvaaminen laiterikon seurauksena?	1	3	3	Jos tulee laiterikko, toimitetaan materiaalia alihankkijalle työstettäväksi -> toimitusajat voi olla pitkiä.