



Puhdistamon sahainvestointi

Mika Kiiski

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2021

Konetekniikan koulutusohjelma
Koneautomaatio ja tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Koneautomaatio ja tuotantotekniikka

KIISKI, MIKA:
Puhdistamon sahainvestointi

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Tammikuu 2021

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa tietoa teräsvalimon puhdistamon sahainvestoinnin tueksi. Esiselvityksen teetti Tevo Lokomo Oy. Esiselvityksen tavoitteena oli tuottaa tietoa sahainvestoinnin kannattavuudesta. Opinnäytetyössä kartoitettiin sahainvestoinnin taloudelliset hyödyt, tehokkuus, tuotannonsuunnittelu ja työturvallisuus. Opinnäytetyö vertailee polttoleikkauksen ja sahauksen välisiä etuja ja haittoja toisiinsa nähden ja antaa Tevo Lokomo Oy:lle mahdollisimman kattavan ja realistisen kuvan näiden menetelmien ominaisuuksista.

Opinnäytetyö oli laadullinen, ja se toteutettiin kerätyn empiirisen tiedon avulla. Aineistoa kerättiin kirjallisuudesta ja alan ammattilaisten haastatteluiden avulla.

Sahainvestoinnin taloudellista kannattavuutta laskettiin kolmella eri investoinnin laskentamenetelmällä. Näiden investointilaskelmien perusteella voidaan todeta investointi taloudellisesti kannattavaksi, niin että sitä voidaan käyttää Tevo Lokomo Oy:n investointipäätöksen tukena. Suurin hyöty sahainvestoinnista saadaan koneistamossa, jossa suurin säästö syntyy lyhentyneiden koneaikojen ja vapautuneen tuotantokapasiteetin kautta. Lisäksi päätöksen teon tueksi selvitettiin investoinnin vaikutusta pehmeisiin arvoihin.

Opinnäytetyön pohjalta Tevo Lokomo Oy sai tietoa sahainvestointipäätöksen tueksi. Sahainvestoinnilla Tevo Lokomo Oy voisi parantaa kannattavuutta tehostamalla tuotantoaan.

Asiasanat: vannesahaus, polttoleikkaus, investointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine automation and Production Engineering

KIISKI, MIKA:
Saw investment of the fettling department

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 0 pages
January 2021

This thesis was carried out as a preliminary study of the fettling department's saw investment. Tevo Lokomo Oy commissioned the study. This thesis aims to find out advantages obtained with band sawing over flame cutting, which is currently employed. This thesis aimed to produce information about the profitability of the saw investment to Tevo Lokomo Oy. The purpose was to consider economic benefits, work efficiency, production planning, and occupational safety. This thesis reflects on the pros and cons of band sawing and flame cutting and thus gives Tevo Lokomo Oy the most comprehensive and realistic picture of these methods' properties.

This thesis was qualitative, and it was carried out with the help of research and collected empirical material. The material was collected from the literature and through professional interviews.

The profitability of the investment has been calculated through three different investment methods. Based on these calculations, it is clear that investment is financially viable to Tevo Lokomo Oy, and it can be used to support the investment decision. The most significant benefit in the production chain is achieved in the machining shop, where savings would be achieved in machining times. The impact of the investment on soft values was also investigated.

Based on this thesis, Tevo Lokomo Oy could make the band saw an investment decision. The band saw investment could help Tevo Lokomo Oy to improve profitability and production efficiency.

Key words: band saw, flame cutting, investment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TEVO LOKOMO OY	6
	2.1 Lokomon historia.....	6
	2.2 Tuotteet.....	8
	2.3 Tuotantoprosessi.....	8
3	POLTTOLEIKKAUS	12
	3.1 Teoria.....	12
	3.2 Polttoleikkaus Tevo Lokomolla.....	13
	3.3 Edut ja haitat	16
4	SAHAUS	19
	4.1 Teoria.....	19
	4.2 Sopiva saha Tevo Lokomolle	21
	4.3 Edut ja haitat	22
5	INVESTOINTI	25
	5.1 Investoinnin suunnittelu.....	25
	5.2 Investointilaskelma	26
	5.3 Investointilaskentamenetelmät.....	26
	5.3.1 Takaisinmaksuajan menetelmä	27
	5.3.2 Laskennallisen pääomatuottoasteen menetelmä	27
	5.3.3 Sisäisen korkokannan menetelmä.....	28
	5.3.4 Nettonykyarvomenetelmä	28
	5.3.5 Annuiteettimenetelmä	29
	5.4 Investoinnin vaikutus tuotantoon	30
	5.5 Investoinnin vaikutus pehmeisiin arvoihin	31
6	TULOKSET	32
	6.1 Lähtöarvot	32
	6.2 Nettonykyarvomenetelmä	33
	6.3 Takaisinmaksuajan menetelmä.....	34
	6.4 Sisäisen korkokannan menetelmä	34
7	POHDINTA	35
	LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esiselvitys puhdistamon sahainvestoinnin tueksi. Tevo Lokomolla on jo vuosia ollut puhetta, että valimolla pitäisi olla kunnollinen saha valujen sahaamista varten, ettei välttämättömiä sahauksia tarvitsisi ostaa alihankintana. Sahainvestointi kohdistuisi puhdistamoon ja tarkemmin nykyisin siellä pelkästään polttoleikkaamalla suoritettavan vaiheen tueksi. Tässä vaiheessa teräsvaluista poistetaan syöttökuvut ja valukanavistot eli valukkeet.

Käsivaraisesti suoritettavan polttoleikkauksen takia on olemassa riski valun alimittaiseksi leikkaamiselle, tai vaihtoehtoisesti valuihin saattaa jäädä tarpeettoman paljon ylimääräistä materiaalia. Yhteistä näille molemmille vaihtoehdoille on kuitenkin se, että niistä syntyy ylimääräisiä kuluja tuotantoketjun eri vaiheissa. Opinnäytetyössä verrataan näiden kahden eri leikkausmenetelmän etuja ja haittoja toisiinsa nähden, huomioiden myös näiden työturvallisuusasiat.

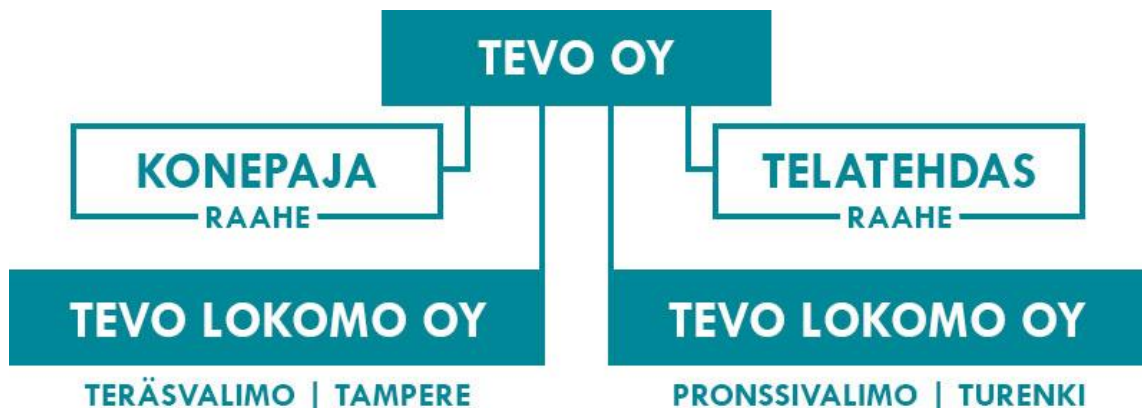
Työn tarkoituksena on myös kartoittaa tuotteita, jotka olisivat sahattavaksi sopivia ja kartoittaa niiden tuotantomääriä investointilaskelmien tueksi. Sahattavaksi soveltuvien tuotantokappaleiden pohjalta kartoitetaan Tevo Lokomo Oy:n tarpeisiin sopiva sahatyyppi ja sahattavien tuotteiden asettamat vaatimukset sahalle.

Selvityksessä kerättyjen tietojen perusteella selvitetään investoinnin taloudellista kannattavuutta eri investointilaskenta menetelmillä. Taloudellisen kannattavuuden lisäksi pyritään investoinnin kannattavuutta arvioimaan myös muistakin näkökulmista.

2 TEVO LOKOMO OY

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii suuriin teräsvaluihin erikoistunut Tevo Lokomo Oy Tampereen Hatanpäällä. Yrityksellä on pitkät perinteet vaativien teräsvalujen toimittajana.

Vuodesta 2015 alkaen Tevo Lokomon teräsvalimo on ollut osa Tevo-konsernia (kuvio 1). Tevo Oy osti Lokomon perinteikkään teräsvalimon Metso Mineralsilta vuonna 2015. Tevo Oy on yli 40 vuoden kokemuksen omaava raahelaislähtöinen perheyhtiö. Tevo Oy on erikoistunut raskaaseen konepajateollisuuteen ja siihen kuuluvat konepaja ja telatehdas Raahessa. (Törmä 2015, 210)



KUVIO 1. Tevo Oy:n konsernirakenne (Teollisuuden aitoa kumppanuutta – vuosikymmenestä toiseen)

Tevo Lokomo nimen alle kuuluvat tänä päivänä teräsvalimo Tampereen Hatanpäällä ja pronssivalimo Turengissa. Yritys työllistää noin 113 henkilöä. Tevo Lokomo valmistaa tuotteita yli 100 vuoden kokemuksella (Teollisuuden aitoa kumppanuutta – vuosikymmenestä toiseen n.d.)

2.1 Lokomon historia

Lokomon vaiherikas, ja nyt jo yli 100 vuotinen historia, sai alkusysäyksen vuonna 1915, kun OY Lokomo AB osakeyhtiö perustettiin Tampereelle. Hatanpäälle ra-

kennettiin konepaja- ja valimorakennukset vuosina 1915 ja 1916. Kyseiset rakennukset toimivat edelleen tuotantotiloina, mutta niiden lisäksi on vuosien kuluessa tiloja laajennettu. (Törmä 2015, 210)

OY Lokomo AB on erilaisien yritysjärjestelyjen takia toiminut eri nimillä eri vuosikymmeninä. Lokomon terästehtaan katolla ovat näyttäytyneet esimerkiksi Rauma Repola Oy:n, Nordberg-Lokomo Oy:n, Metso Lokomo Steels Oy:n ja Tevo Lokomo Oy:n nimet. (Törmä 2015, 9, 123, 189, 201, 210)

Tuotanto Lokomolla käynnistyi vetureiden valmistuksella 15.6.1915 (kuva 1). Lokomon historian aikana siellä on valmistettu monenlaisia tuotteita moniin eri käyttötarkoituksiin, esimerkiksi kirkonkelloja, laivanpotkureita, murskaimia, tiehöyliä, lumiauroja, vesiturbiineita, kaivukoneita, venttiileitä, tykinputkia, nostureita ja metsäkoneita. Parhaiten Lokomo tunnetaan 80-luvulla venäläisille toimittamistaan syvänmeren tutkimusaluksista Mir 1 ja Mir 2. (Törmä 2015, 10–19, 166–175)



KUVA 1. Ensimmäinen Lokomolla valmistettu veturi valmistui vuonna 1920

Vuosien 1939-1949 aikana Lokomo oli valjastettuna sotatarvetuotantoon. Tällöin Lokomolla valmistettiin erilaisia tuotteita sotakäyttöön. Sotien jälkeen Lokomolla oli merkittävä rooli sotakorvaustuotteiden parissa. Lokomolta toimitettiin Neuvostoliitolle kapearaidevetureita, murskaimia, puutalotehtaiden koneita ja laitteita, teräsvaluja ja takeita muulle teollisuudelle, laivan ankkureita sekä suuri määrä haponkestäviä venttiileitä. (Törmä 2015, 65, 71)

2.2 Tuotteet

Tevo Lokomon asiakkaat koostuvat eri teollisuudenaloilta ympäri maailmaa. Tevo Lokomolla valmistettuja tuotteita löytyy nykyään niin vesivoima-, meri-, puunjalostus-, kaivos- kuin terästeollisuudesta. Tuotteita ovat muun muassa laivan potkurit ja potkurilaitteiston osat, vesiturbiinien juoksupyörien siivet, terästehtaiden kelainrummut, erilaiset puunjalostusteollisuuden valutuotteet sekä kaivos- ja maanrakennusteollisuuden koneiden kulutusosat. Kuvassa 2 Tevo Lokomolla valmistettavia tuotteita.



KUVA 2. Tevo Lokomolla valmistettavia tuotteita

Monien tänäkin päivänä valmistettavien tuotteiden historia yltää vuosikymmenien taakse. Esimerkiksi laivan potkureita on valmistettu Lokomolla vuodesta 1917 alkaen ja vesiturbiinien juoksupyörän siipiä 60-luvulta alkaen, nämä tuotteet ovat edelleenkin yrityksen tärkeimpiä tuotteita (Törmä 2015, 11, 109).

2.3 Tuotantoprosessi

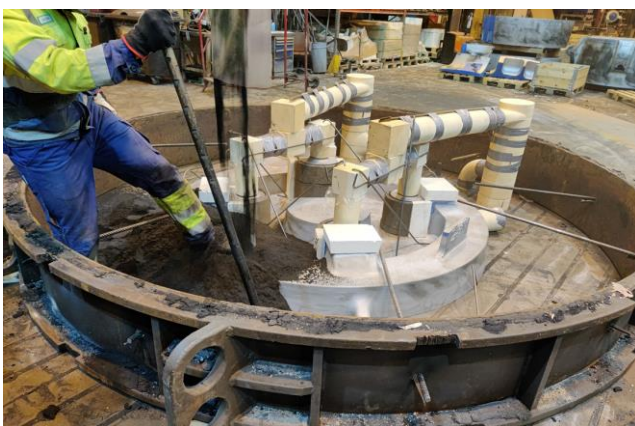
Asiakkaalta saadun tilauksen jälkeen valusuunnittelun henkilöstö suunnittelee tuotteen vaatiman valumallin, luo valusuunnitelman ja kaavausohjeet (kuva 3).

Näiden pohjana käytetään asiakkaan tilauksen yhteydessä toimittamia dokumentteja, jotta tuotteesta saadaan asiakkaan vaatimusten mukainen. Valusuunnittelu tilaa suunnitelmien mukaisen valumallin alihankkijalta.



KUVA 3. Valumallin osa

Valmis valumalli saapuu alihankkijalta kaavaamoon, jossa se varustellaan kaavausohjeen mukaisesti sopivan kokoiseen ja muotoiseen kehään. Tässä vaiheessa malliin lisätään suunnitellut valukanavistot, jäähdytysraudat, syöttökuvut ja eristemateriaalit. Seuraavaksi kehät täytetään kvartsihiekalla (kuva 4). Hiekan kovettuttua malli poistetaan muotista ja kovettuneeseen hiekkaan, kehän sisälle, jää haluttu valumallin mukainen muoto. Lopuksi useasta osasta koostuva valumuotti peitostetaan ja kasataan valualueelle odottamaan valua.



KUVA 4. Muotin täyttö kvartsihiekalla

Valumuotin valmistuttua sulatto pääsee aloittamaan sulan valmistamisen. Valusuunnitelmasta selviää, millaista terästä tarvitaan ja kuinka paljon. Sulan valmis-

taminen aloitetaan kokoamalla tarvittava määrä raaka-aineita esimerkiksi kierrätysromua. Kootut raaka-aineet sulatetaan valokaariuunilla. Sulasta otetaan näytteitä sulatuksen eri vaiheissa analysoitavaksi. Analyysin perusteella lisätään tarvittavia raaka-aineita. Sula on valmis, kun analyysi vastaa annettuihin vaatimuksiin. Sulatuksen jälkeen joillekin materiaaleille suoritetaan konvertterikäsittely, joka poistaa sulasta epäpuhtaudet (kuva 5).



KUVA 5. Sulan kaato konvertteriin

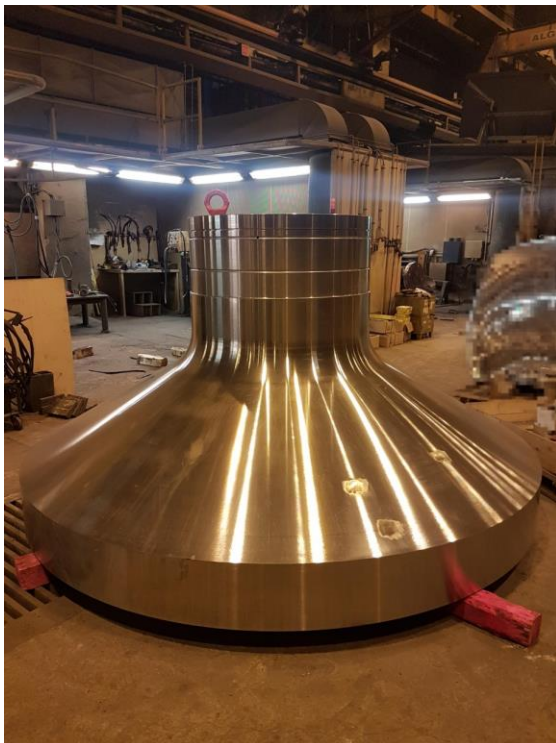
Valmis sula, jonka määrä ja lämpötila vastaavat valusuunnitelmaa, kaadetaan valusenkkään, jolla se kuljetetaan valualueelle. Valualueella sula lasketaan valusenkasta valmiiseen muottiin. Valun jälkeen alkaa muotin jäähdytysaika, jonka pituuteen vaikuttavat kappaleen materiaali, muoto ja koko. Jäähdytysaika voi vaihdella päivistä viikkoihin.

Suunnitellun jäähdytysajan jälkeen muotti voidaan tyhjentää. Tyhjennyksen jälkeen valu siirretään puhdistamoon (kuva 6). Puhdistamossa valut valmistellaan seuraaviin työvaiheisiin esimerkiksi koneistukseen. Tässä vaiheessa valusta poistetaan valukkeet eli varsinaiseen kappaleeseen kuulumattomat osat, kuten valukanavistot ja syöttökuvut. Lisäksi kappaleista poistetaan muoteista jäänyt hiekka, korjataan mahdolliset valuvirheet, suoritetaan vaaditut tarkastukset, lämpökäsittelyt ja sinkopuhallus.



KUVA 6. Muotista tyhjennetty valu, ennen puhdistusta

Puhdistetut ja lämpökäsitellyt kappaleet siirretään koneistamoon. Siellä kappaleille suoritetaan tarvittavat koneistukset asiakkaan toimittamien piirustusten mukaisesti. Koneistuksen jälkeen kappaleet ovat valmiilla mitoilla ja ne toimitetaan takaisin puhdistamoon, jossa kappaleille tehdään vielä viimeiset tarkastukset, korjaukset ja mittaukset. Kun tuote on lopulta valmis, pyydetään sille toimituslupa ja se pakataan valmiiksi toimitusta varten (kuva 7).



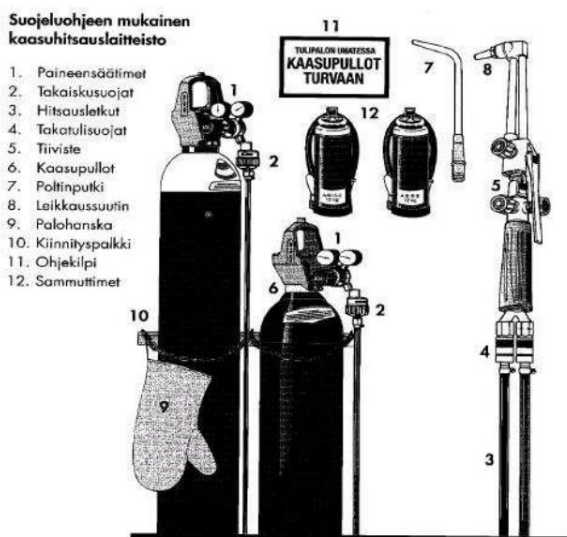
KUVA 7. Pakkausta vaille valmis tuote asiakkaalle toimitettavaksi

3 POLTTOLEIKKAUS

Puhdistamon sahainvestoinnin suorat vaikutukset kohdistuvat puhdistamon polttoleikkaukseen. Polttoleikkaamalla poistetaan valukkeet valukappaleista. Investoinnin tavoitteena olisi lisätä kapasiteettia ajoittain pullonkaulana toimivaan polttoleikkaukseen ja keventää polttoleikkaajien raskasta työtä. Selvityksessä on myös muut sahainvestoinnilla saavutettavat edut tuotannossa.

3.1 Teoria

Polttoleikkaus on terminen leikkausmenetelmä, johon kuuluvat kaasutalitus ja jauheleikkaus. Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen leikkaamisessa polttoleikkaus on käytetyin menetelmä. Polttoleikkauksessa käytettävä laitteisto on varsin yksinkertainen ja edullinen hankkia (kuva 8). Polttoleikkausta tukee myös sen helppous ja monikäyttöisyys. Polttoleikkauksella pystytään leikkaamaan jopa 2500 mm:n ainevahvuuteen saakka. (Niemi 2008, 19)



KUVA 8. Polttoleikkauslaitteisto (Niemi 2008, 19)

Polttoleikkaus aloitetaan kumentamalla leikkauksen aloituskohtaa kaasuliekillä. Tavallisesti kuumennusliekkiin käytetään happea ja asetyleeniä tai propaania.

Saavutettuaan syttymislämpötilan lisätään prosessiin leikkaushappi, joka synnyttää happisuihkun, jolla itse polttoleikkaus tapahtuu. Happisuihku poistaa ylimääräisen materiaalin leikkausurasta. (Niemi 2008, 21)

Jauhekaarileikkausta käytetään suuremmille ainepaksuuksille. Tällöin leikkausepaineet ovat myös huomattavasti suuremmat. Nestekaasunpaine on 1,5–2,0 bar ja hapenpaine voi olla jopa 20 bar. Lisäksi korkeaseosteisia teräksiä leikattaessa syötetään suuttimeen erittäin hienoa rautajauhetta erillisestä säiliöstä. Rautajauhesäiliön paine on 0,8–2,0 bar riippuen käytettävän suuttimen koosta. (Niemi 2008, 21–23)

3.2 Polttoleikkaus Tevo Lokomolla

Tevo Lokomolla polttoleikkausta käytetään valukkeiden poistamiseen valuista. Tässä työvaiheessa valuista poistetaan valukanavistot ja syöttökuvut. Valukanavistot mahdollistavat sulan teräksen kaatamisen muottiin ja muotin oikeanlaisen täyttymisen. Lisäksi valukanavistojen tarkoituksena on estää haitallisten kaasujen sekoittuminen teräkseen. Syöttökupuja käytetään syöttämään sulakutistumaa.

Polttoleikkaajilta vaaditaan korkeaa ammattitaitoa, jotta polttoleikkaamalla saataisiin parasmahdollinen lopputulos. Polttoleikkaajan on otettava huomioon kaasun ja hapen paine, polttimen asemointi, leikkause nopeus, leikattava materiaali sekä materiaalin paksuus ja muoto, jotta saavutetaan polttoleikkaukselle asetetut vaatimukset.

Vakituisina polttoleikkaajina puhdistamossa työskentelee neljä polttoleikkaus taitoista henkilöä ja he työskentelevät kahdessa vuorossa. Polttoleikkaajien vähäinen määrä tekee työvaiheesta vaikeasti kuormitettavan tuotannonsuunnittelun näkökulmasta. Esimerkiksi yhden polttoleikkaajan mahdollinen sairausloma vie ison osan käytettävästä kapasiteetista ja lisäkapasiteettia on vaikea saada nopeasti, koska tuotteet ovat haastavia leikattavia, jotka vaativat polttoleikkaajalta korkeaa ammattitaitoa. Vaiheen kuormittamista hankaloittaa myös työvaiheen läpi-

menoajan arvioiminen etenkin uusille tuotteille, joista ei ole vielä olemassa jälkilaskelmia toteutuneiden tuntien muodossa. Polttoleikkaajaa kuormittavan työskentelymenetelmän takia polttoleikkauksen kesto keskenään samanlaisille tuotteille saattaa vaihdella jonkin verran toisiinsa nähden. Esimerkiksi kesähelteillä työskentely on kuormittavampaa kuin talvella johtuen hallin lämpötilasta.

Polttoleikkaus on pääasiassa käsityötä, jossa polttoleikkaaja joutuu työskentelemään hankalissa ja epämukavissa asennoissa (kuva 9). Myös leikkauksesta syntyvät korkeat lämpötilat ja polttimesta polttoleikkaajaan kohdistuva paine kuormittavat polttoleikkaajaa. Työn fyysisen kuormittavuuden takia polttoleikkaaja ei pysty käyttämään koko päivittäistä työaikaansa polttoleikkaukseen.



KUVA 9. Polttoleikkaaja työssään

Vaihetta kuormittaessa on myös huomioitava polttoleikattavan kappaleen aseointiin kuluva aika. Samaa kappaletta voi joutua kääntämään nosturilla eri asentoihin useaan kertaan, jotta päästäisiin leikkaamaan parhaassa mahdollisessa asennossa ja kaikki leikattava saataisiin irrotettua kappaleesta. Kappaleen kääntämisestä huolimatta joidenkin kappaleiden leikkausasennot ovat leikkaajan kannalta haastavia. Valun suunnitteluvaiheessa pyritään huomioimaan polttoleikkauksen vaatimukset, jotta työvaihe pystyttäisiin suorittamaan mahdollisimman helposti ja turvallisesti.

Polttoleikkauspaikkoja Tevo Lokomon tiloista löytyy kaksi. Molemmilta paikoilta löytyy polttoleikkuslaitteisto. Toiselta polttoleikkauspaikalta löytyy myös pyörityspöytä ja koneellisesti ohjattava lineaarirata (kuva 10). Polttoleikkauspisteeltä vaaditaan myös erittäin hyvää ilmanvaihtoa, jotta leikkauksesta syntyvät savukaasut saadaan poistettua niiden leviämättä muihin tuotantotiloihin. Polttoleikkaajilla on käytössä myös henkilökohtaiset hengityssuojaimet.



KUVA 10. Polttoleikkauskoppi ja pyörityspöytä

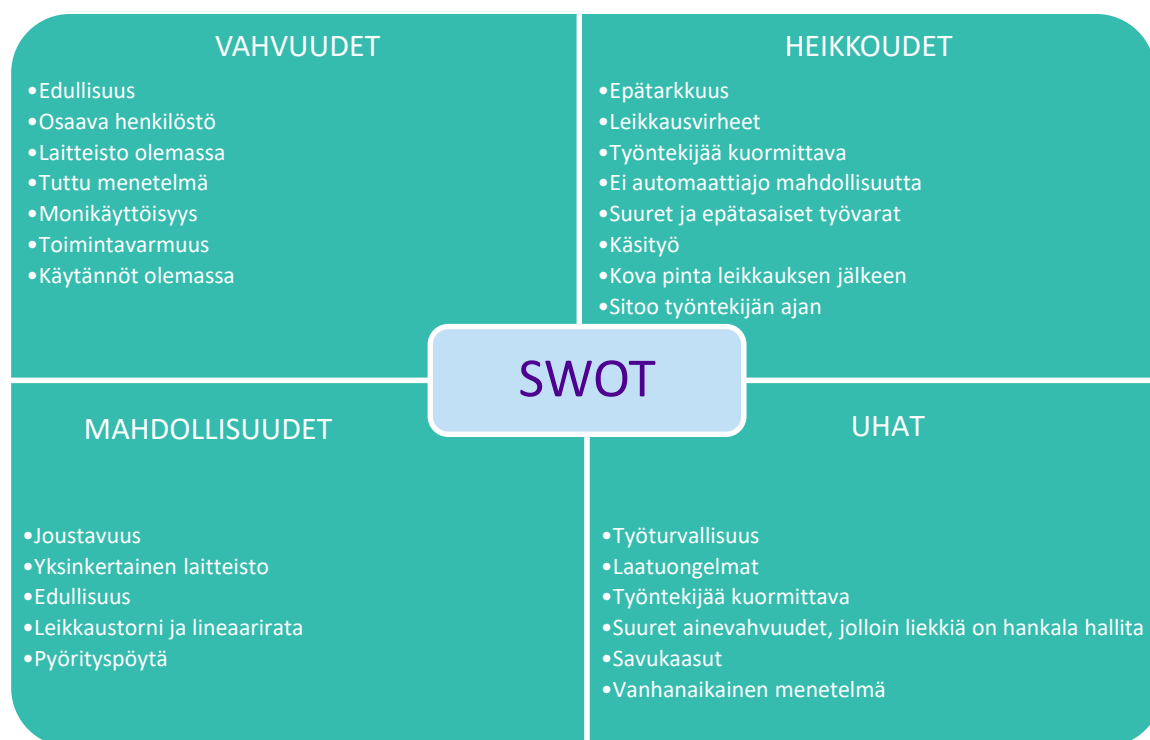
Lineaariradan leikkaustorniin voidaan kiinnittää poltin ja sitä voidaan ohjata horisontaalisesti ja vertikaalisesti ohjauspaneelistä. Myös leikkausnopeus on säädettävissä. Leikkaustornia käytettäessä polttoleikkaaja pääsee fyysisesti helpomalla, koska polttoleikkaajaan ei kohdistu niin suurta lämpökuormaa ja polttimen tuottamaa painetta. Lineaariradalla leikkaaminen on jonkin verran hitaampaa, kuin käsivaraisesti leikkaaminen, mutta leikkausjälki on sen sijaan parempaa. Lineaarirataa ei voida käyttää kaikkiin leikkauksiin, tähän vaikuttavat leikattavan kappaleen muoto ja leikkauskohdan sijainti kappaleessa. Lineaarirata on ollut erittäin vähäisellä käytöllä viime vuosina.

Pyörityspöytää pystytään hyödyntämään, kun leikattava kappale on pyörähdyskappale ja sen paino ei ylitä 20 000 kg. Pyörityspöytää ja lineaarirataa voidaan myös käyttää yhdessä. Tällöin leikattavaa kappaletta pyöritetään pyörityspöydällä ja poltinta ohjataan lineaariradalla.

3.3 Edut ja haitat

Polttoleikkauksen etujen ja haittojen kartoitus tehtiin SWOT-analyysiä hyödyntäen (taulukko 1). SWOT-analyysi on yksinkertainen ja yleinen tapa, jolla voidaan esimerkiksi tässä tapauksessa tarkastella polttoleikkauksen tilaa neljästä eri näkökulmasta, jotka ovat vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat.

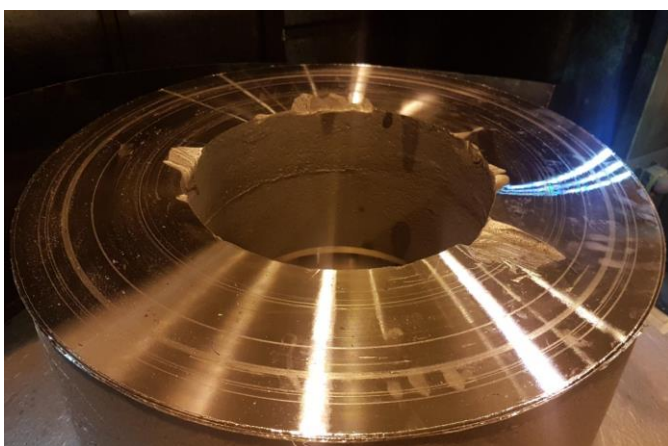
TAULUKKO 1. Polttoleikkauksen SWOT-analyysi



Polttoleikkauksen merkittävimpiä etuja Tevo Lokomolle ovat jo olemassa oleva laitteisto, sen toimintavarmuus ja matalat ylläpitokulut, unohtamatta osaavaa henkilöstöä. Polttoleikkausta voidaan käyttää monimuotoisten kappaleiden leikkaamiseen, joka sekin on polttoleikkauksen vahvuuksia. Mainittakoon SWOT-analyysin esiintuomista mahdollisuuksista leikkaustorni ja lineaarirata. Näiden

apuvälineiden ahkerammalla käytöllä pystyttäisiin vaikuttamaan polttoleikkauksessa syntyvään laatuun positiivisesti.

SWOT-analyysin esiintuomia heikkouksia polttoleikkaukselle ovat selkeästi käsivaraisesta leikkaamisesta johtuvat laatuvariaatiot ja polttoleikkaajaa kuormittavat työasennot ja olosuhteet. Polttoleikkaus on käsityötä ja vaatii polttoleikkaajalta jatkuvaa läsnäoloa. Käsivaraisesti leikatessa leikkausjälki on usein epätasaista ja polttoleikkauksen jälkeen kappaleeseen jää suuri työvara. Suuri työvara on jätettävä, jotta välttyttäisiin alimittaiseksi leikkaamiselta (kuva 11) ja materiaalirepeämiltä. Normaalisti työvara saattaa vaihdella 10 millimetristä jopa yli 100 millimetriin.



KUVA 11. Koneistusvaiheessa huomattu polttoleikkausvirhe

Joillekin materiaaleille vaaditaan leikkausmyöstö ennen polttoleikkausta, jotta välttyttäisiin materiaalin repeämiltä leikkausalueella. Polttoleikkauksessa etenkin suurta seinämän vahvuutta leikattaessa polttimen liekki saattaa päästä vaeltamaan huomattavasti ja tästä syystä on tarpeellista jättää enemmän työvaraa valmiiseen pintaan. Varotoimista huolimatta polttoleikkaus saattaa mennä liian syvälle valmiiseen kappaleeseen ja kappaletta joudutaan korjaamaan esimerkiksi hitsaamalla. Polttoleikatut pinnat pitää yleensä koneistaa, jotta vaaditut pinnan laatuvaatimukset täyttyvät ja leikattaessa mahdollisesti syntyvät repeämät saadaan poistettua.

Ennen koneistusta kappaleet lämpökäsitellään ja sinkopuhalletaan, jotta kappaleen pinta olisi paremmin koneistettavissa. Polttoleikattu pinta on erittäin kovaa koneistettavaa. Koneistusvaiheessa epätasainen pinta on erittäin hankala, koska

leikkaava terä joutuu menemään yhden lastun aikana monia kertoja kovasta pinnasta sisään ja ulos, pahimmassa tapauksessa terä kovaa pintaa hipoen. Esimerkiksi kappaleen pinta, johon on jäänyt polttoleikkauksen jälkeen työvaraa 12–70 mm ja terällä pystytään ottamaan vain 5 mm lastu kerrallaan. Edellä mainitusta kappaleesta pitää siis koneistaa jopa 13 lastua, jotta pinta saadaan valmiiksi. Polttoleikattu kova ja epätasainen pinta saadaan poistetuksi vasta toiseksi viimeisellä lastulla, mikä tarkoittaa sitä, että kaikilla aiemmilla lastuilla terä joutuu kosketuksiin kovan polttoleikatun pinnan kanssa (kuva 12). Tämä vaikuttaa suoraan teräpalakustannuksiin ja koneistukseen kuluvaan aikaan.



KUVA 12. Kelaimen pää ennen koneistusta

Monesti polttoleikkauksessa syntyneet repeämät ja vajaaksi leikkuut havaitaan vasta koneistamossa. Tässä vaiheessa huomattu virhe kappaleessa johtaa usein ylimääräiseen irrotus- ja asetusvaiheeseen työstökoneella sekä kuljetukseen takaisin puhdistamoon. Jossain tapauksissa kappale voidaan korjata heti koneistamossa, tai vasta koneistuksen jälkeen. Joka tapauksessa ylimääräisiltä kustannuksilta ja viivästyksiltä ei voida enää välttää.

Kuten jo kohdassa 3.2 todettiin, asettaa polttoleikkaus myös haasteita tuotannon suunnittelulle. Työvaiheen käsityövoittoisen ja työntekijää fyysisesti kuormittavan luonteensa vuoksi.

4 SAHAUS

Sahaus on teollisuudessa laajasti käytössä oleva perinteinen työstömenetelmä, jolla valmistetaan aihioita tuotantoketjun alkuvaiheessa. Sahaamalla tehdään harvoin valmiita kappaleita ja tästä syystä niihin jätetään työvarat esimerkiksi koneistamista varten. Poikkeuksena voidaan pitää hitsaamalla liitettäviä rakenteita, jotka voidaan tapauskohtaisesti sahata valmiiseen mittaansa hitsausta varten. (Heinonen, Keinänen & Kärkkäinen 2016, 52)

Perinteisesti konepajasta löytyy omaan tuotantoon sopiva konesaha taikka sahoja, mutta Tevo Lokomolta ei tällaista vielä löydy. Tarvittavat sahaukset on suoritettu alihankintana, jos tuote on sitä vaatinut tai polttoleikkauksen kapasiteetti ei ole riittänyt. Tevo Lokomolla sahan käyttötarkoitus ei olisi aihoiden valmistaminen, vaan valamalla valmistetuista aihioista ylimääräisten valukkeiden poistaminen. Tässä luvussa perehdytään hieman tarkemmin sahaukseen ja sen soveltuvuuteen Tevo Lokomon tuotantoon.

4.1 Teoria

Metalliteollisuudessa käytetyt sahat ovat yleisesti konesahoja. Erilaisia konesahatyyppejä ovat vanne-, pyörö- ja kaarisahat. Nykyaikainen konesaha on useimmiten vannesaha, mutta toki pyörö- ja kaarisahoihin törmää edelleen teollisuudessa. Nykyaikainen konesaha on varusteltu usein automaattisella aihion syöttölaitteella, automaattisesti säädettävällä vasteella ja kuljettimella. Edellä mainituilla ominaisuuksilla maksimoidaan sahan miehittämätön ajo ja tehokkuus sarjatuotannossa. (Heinonen ym. 2016, 52)

Konesahatyypin valintaan vaikuttavat sahattavien kappaleiden fyysiset ominaisuudet, kiinnitettävyyden ja sarjakoko. Edellä mainituista sahatyypeistä parhaiten Tevo Lokomon tuotantoon ja tuotteille soveltuu vannesaha (kuva 13). Vannesahaa puoltaa kilpailijoihinsa nähden, sen soveltuvuus suurille monimuotoisille kappaleille, erityisesti kappaleiden kiinnitysmahdollisuudet ja sahaustehokkuus.



KUVA 13. Vannesaha (Semi-Automatic Heavyduty Bandsaws 2019)

Vannesaha koostuu perinteisesti rungosta, pöydästä, terästä ja terän esijännityksen komponenteista. Vannesahat voidaan luokitella horisontaalisiin ja vertikaalisiin runkonsa perusteella. Sahattavan kappaleen kiinnitystä varten vannesahassa on pöytä, josta löytyvät T-urat kappaleiden kiinnitystä helpottamaan. Pöydälle voidaan myös kiinnittää perinteinen ruuvipuristin, jota voidaan käyttää kappaleiden kiinnittämiseen. (Miller & Miller 2004)

Tärkein yksittäinen komponentti vannesahassa on sen terä. Terä on päättymätön teräsnauha, johon on tehty hammastus. Erilaisia teriä on saatavilla monenlaisia. Terä vannesahaan valitaan sahattavan materiaalin perusteella. Terän valinnassa kiinnitetään huomiota terän materiaaliin, hampaiden muotoon, hammastiheyteen ja hammastukseen. Terän hammastiheys ilmoitetaan, montako hammasta on tuuman matkalla (tpi). Terän hammastusvaihtoehtoja on kolme erilaista: haritettu, aallotettu ja vaihteleva hammastus (kuva 14). (Miller ym. 2004)



KUVA 14. Vannesahan terän 3 erilaista hammastusta (Miller ym. 2004)

Terälle asetetaan sopiva esijännitys, jotta terä toimisi oikein. Terä kulkee pyörien kautta ja yksi näistä pyöristä on säädettävä, jolla asetetaan terälle sopiva esijännitys. Nykyaikaisessa vannesahassa voi olla myös automaattinen teräpaineen säätö. Tämä ominaisuus seuraa jatkuvasti sahauksen aikana terän painetta leikkattavaan kappaleeseen ja säätää syöttöä sen mukaan. Tällä pyritään lisäämään sahauksen tehokkuutta ja terän kestoa. Terän kestoon pyritään myös vaikuttamaan leikkausnesteen käytöllä. Tosin kaikki sahattavat materiaalit eivät vaadi leikkausnesteen käyttöä.

4.2 Sopiva saha Tevo Lokomolle

Yrityksen tuotannossa sahattavaksi soveltuvien tuotteiden koot, painot ja muodot vaihtelevat suuresti toisistaan. Pienimpien kappaleiden vaatima sahausalue voi olla 500 mm isoimpien kappaleiden ollessa jopa 2 000 mm, ja samoin kappaleiden painot voivat vaihdella 500 kilogramman adaptereista jopa 40 tonnia painaviin kelaimeen rumpuihin. Sahalla pitäisi pystyä sahaamaan jopa 2 000 mm halkaisijaan asti ja sahan kantavuuden pitäisi riittää 40 000 kilogrammaan asti.

Tärkeää on myös huomioida kappaleiden kiinnitys sahaan ja sahaamalla irrotettavien valukkeiden hallinta niiden irtoamisen jälkeen. Valukkeet voivat olla isoja ja painavia. Kappaleiden kiinnitystä varten, ja niistä irti sahattavien valukkeiden hallintaan, pitää suunnitella soveltuvat jigit. Kappaleen ollessa asianmukaisesti kiinnitetty pöydälle, ajetaan pöytä halutulle leikkauskohdalle ja aloitetaan sahaus.

Oy Maanterä Ab:n tuotepäällikkö Harri Laulajainen auttoi oikeanlaisen sahan kar-toittamisessa Tevo Lokomon tarpeisiin. Maanterä edustaa suomessa Cosen sahoja. Cosen valmistaa sahoja pienistä manuaalisahoista suuriin sahauslinjastoihin asti.

Tevo Lokomon tuotteille parhaiten sopiva sahatyyppi on vannesaha, joka on varusteltu joko liikkuvalla pöydällä tai teräkaarella, jotta sahan runko ei ole tiellä kappaletta aseteltaessa sahalle. Liikkuvalla pöydällä varustetun sahan tarkoitus on, että pöytä voidaan ajaa pois terän alta, jotta kappaleet päästään asettamaan

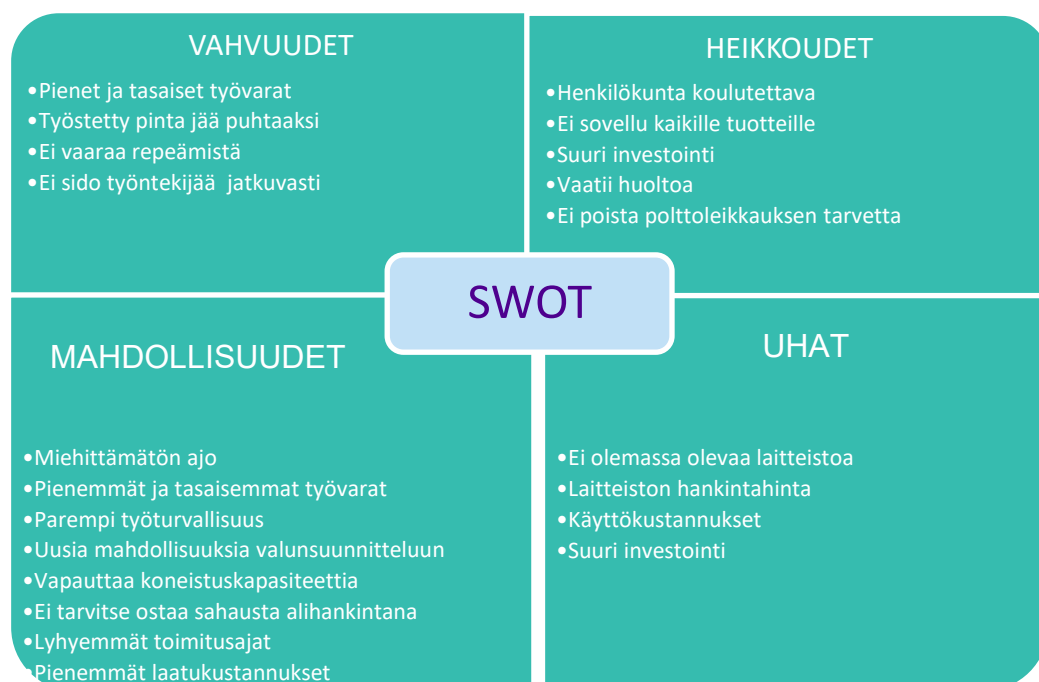
vapaasti pöydälle ilman, että sahan runko on tiellä. Sahalle asetettujen vaatimusten mukaista sahaa ei löydy suoraan Cosenin valikoimasta, mutta he pystyvät toteuttamaan Tevo Lokomolle vaatimukset täyttävän sahan erikoistilauksena. (Laulajainen 2020)

Laulajainen Oy Maanterä Ab:lta kertoo, että yleensä heidän asiakkaansa perustelevat uuden sahainvestoinnin tehokkuuden ja toimitusvarmuuden kasvamisella. Sahaus on monesti tuotantoketjussa ensimmäisiä vaiheita ja tästä syystä asiakkaat haluavat panostaa sahauksen luotettavuuteen ja tehokkuuteen, jotta pysyttäisiin aikataulussa tuotannon alusta asti. (Laulajainen 2020) Laulajaisen kertoma kuvaa hyvin myös Tevo Lokomon näkemystä siitä, mitä sahainvestoinnilla halutaan tavoitella.

4.3 Edut ja haitat

Kuten jo aiemmin luvussa 3.3 käsiteltiin polttoleikkauksen etuja ja haittoja SWOT-analyysin avulla, tehdään samoin myös sahauksen osalta (taulukko 2). Molempien menetelmien osalta tehtyjen SWOT-analyysien avulla pystytään myös vertaamaan menetelmien etuja ja haittoja toisiinsa nähden.

TAULUKKO 2. Sahauksen SWOT-analyysi



Sahainvestoinnilla saavutettavia etuja Tevo Lokomolle ovat sahalla saavutettavissa olevat tasaiset ja pienet työvarat. Sahattu pinta jää myös puhtaammaksi kuin polttoleikkaamalla. Yksi sahauksen tuomista merkittävistä eduista on se, että työstettävään kappaleeseen ei siirry ylimääräistä lämpöä, joka voisi aiheuttaa materiaaliin repeämiä. Saha ei myöskään sido työntekijää jatkuvasti, vaan sahan voi jättää itsekseen sahaamaan, jolloin sahan automatiikka valvoo terän kuntoa ja leikkuuarvoja.

Sahainvestointi mahdollistaisi, ettei välttämättömiä sahauksia tarvitsisi ostaa alihankintana ja lisäksi työturvallisuus paranisi, koska työntekijän ei tarvitse altistua kuumuudelle ja haitallisille savukaasuille. Investointi lisäisi uusia mahdollisuuksia valujen suunnitteluun, kun valukkeiden poistamiseen olisi vaihtoehtoisia menetelmiä. Merkittävin hyöty sahauksella saavutetaan pienistä ja tasaisista työvaroista koneistamossa, jossa vapautuisi konekapasiteettia pienentyneiden koneistusaikojen seurauksena.

Moni jo yllä mainituista eduista on osaltaan vaikuttamassa laatukustannuksiin. Sahaamalla voidaan minimoida monia laatukustannuksiin vaikuttavia tekijöitä polttoleikkaukseen verrattuna.

SWOT-analyysissä sahainvestoinnin huonoina puolina esiin nousi lähinnä laitteiston kallis hankintahinta ja korkeat käyttökustannukset polttoleikkaukseen verrattuna. Sahan käyttökustannukset koostuvat pääasiassa sahanteristä, energiasta ja huoltokustannuksista. Sahaus ei myöskään ole niin joustava menetelmä kuin polttoleikkaus, mitä tulee leikattavien kappaleiden kokoon ja muotoon. Sahaajat kasvavat huomattavasti enemmän leikattavan pinta-alan kasvaessa suhteessa polttoleikkaukseen.

Maanterän toimittaman taulukon avulla voitiin verrata arvioituja sahausaikoja toteutuneisiin polttoleikkausaikoihin. Taulukosta 3 selviää työstöarvo- ja työstöaika-arviot Tevo Lokomon muutamalle eri materiaalille. Taulukossa V_C on teränopeus, P_C on sahausteho, V_f on terän syöttönopeus, t on katkaisuaika ja S_Z lastun paksuus.

TAULUKKO 3. Työstöarvoja ja aikoja sahaukselle (Laulajainen 2020)

		Cutting Parameters TEVO LOKOMO				 Präzision an der Schnittstelle	
DUROSET, 80 x 1,60 mm, 0,7-1,0 ZpZ							
Material		contact length [mm]					Kühlung [% Öl]
		1000	1250	1500	1750	2000	
		0,7-1,0 ZpZ					ZpZ
		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
1.4405	Vc	36	34	32	29	26	10 - 15
	Pc	42,0	40,0	37,5	33,3	28,0	
	Vf	4,2	3,2	2,5	1,9	1,4	
	t	238,1	390,6	600,0	1,8	1428,6	min
	Sz	0,0034863	0,0028125	0,0023346	0,0019578	0,0016091	mm
1.4309	Vc	29	27	26	24	22	10 - 15
	Pc	32,0	30,0	27,0	24,5	20,0	
	Vf	3,2	2,4	1,8	1,4	1,0	
	t	312,5	520,8	833,3	1250,0	2000,0	min
	Sz	0,00330	0,00266	0,00207	0,00174	0,00136	mm
1.6220	Vc	44	42	40	37	33	10 - 15
	Pc	54,0	52,5	51,0	47,3	42,0	
	Vf	5,4	4,2	3,4	2,7	2,1	
	t	185,2	297,6	441,2	648,1	952,4	min
	Sz	0,00367	0,00299	0,00254	0,00218	0,00190	mm

5 INVESTOINTI

Investoinnin tavoitteena on esimerkiksi kustannussäästöjen aikaansaaminen tai tulojen hankkiminen, joka edellyttää rahan käyttöä. Jotta rahan käyttöä voidaan kutsua investoinniksi, pitää hankinnan olla pitkävaikutteinen ja sen vaikutusten on jakauduttava usean vuoden ajalle. Investoinnit jaetaan reaali-investoinneiksi tai rahoitusinvestoinneiksi. (Alhola & Lauslahti 2009, 162)

Tevo Lokomo Oy:n suunnittelema sahainvestointi on hyvä esimerkki koneinvestoinnista, jossa rahaa sijoitetaan yrityksen oman toiminnan kehittämiseen. Reaali-investoinneiksi luokitellaan koneiden, laitteiden, rakennusten tai kiinteistöjen tuotannon tekijöiden hankinnat. Reaali-investointi tarkoittaa, että yritys sijoittaa rahaa omaan toimintaansa. (Alhola ym. 2009, 162)

5.1 Investoinnin suunnittelu

Investoinnille ominaista on, että se kohdistuu tulevaisuuteen, joka aiheuttaa aina epävarmuutta investointipäätöstä tehdessä. Investoinnin suunnitteluvaiheessa pyritään huomioimaan ja arvioimaan kaikki investointiin vaikuttavat seikat, mutta aina investointia suunniteltaessa ei pystytä huomioimaan kaikkia epävarmuustekijöitä, kuten taloussuhdanteita, jotka voivat muuttua hyvinkin nopeasti. (Ikäheimo, Malmi & Walden 2016, 164–165)

Erittäin tärkeää ennen investointipäätöstä on kassavirtojen huolellinen analysoiminen. Kassavirtojen analysointia tehdessä pitäisi keskittyä investoinnin realistisiin vaikutuksiin kassavirralle, ja koska niiden täydellinen tunnistaminen on mahdotonta, kannattaa keskittyä vain kassavirran oleellisiin osatekijöihin. (Ikäheimo ym. 2016, 165)

5.2 Investointilaskelma

Investointilaskelmien avulla pyritään vertailemaan investoinneista syntyviä tuloja ja menoja. Ongelmalliseksi tämän tekee se, kun investointiaika on pitkä sijoittuvat tulo- ja menovirtojen rahamäärät eri ajankohtiin, jolloin ne eivät enää ole samanarvoisia. Jotta rahavirrat saataisiin vertailukelpoisiksi keskenään, otetaan käyttöön laskentakorkokannat. Laskentakorkokantojen avulla voidaan huomioida korkojen ja inflaation vaikutus rahavirtoihin. (Alhola ym. 2009, 164)

Jotta pääsee käsiksi investointilaskelmiin, on tunnettava niihin liittyvät käsitteet:

- Investoinnin hankintameno ilmaisee investoinnin hankintakustannukset
- Nettotuotoilla tarkoitetaan investoinnin synnyttämien tuottojen ja kustannusten erotusta
- Investoinnin pitoajalla viitataan siihen ajanjaksoon, jolta investoinnin tuottoja ja kustannuksia tarkastellaan
- Teknisellä iällä kuvataan ikää, jonka jälkeen on odotettavissa, että markkinoilta on saatavissa parempi ja korvaava tuote
- Jäännösarvo merkitsee arvoa, mikä investointikohteella on pitoajan lopussa
- Laskentakorkokanta mahdollistaa eriaikaisten tulo- ja menovirtojen vertailemisen.

(Alhola ym. 2009, 164–166)

5.3 Investointilaskentamenetelmät

Investointilaskelmia käytetään päätöksenteon tukena. Esimerkiksi koneinvestointien taloudellisen kannattavuuden arvioinnissa. Investointilaskelmilla voidaan arvioida yksittäistä investointia, vertailla investointeja toisiinsa tai ulkopuolisen palvelun kannattavuuden vertaaminen omaan tuotantoon. Kaikkia investointiin vaikuttavia tekijöitä ei pystytä huomioimaan investointilaskelmissa ja osa vaikuttavista tekijöistä perustuu arvauksiin ja oletuksiin. (Ikäheimo ym. 2016, 167)

5.3.1 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajan menetelmän avulla saadaan tietoon se ajanjakso, jonka kuluessa investoinnista kertyy nettotuottoa yrityksen tekemän alkuperäisen investoinnin verran. Eli se ajanjakso, jonka aikana investointi maksaa itsensä takaisin. Se painottaa investoinnin nopeasti tuottamaa kassavirtaa, sillä mitä nopeammin investointi tuottaa kassavirtaa, sitä parempi investointi on kyseessä tämän menetelmän mukaan. (Ikäheimo ym. 2016, 173)

Takaisinmaksuajan menetelmää käytetään etenkin silloin, kun halutaan korostaa lähitulevaisuuden kassavirtoja. Se on myös helposti laskettavissa (kaava 1), ja sen vuoksi paljon käytetty menetelmä. Menetelmää käytetään usein myös tukemaan muita investointimenetelmiä. (Ikäheimo ym. 2016, 174)

$$Takaisinmaksuaika = \frac{Hankintahinta}{Investoinnin nettotuotot vuodessa} \quad (1)$$

5.3.2 Laskennallisen pääomatuottoasteen menetelmä

Laskennallisen pääomatuottoasteen menetelmä osoittaa sen, kuinka paljon investointiin sitoutunut pääoma tuottaa. Sen laskentaan on kehittynyt kaksi erilaista sovellutusta, toinen huomioi investoinnin arvon alentumisen ja toinen ei. Jos investoinnin arvonalentuminen otetaan huomioon, investointikustannuksena käytetään keskimääräistä investointikustannusta ja nettokassavirrasta vähennetään investoinnin poistot kaavan 2 mukaisesti. (Ikäheimo ym. 2016, 174)

$$Laskennallinen pääoman tuotto = \frac{\text{keskimääräinen nettokassavirta}}{\text{investointikustannus}} \% \quad (2)$$

Laskennallisen pääomatuottoasteen menetelmä on helppo laskea ja ymmärtää, mutta sen käytössä on oltava erityisen huolellinen. Sen laskennassa rahan aika-arvoa ei oteta huomioon, vaikka siinä arvioidaan investoinnin kassavirtaa koko ajanjaksolta. (Ikäheimo ym. 2016, 174)

5.3.3 Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäisen korkokannan menetelmä osoittaa rahoituskustannukset, joilla investointi on vielä kannattava toteuttaa. Investointi on kannattava, jos sisäisen korkokannan menetelmällä saatu tulos on suurempi kuin investointien tuottovaatimus. Sisäisen korkokannan menetelmä antaa tuloksen prosentteina investointiin sijoitettuun pääomaan nähden. (Ikäheimo ym. 2016, 175)

Sisäinen korkokanta voidaan määritellä kaavan 3 mukaan

$$\sum_{t=1}^n \frac{kassavirta}{(1 + IRR)^t} + \frac{jäännösarvo}{(1 + IRR)^n} - H = 0 \quad (3)$$

jossa IRR on investoinnin sisäinen korkokanta, n on investoinnin pitoaika ja H on hankintameno. Sisäisellä korkokannalla saadut tulokset ovat helposti ymmärrettävissä. (Ikäheimo ym. 2016, 175)

Tavallisesti sisäisen korkokannan laskemiseen käytetään tietokonetta, koska sen laskeminen käsin on vaikeaa. Tietokoneella laskettaessa tarvitaan arvio sisäisen korkokannan suuruudesta. Sisäisen korkokannan menetelmä ottaa myös huomioon rahan aika-arvon. (Ikäheimo ym. 2016, 175)

5.3.4 Nettonykyarvomenetelmä

Nettonykyarvomenetelmä osoittaa rahassa investoinnin kyvyn tuottaa lisäarvoa yritykselle. Siinä kaikki tuotot ja kulut diskontataan, eli lasketaan kaikkien tulevien maksujen nykyarvo, nykyhetkeen valitulla korkokannalla laskettuna. Mikäli investoinnin nettotuotot ovat suuremmat kuin perusinvestointi, investointi on kannattava. (Ikäheimo ym. 2016, 176)

Diskonttaus voidaan suorittaa kaavan 4 mukaan

$$k = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (4)$$

jossa k on summan nykyarvo, i on korkokanta ja n on aika vuosina.

Nettonykyarvomenetelmän kannattavuus voidaan laskea kaavan 5 mukaan

$$NPV = \sum_{n=1}^m \frac{S_n}{(1+i)^n} - I_0 \quad (5)$$

jossa m on kassavirtojen määrä, i on korkokanta, n on aika vuosina, S_n on investoinnin tuottama kassavirta hetkellä n ja I_0 on investointimeno lähtöhetkellä. Nettonykyarvomenetelmällä saadaan yksiselitteinen tulos investoinnin kannattavuudelle. (Ikäheimo ym. 2016, 176)

Nettonykyarvomenetelmällä saatu tulos on pääoma rajoitteinen, mutta rajoitteisuus voidaan poistaa käyttämällä suhteellisen nykyarvon menetelmää. Menetelmä suhteuttaa investoidun pääoman ja nykyarvon investoituun pääomaan. Investointi on kannattava, jos suhteellinen nykyarvo on suurempi kuin yksi. Tällä menetelmällä erikokoiset investoinnit saadaan verrannollisiksi toisiinsa nähden. (Ikäheimo ym. 2016, 176)

Suhteellinen nykyarvo lasketaan kaavan 6 mukaan

$$\text{Suhteellinen nykyarvo} = \frac{NPV + \text{investointikustannus}}{\text{investointikustannus}} \quad (6)$$

jossa NPV on investoinnin nykyarvo. (Ikäheimo ym. 2016, 176)

5.3.5 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmän avulla voidaan tarkastella investoinnin kannattavuutta. Hankintakustannus jaetaan yhtä suuriksi pääomakustannuksiksi, eli annuiteteiksi, pitoaikaa vastaaville vuosille. (Alhola ym. 2009, 173)

Annuiteetti voidaan laskea kaavan 7 mukaisesti

$$\text{Annuiteetti} = At \cdot \text{hankintakustannus} \quad (7)$$

jossa At on annuiteettikerroin. Annuiteettikerroin on nykyarvomenetelmän diskonttauskertoimen käänteisluku. (Vierros 2009)

Annuiteettimenetelmä on tavallaan käänteinen nykyarvomenetelmään nähden ja siinä käytetään etukäteen määrättyä korkokantaa. Investointi katsotaan kannattavaksi, jos nettotuotto on suurempi kuin investoinnin hankintakustannuksen annuiteetti. (Alhola ym. 2009, 173)

5.4 Investoinnin vaikutus tuotantoon

Yksi merkittävistä positiivisista vaikutuksista, joka sahainvestoinnilla saavutettaisiin, on leikkausvaiheessa syntyvä leikkauksen laatu. Käsivaraisessa polttoleikkauksessa on aina vaarana liekin karkaaminen liian syvälle tuotantokappaleeseen. Polttoleikkauksessa syntynyt laatuvirhe huomataan usein vasta koneistamossa. Toinen laatuun liittyvä ongelma polttoleikkauksessa on lämmöstä johtuvat repeämät. Sahaamalla leikkauskohta on huomattavasti helpommin hallittavissa ja tämän takia leikkausvirheet on helpompi välttää, toki se on sahaamalla mahdollista. Polttoleikkauksen aiheuttamat repeämät pystytään poistamaan kokonaan sahaamalla, koska sahatessa ei kappaleeseen synny sellaisia lämpömääriä kuin polttoleikkauksessa.

Edellä mainitut laatuasiat vaikuttavat merkittävästi kappaleen etenemiseen tuotannossa. Kun leikkausvirhe havaitaan tuotannossa, tuotteen valmistaminen joudutaan keskeyttämään ja asiakkaalle raportoidaan laatuvirheestä ja pyydetään korjauslupaa. Korjausluvan myöntämisen jälkeen päästään korjaamaan tuote. Korjauksen jälkeen asiakasta raportoidaan tehdystä korjauksesta. Pahimmassa tapauksessa aikaa tähän voi kulua jopa kaksi viikkoa, ennen kuin tuote palaa normaaliin tuotantoon. Korjattavat kappaleet aiheuttavat aina häiriötä myös muulle tuotannolle.

Suunnitellulla investoinnilla pystytään lisäämään nykyisin pelkän polttoleikkauksen varassa toimivaa leikkausvaihetta. Automaattisemman leikkausmenetelmän

ansiosta vaiheesta saadaan joustavampi ja helpommin kuormitettava. Kappaleiden sahauksella vapautetaan kapasiteettia myös koneistamossa lyhentyneiden koneistusaikojen takia.

Laadun paraneminen heijastuu myös suoraan toimitusvarmuuteen, kun ylimääräisiltä korjauksilta tuotannossa vältytään. Sahainvestoinnin mukana lisääntynyt leikkauskapasiteetti auttaa pitämään leikkaukseen tulevien kappaleiden jonon lyhyenä, jotta ylimääräiseltä hukalta leikkausjonossa vältyttäisiin. Jos kaikki tarvittavat sahaukset pystyttäisiin tekemään Tevo Lokomolla, säästyisi aikaa myös tuotteiden kuljettamisesta alihankintaan.

5.5 Investoinnin vaikutus pehmeisiin arvoihin

Sahainvestoinnilla pystyttäisiin vaikuttamaan huomattavasti työntekijän fyysiseen kuormitukseen työtä suorittaessa. Polttoleikkaajat altistuvat helposti työtapaturmille. Työtapaturmia edesauttavat epäergonomiset työasennot ja kuumat leikattaessa syntyvät roiskeet. Polttoleikkaaja voi myös altistua savukaasuille, jotka syntyvät polttoleikkauksen yhteydessä. Polttoleikkauksesta syntyy huomattavat määrät savukaasuja, jotka pyritään poistamaan tuotantotiloista savukaasujenpoistojärjestelmällä ja niiden suodatuksella. Tästä huolimatta tuotantotiloissa on havaittavissa savukaasuja polttoleikkauksen aikana. Savukaasuilla on myös ympäristöä kuormittava vaikutus niiden suodattamisesta huolimatta.

Sahatessa ei synny ylimääräisiä kaasuja. Sahauksessa käytetään leikkuunestettä, joka voi hieman roiskua sahauksen yhteydessä. Toki jotkut henkilöt voivat saada allergisia reaktioita leikkuunesteestä. Sahaus ei vaadi työntekijältä pakko-ohjeita tekemistä niin kuin polttoleikkaus, vaan työntekijä voi laittaa sahauksen automaattiajolle ja seurata sahauksen etenemistä sivummalta, tai tehdä välillä jotain muuta työtä. Toki kappaleita joutuu käsittelemään molemmissa tapauksissa samaan tapaan ja tästä syystä kappaleiden käsittelyistä syntyviä riskejä ei suoranaisesti sahainvestoinnilla pystytä poistamaan.

6 TULOKSET

Investointilaskelmat tehdään kolmella eri investointilaskentamenetelmällä, jotta eri menetelmillä saatuja tuloksia pystytään vertailemaan toisiinsa. Laskennassa käytetään nettonykyarvomenetelmää, sisäistä korkokantaa ja takaisinmaksuajan menetelmää.

Nämä menetelmät valittiin käytettäväksi niiden soveltuvuuden takia laiteinvestointien laskemiseen ja jotta laskentaan saadaan hieman erilaiset lähestymistavat ja tulokset. Isoin ero menetelmien välillä on, että takaisinmaksuajan menetelmässä ei oteta huomioon rahan aika-arvoa, kun taas nykyarvomenetelmässä ja sisäisen korkokannan menetelmässä rahan aika-arvo huomioidaan.

6.1 Lähtöarvot

Kunnollinen lähtöarvojen määrittelemine on perusta onnistuneelle ja luotettavalle investointilaskelmalle. Hankintameno-olettamana käytettiin vannesahan hinta-arviota, joka saatiin laitetoimittajalta. Investointiajaksi määritettiin 10 vuotta ja laskentakorkokannaksi 7 %. Laskentakorkokanta ja investointiaika ovat puhtaasti arvioita, mutta nämä arvot ovat tarvittaessa helppo päivittää laskelmiin. Sahan jäännösarvo arvioitiin nolaksi sen arvioinnin hankaluuden takia. Taulukosta 4 on nähtävissä investointilaskelmissa käytetyt lähtöarvot.

TAULUKKO 4. Investointilaskelmien lähtöarvot

Hankintameno-olettama	400 000 €
Vuotuiset tuotot	75 000 €
Vuotuiset kustannukset	10 000 €
Laskentakorkokanta	7 %
Investointiaika vuosina	10
Jäännösarvo	0 €

Vuotuisia nettokassavirtoja arvioidessa käytettiin neljää eri tuotetta Tevo Lokomon tuotannosta. Nämä tuotteet esiintyvät yrityksen tuotannossa säännöllisesti

ja ne soveltuvat sahattaviksi. Valittujen tuotteiden vuotuisten tuotantomäärien arviointiin käytettiin tietoa viiden aiemman vuoden tuotantomääristä.

Nettokassavirrat koostuvat lähinnä investoinnin tuomista kustannussäästöistä ja vapautuneesta konekapasiteetista, jolle voidaan myydä uutta työtä. Nettokassavirtojen laskennassa käytettyjä arvoja ei opinnäytetyön julkisessa versiossa julkaista. Vuotuiset kustannukset sisältävät arvion sahan vuotuisista huolto- ja teräkustannuksista.

6.2 Nettonykyarvomenetelmä

Nettonykyarvomenetelmän teoriasta on kerrottu aiemmin kappaleessa 5.3.4. Taulukosta 5 on nähtävissä, kuinka kaikkien vuosien kassavirrat on diskontattu nykyhetkeen käyttäen 7 % tuottovaatimusta (Brealey, Stewart & Franklin 2018, 100–103). Investoinnin nykyarvoksi saadaan 56 533 €.

TAULUKKO 5. Investoinnin nettonykyarvo diskontattuna nykyhetkeen

Vuosi		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Yhteensä
Kassavirrat (€)	-400 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	
Nykyarvot (€)	-400 000	60 748	56 774	53 059	49 588	46 344	43 312	40 479	37 831	35 356	33 043	56 533

Nettonykyarvomenetelmällä tarkasteltuna sahainvestointi näyttää kannattavalta. Investoinnin kannattavuutta kuvastaa menetelmällä saatu positiivinen nettonykyarvo investoinnille.

Sahainvestoinnin suhteellinen nykyarvo on laskettu kaavassa 8,

$$\text{Suhteellinen nykyarvo} = \frac{56\,533\text{ €} + 400\,000\text{ €}}{400\,000\text{ €}} \approx 1.14 \quad (8)$$

joka myöskin osoittaa investoinnin kannattavuutta suhdeluvun ollessa yli yhden. Tämän arvon avulla voidaan erikokoiset investoinnit suhteuttaa helposti toisiinsa.

6.3 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajan menetelmän teoriasta on kerrottu luvussa 5.3.1. Tämä menetelmä on valituista menetelmistä ainoa, joka ei huomioi rahan aika-arvoa. Menetelmä on myös helpoin laskettava valituista vaihtoehdoista.

Sahainvestoinnin takaisinmaksuaika on laskettu kaavan 9 mukaisesti,

$$Takaisinmaksuaika = \frac{400\,000\text{ €}}{65\,000\text{ €/a}} \approx 6.15\text{ a} \quad (9)$$

joka osoittaa, että takaisinmaksuaika sahainvestoinnille on noin kuusi vuotta ja kaksi kuukautta. Tulos siis osoittaa investoinnin takaisinmaksuaikaa, jonka jälkeen investointi alkaa tuottamaan Tevo Lokomolle positiivista kassavirtaa.

6.4 Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäisen korkokannan menetelmän teoriasta on kerrottu kappaleessa 5.3.3. Sisäisen korkokannan laskeminen käsin on hyvin työlästä, joten sen laskemiseen käytetään taulukkolaskentaohjelman sisäisen korkokannan funktiota (kuva 15).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Vuosi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Kassavirta (€)	-400 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												

KUVA 15. Taulukkolaskenta ohjelman sisäisen korkokannan funktio

Sisäisen korkokannan arvoksi saatiin taulukkolaskentaohjelmaa avuksi käyttäen 9.96 %. Tätä arvoa verrataan Tevo Lokomo Oy:n tuottovaateeseen, joka on 7 %. Näin ollen sahainvestoinnin voidaan todeta olevan kannattava, koska se ylittää yrityksen tuottovaateen.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esiselvitystyö puhdistamon sahainvestoinnin tueksi ja kartoittaa, millainen saha olisi sopiva Tevo Lokomon tarpeisiin. Esiselvitystyön lähtökohtana oli polttoleikkausvaiheen kuormituksen helpottamiseksi hankittava saha. Sahainvestoinnilla oli myös selkeä tavoite pystyä vaikuttamaan Tevo Lokomon laatukustannuksiin ja läpimenoaikoihin. Esiselvityksessä verrattiin nykyisin käytössä olevaa polttoleikkausmenetelmää suunnitelmissa olevaan sahainvestointiin nähden.

SWOT-analyysistä saatujen tulosten perusteella pystyttiin löytämään eroja näiden kahden eri menetelmän välillä. Tarkasteltavana oli myös näiden kahden menetelmän vaikutus tuotantoketjun eri vaiheisiin. SWOT-analyysillä saaduissa tuloksissa sahainvestoinnin kannalta merkittävin negatiivinen asia polttoleikkaukseen nähden oli sahan oletettua korkeampi hankintahinta. Vaikka sahainvestoinnilla pystyttäisiin tehostamaan yrityksen tuotantoa, ei se poistaisi polttoleikkauksen tarvetta kokonaan.

Sahainvestointi toisi polttoleikkauksen rinnalle toisen vaihtoehtoisen leikkausmenetelmän. Saha antaisi valun suunnittelulle monipuolisemmat mahdollisuudet valukkeiden suunnitteluun, kun niiden poistamiseen olisi yksi menetelmä lisää. Suurta ajallista säästöä ei sahaamalla synny polttoleikkaukseen nähden, jos verrataan pelkkää leikkausaikaa. Saha mahdollistaa sen, että esimerkiksi polttoleikkaaja voi asettaa sahauksen käyntiin ja siirtyä sen jälkeen polttoleikkaamaan. Tällä tavoin olisi mahdollista lisätä leikkauskapasiteettia, koska polttoleikkausta ei pysty tekemään yhtäjaksoisesti pitkiä aikoja.

Suurin ero polttoleikatun valun ja sahatun valun välillä syntyy koneistamossa, jossa tuotteiden läpimenoajat pienenevät huomattavasti pienempien ja tasaisempien työvarojen ansiosta. Työstökoneet pyörivät nykyään pääsääntöisesti kolmessa vuorossa, joten yksinkertaisin menetelmä lisätä konekapasiteettia on tehostaa läpimenoaikoja. Sahaamalla saavutettavat työvarat voivat olla jopa neljäsosan siitä, mihin pystytään käsivaraisesti leikkaamalla. Pienempien työvarojen

merkitys koneistamossa on suuri. Lyhyempien läpimenoaikojen lisäksi ero on nähtävissä myös teräpala kulutuksessa.

Luvussa 4.2 on määritelty sahalla vaaditut ominaisuudet, joiden pohjalta lähdettiin kartoittamaan laitetoimittajia, jotta pystyttiin määrittelemään investoinnin suuruus. Tämän kokoluokan sahalle oli vaikea löytää toimittajia, mikä hankaloitti budjettitarjouksien saamista. Sahoja maahantuovan yrityksen, Oy Maanterä Ab:n valikoimasta ei tarkoitukseen sopivaa sahaa löytynyt valmiina. Maanterän edustamalta Cosenilta tarjottiin asiakkaan toiveiden mukaan räätälöitävää vaihtoehtoa. Sahalle saatu hinta-arvio oli huomattavasti korkeampi, mitä etukäteen oletettiin. Tarjoustä pyydettiin myös toiselta toimittajalta, jonka valikoimasta olisi löytynyt suoraan Tevo Lokomolle sopiva saha. Tältä toimittajalta ei saatu vastausta tämän opinnäytetyön aikataulun puitteissa, joten eri toimittajien välisiä hintoja ei päästy tässä vaiheessa vertaamaan.

Esiselvitystyön edetessä todettiin, ettei Tevo Lokomolla ollut olemassa olevia käytänteitä investointien tekemiseen tai niiden kannattavuuden arvioimiseen. Työssä tutustuttiin erilaisiin investointilaskentamenetelmiin, joista valittiin kolme eri menetelmää sahainvestoinnin kannattavuuden laskentaan, jotta eri menetelmillä saatuja tuloksia pystyttiin vertailemaan toisiinsa. Osa laskelmissa käytetyistä lähtöarvoista olivat karkeita arvioita, oikeiden arvojen puuttuessa. Jatkossa laskennassa käytettävät lähtöarvot vaativat huomattavasti tarkennusta, jotta investointilaskelmilla saavutettuja tuloksia voidaan pitää uskottavina.

Kaikilla käytetyillä investointilaskentamenetelmillä investointi vaikutti maltillisesti kannattavalta. Pelkkiä taloudellisia lukuja katsoessa investoinnin kannattavuus on kuitenkin niin maltillinen, että pelkästään taloudellisiin lukuihin vedoten investointipäätös on hankala tehtäväksi.

Investointilaskentamenetelmien välisistä eroista korostui selvästi nykyarvomenetelmän ja takaisinmaksuajan menetelmän välinen ero. Nykyarvomenetelmässä käytettiin 10 vuoden takaisinmaksuaikaa, jolla investointi olisi niukasti kannattava. Jos takaisinmaksuajan arvon vaihtoi kymmenestä vuodesta kahdeksaan vuoteen, jäi investointi tappiolliseksi. Takaisinmaksuajan menetelmällä saatiin tu-

lokseksi reilu kuusi vuotta, joka on huomattavasti vähemmän kuin nykyarvomenetelmällä laskettuna. Eroavaisuus menetelmien välisissä tuloksissa johtuu rahan aika-arvon huomiotta jättämisestä takaisinmaksuajan menetelmällä laskettaessa. Sisäisen korkokannan menetelmällä laskemalla tulokseksi saatiin noin 10 %, mikä on myös maltillinen tulos.

Investointia tehdessä pitää huomioida myös muita seikkoja, kuin pelkät taloudelliset arvot. Sahainvestointi vaikuttaisi positiivisesti ainakin työturvallisuuteen, laatu- ja kustannuksiin ja ympäristöasioihin. Laskennassa ei ole pystytty huomioimaan laatu- ja kustannuksien kautta tullutta taloudellista säästöä sahauksen myötä. Todellisuudessa sahattavaksi soveltuvia tuotteita löytyy yrityksen tuotevalikoimasta enemmän kuin laskennassa käytetyt neljä tuotetta, mutta niiden tuotantomäärät ovat huomattavasti pienempiä. Todellisuudessa nämäkin vaikuttavat positiivisesti investoinnin aiheuttamiin vuotuisiin tuottoihin ja sitä kautta investointilaskelmiin.

Sahainvestointia pohtiessa herää kysymys, olisiko Tevo Lokomon mahdollista myydä pelkkää sahausta palveluna ulkopuolisille toimijoille. Pystyttäisiinkö sahainvestoinnin avulla saamaan uusia asiakkuuksia, tai uudenlaisia tuotteita vanhojen rinnalle? Edellä mainitut mahdollisuudet vaativat osakseen lisäselvitystä, koska niihin ei tämän opinnäytetyön puitteissa perehdytty.

Investointiin tarttuminen vaatii vielä syvällisempää perehtymistä saatavilla oleviin sahoihin ja kunnon kilpailutukset eri laitetoimittajien välillä. Parempi käsitys sahojen hinnoista saadaan kilpailevan tarjouksen myötä, toiselta laitetoimittajalta.

Käytetty ja asianmukaisesti huollettu saha voisi olla varteenotettava vaihtoehto uudelle. Toki käytettyä sahaa ostaessa pitää huomioida todennäköisesti suuremmat huolto- ja ylläpitokustannukset. Opinnäytetyön aikana selvisi, että Suomesta löytyy tiettävästi vain yksi tämän kokoluokan saha, joten käytettyä sahaa etsiessä pitäisi poistua Suomen markkinoilta. Sahainvestoinnin esiselvitystyön aikana kävi ilmi, että Tevo-konsernista voisi jopa löytyä osaamista sahan valmistamiseen itse. Selvää on kuitenkin se, että sahalle olisi paikka Tevo Lokomon tuotannossa, kun sahan hankintahinta ja ominaisuudet saadaan kohdalleen.

Opinnäytetyötä voidaan pitää onnistuneena, koska siinä onnistuttiin keräämään Tevo Lokomo Oy:lle oleellista tietoa puhdistamon sahainvestoinnin tueksi. Opinnäytetyö toteutettiin suunnitellun aikataulun mukaisesti. Ainoa haaste aikatauluun liittyen oli laitevalmistajilta pyydettyjen tarjousten saaminen aikataulussa.

Merkittävin opinnäytetyön aikana esiin noussut asia investointeihin liittyen oli selkeiden investointikäytänteiden ja taloudellisten vaatimuksien puuttuminen. Tämä alue vaatii tulevaisuudessa kehitystä osakseen, jos tämän kokoluokan investointeja ollaan suunnittelemassa.

LÄHTEET

- Alhola, K. & Lauslahti, S. 2009. Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta. 1.–6. painos. Helsinki: WSOY Pro Oy.
- Brealey, R., Stewart M, & Franklin A. 2018. Principles of Corporate Finance. 12. painos. New York: McGraw-Hill Education.
- Heinonen, M., Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2016. Konetekniikan perusteet. 12. Uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Ikäheimo, S., Malmi, T. & Walden, R. 2016. Yrityksen laskentatoimi. 6. painos. Helsinki: Talentum Pro.
- Laulajainen, H. tuotepäällikkö. 2020. Tevo Lokomon sahainvestointi. Sähköpostikeskustelu. harri.laulajainen@maantera.fi.
- Miller, R. & Miller M. R. 2004. Audel Machine Shop Tools and Operations. 5. painos. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc. Luettu 14.10.2020. Vaatii käyttöoikeuden.
- Niemi, P. 2008. Jälkikäsittelytekniikka. Tampere: Hervannan Ammattioppilaitos.
- Semi-Automatic Heavyduty Bandsaws. 2019. Cosen Saws. Verkkojulkaisu. Luettu 25.11.2020. <https://www.cosen.com/eneu/product/band-saws/billet-saws--semi-automatic-bandsaws-/double-column/more-than-or-exactly-550mm/sh-2020d>
- Teollisuuden aitoa kumppanuutta – vuosikymmenestä toiseen. n.d. Tevo Lokomo Oy. Verkkojulkaisu. Luettu 6.8.2020. <https://www.tevo.fi/fi/yritys>
- Törmä, M. 2015. LOKOMO 100 vuotta konepaja- ja terästeollisuutta. 1. painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy.
- Vierros, T. 2009. Investointilaskelmat. Tuotantotalouden peruskurssi -opintojakson oppimateriaali. Verkkojulkaisu. Aalto yliopisto. Luettu 29.7.2020. <https://wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>