

Sisäisen hukkatuotannon raportointi

Karlstedt Eetu

Opinnäytetyö

Toukokuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka

Tekijä(t) Karlstedt, Eetu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Sisäisen hukkatuotannon raportointi		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Matti Siistonen, Marjukka Nuutinen		
Toimeksiantaja(t) Meconet Oy, Äänekoski		
Tiivistelmä <p>Toimeksiantajana toimi Meconet Oy, joka on erikoistunut vaativiin metallikomponenttien valmistukseen. Työ toteutettiin pilottihankkeena Meconet Oy:n Äänekosken tehtaalle, mutta se on tarkoitus ottaa käyttöön myöhemmin myös muissa toimipisteissä. Äänekosken tehtaalla on erikoistuttu syvävetämällä valmistettaviin ohutlevyosiin.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda raportointityökalu, jolla pystytään seuraamaan sisäisen hukkatuotannon määrää. Tarkoituksena oli selvittää parhaat mahdolliset keinot tämän toteuttamiseen, sisäänajoon sekä koulutukseen. Tavoitteena on määrittää mittarit, joilla kerättyä dataa aletaan seurata, sekä määrittää jatkotoimenpiteet, miten data aiotaan jatkoissa hyödyntää. Työ sisältää myös selvityksen hukkaan eli romutukseen menevien materiaalien määrät sekä ostettujen materiaalien määrät, sekä niiden suhde keskenään.</p> <p>Työ toteutettiin selvittämällä parhaat keinot kuittausten ajamiseksi osaksi päivittäistä työskentelyä ja työkuiltuuria, laatimalla toimintatavat sekä ohjeet, sekä kouluttamalla tuotannon työntekijät käyttämään raportointityökalua. Työhön laadittiin raportointityökalu sekä alusta datan tulkintaan ja hyödyntämiseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Syväveto, hukkatuotanto, laadunvalvonta		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet) <small>Liite 1 sekä kappaleet 8 & 9 on salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike-tai ammattisalaisuus. Salassapito-aika on viisi (5) vuotta. Salassapito päättyy 14.5.2026</small>		

Author(s) Karlstedt, Eetu	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2021 Language of publication: Finnish
	Number of pages 54	Permission for web publication: x
Title of publication Reporting of internal scrap production		
Degree programme Engineer (AMK), Degree Programme in Energy- and environmental Technology		
Supervisor(s) Matti Siistonen, Marjukka Nuutinen		
Assigned by Meconet Oy, Äänekoski		
Abstract <p>The client was Meconet Oy, which specializes in the manufacture of demanding metal components. The work will be implemented as a pilot project for Meconet Oy Äänekoski plant, but it is planned to be used later in other plants as well. Meconet Äänekoski specializes in deep-drawn sheet metal parts.</p> <p>The aim of the thesis was to create a reporting tool that can monitor the amount of internal scrap production. The purpose was to find out the best possible way to implement this, to deploy it and to train it. The aim was to determine the indicators with which the collected data will be monitored, as well as to determine further measures on how the data will be utilized in the future. The work also includes a statement of the quantities of materials going to waste and quantities of materials purchased, as well as their relationship to each other.</p> <p>The work was carried out by identifying the best ways to integrate receipts into daily work and work culture, developing procedures and instructions, and training production workers to use the reporting tool. A reporting tool and a platform for interpreting and utilizing data were prepared for the work.</p>		
Keywords/tags (subjects) Deep drawing, scrap production, quality control		
Miscellaneous (Confidential information) Annex 1 and sections 8 & 9 are confidential and have been removed from public thesis. Secrecy is based on section 24 part 17 of the law of Publicity. Commercial or professional secrecy of a company. The confidentiality period is five (5) years.		

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Meconet	5
1.2	Meconet Äänekoski	6
2	Tutkimusasetelma	8
2.1	Tutkimuskysymykset	8
2.2	Opinnäytetyön rajaus	9
2.3	Tutkimusmenetelmät	9
3	Syväveto.....	10
3.1	Syvävetoprosessi	12
3.2	Syvävedossa syntyvä hukkatuotanto	13
4	Laserleikkaus	16
4.1	Hiilidioksidilaser	17
4.2	Kuitulaser	17
4.3	3-D laseroinnissa syntyvä hukkatuotanto	18
5	Muut prosessit	20
6	Syvävedon materiaalit	22
6.1	Alumiini.....	22
6.2	Kylmävalssattu teräs.....	23
6.3	Kuumasinkitty teräs.....	24
6.4	Kuumavalssattu teräs	26
6.5	Ruostumaton ja haponkestävä teräs	26
6.6	Yrityksen materiaalinkäyttö ja sen kehitys.....	27
7	Tutkimuksen toteutus.....	28
7.1	Hukkatuotannon kategoriat	30
7.2	Haastattelut.....	31
7.3	Koulutus ja ohjeistus	31

8 Tulokset	32
9 Tulosten tarkastelu ja jatkotoimenpiteet	32
9.1 Tuloksista yleisesti	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
9.2 Tulosten luotettavuus	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
9.3 Jatkotoimenpiteet	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
10 Pohdinta.....	32
Lähteet	34
Liitteet.....	37

1 Johdanto

Meconet on tunnistanut tarpeen sisäisen hukkatuotannon kirjaamiselle. Tällä hetkellä vain asiakkaiden tekemät, viralliset reklamoinnit huomioidaan yrityksen toiminnassa laadullisina mittareina, joiden avulla tehdään laadullisia päätöksiä. Omistajien toiveena on jo pitkään ollut, että sisäistä hukkatuotantoa alettaisiin seuraamaan sekä tilastoimaan, jotta pystytään jatkamaan tuotannon kehittämistä ja sen tehokkuutta ongelmakohtiin puuttumalla. Kellään ei ole tarkkaa tietoa, paljon hukkaa syntyy ja missä, sekä paljon se aiheuttaa Meconetille kuluja. Hukkatuotanto aiheuttaa kuitenkin vuosittain isoja välittömiä kuluja ja kustannuksia yritykselle materiaalihukan, uudelleen tekemisen ja reklamaatioiden kautta. Hukkatuotannosta aiheutuu myös monia välillisiä kustannuksia, kuten raaka-aineiden sekä romumetallin rahdit, pikatoimitukset, tuotannon pysäytyksien sekä viivästyksien aiheuttamat kulut, puristimien, lasereiden sekä muiden laitteiden sähkönkulutus sekä paljon ns. ylimääräistä selvitystyötä niin tuotannossa, kuin toimihenkilöpuolellakin. Metallia käy myös ennen rahtiin päätymistään pitkän valmistusprosessin louhinnasta muovaukseen ja käsittelyyn. Kaikki tämä hukka aiheuttaa taloudellisia sekä ympäristöä kuormittavia kuluja. Metalliteollisuus on kokonaisuutena yksi isoimmista toimialoista energiankäytön sekä päästöjen osalta Suomessa. Metallien jalostus on kolmanneksi suurin energiankäyttäjä Suomen teollisuuden toimialoista. Kone- ja metalliteollisuus, jolla toimialalla Meconet toimii, taas on kuudenneksi suurin. Pelkän sähkön osalta metallien jalostus on myös kolmanneksi suurin, mutta kone- ja metalliteollisuus käyttää jopa neljänneksen vuotuisesta sähköstä Suomen teollisuuden kokonaissähkökulutuksesta. (Teollisuuden energiankäyttö, tilastokeskus.)

Meconet Äänekoski valmistaa kaikenkokoisia syvävetotuotteita, mutta merkittävä osa valmistettavista tuotteista on isoja kappaleita, esimerkiksi traktoreiden katot. Jo yhden hukkaan menevän kappaleen arvo on siis huomattava, varsinkin mitä pidemmälle se on valmistusprosessissa edennyt. Syvävetoon kuuluu kappalekohtaiset työkalut ja jiggit, ja niiden hankintahinnat ovat usein tuntuvia. Tästä syystä syvävetoon kuuluu pitkät asiakassuhteet, joten asiakastyytyväisyyden, -suhteiden sekä uusasiakashankinnan kannalta on tärkeää tähdätä korkeaan laatuun.

Hukkatuotannon eri syitä voi siis olla lukuisia, ja tavoitteena onkin luoda raportoinnista niin kattava, että päästään luotettavasti käsiksi juurisyihin. Raportoinnin tulee kuitenkin olla niin helppoa, että sitä jaksetaan tuotannossa käyttää ja täyttää kattavasti. Siitä ei saa tehdä liian monimutkaista luotettavan raportoinnin mahdollistamiseksi.

Työn tarkoituksena on selvittää paras keino kerätä dataa tuotannon sisäisestä hukkatuotannosta sekä selvityksen perusteella luoda raportointityökalu, jonka avulla saadaan tietoon tehtaan sisäisen tuotannon suurimmat laadulliset ongelmakohdat muutamia valittuja mittareita käyttäen. Selvitykseen kuuluu myös karkea arvio nykytilanteesta, ja sitä kautta mahdollinen säästöpotentiaali. Nykytilan kartoitus rajataan pelkästään materiaalin käyttöön, välilliset kustannukset jätetään siitä pois. Työ toteutetaan pilottihankkeena Meconet Oy:n Äänekosken tehtaalle ja myöhemmin se on tarkoitus ottaa käyttöön myös muissa toimipisteissä.

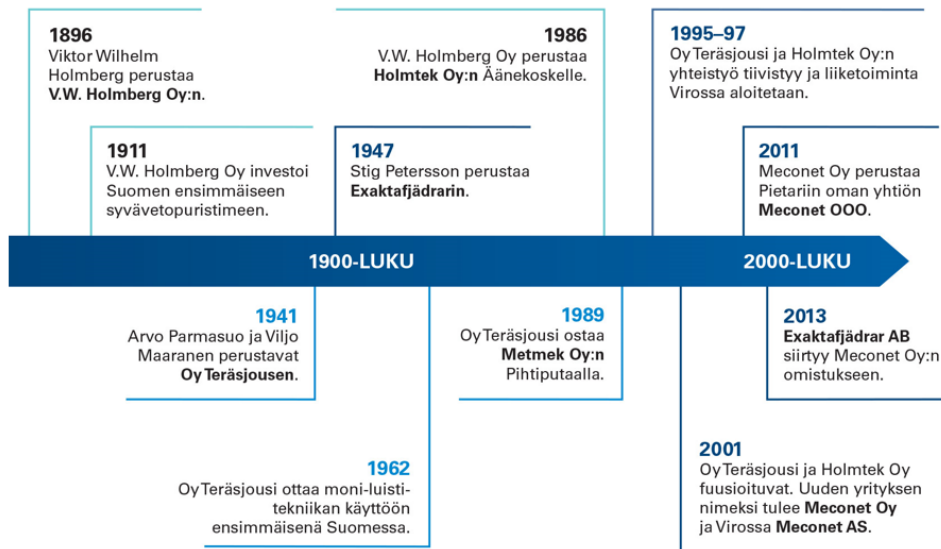
1.1 Meconet

Meconet Oy on Pohjois-eurooppalainen metallialan yritys, joka on erikoistunut vaati- viin metallikomponenttien suunnitteluun sekä valmistukseen. Suomessa Meconetilla on kolme tehdasta; Vantaalla, Äänekoskella sekä Pihtiputaalla. Lisäksi yritystoimintaa on Suomen lisäksi Virossa, Tallinnassa (kuvio 1). Meconet valmistaa jousia, meisto-, lanka-, sekä syvävetotuotteita, ja jokaisella toimipisteellä keskitytään omaan erikois- osaamiseen. Huddingessa, Ruotsissa, toiminta loppui vuonna 2020 ja sen tuotanto siirtyi Pihtiputaalle.



Kuvio 1. Meconetin toimipisteet ja osaamiskeskukset. (Meconet Group-yritysesittely, 2020.)

Yhtiöllä on yli 100 vuoden historia ja kokemus metallituotteiden valmistuksesta. (Meconet Group-yritysesittely, 2020.) Toiminta alkoi vuonna 1896, kun Viktor Wilhelm perusti V.W. Holmberg Oy:n. Yrityksen ensimmäinen, ja samalla koko suomen ensimmäinen, syvävetopuristin hankittiin vuonna 1911. Muutaman fuusioitumisen kautta, vuonna 2001 yrityksen nimeksi tuli Meconet Oy (kuvio 2).



meconet

Kuvio 2. Meconetin historia. (Meconet Group-yritysesittely, 2020.)

Yrityksen liikevaihto oli Group-tasolla vuonna 2019 n. 51 miljoonaa euroa. Meconet työllistää Suomessa ja Virossa yhteensä yli 250 henkilöä. Näistä suurin osa toimii Suomessa.

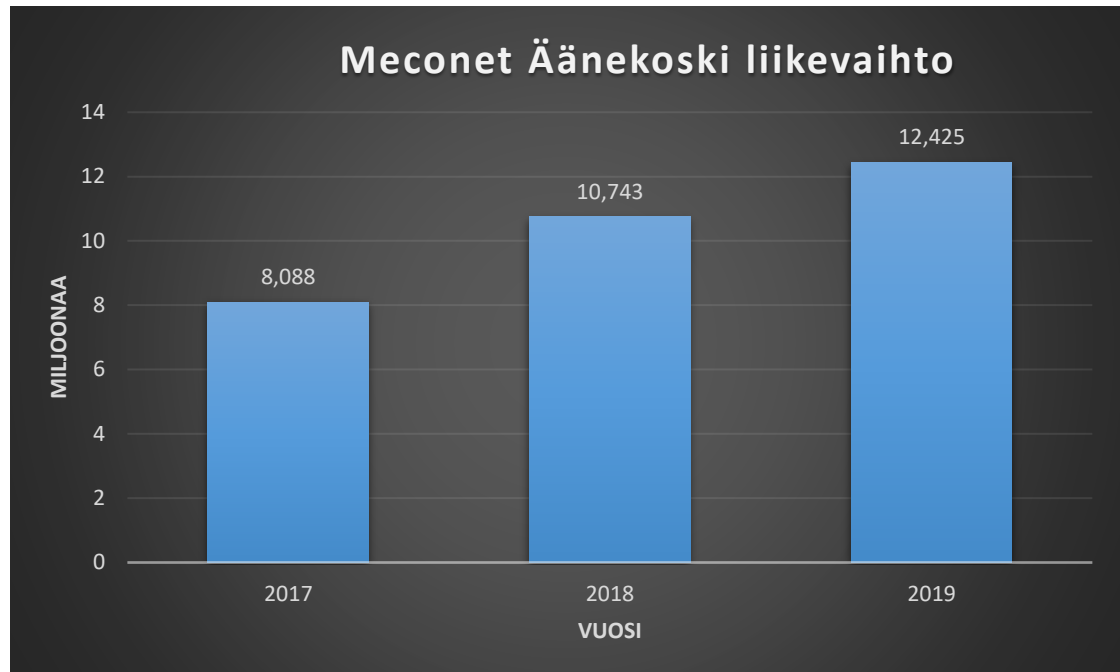
1.2 Meconet Äänekoski

Äänekoskella on erikoistuttu erityisesti syvävetämällä valmistettuihin tuotteisiin sekä tuotesimulointiin, joka antaa etulyöntiaseman tuote- ja työkalusuunnittelussa.

Äänekosken tehtaan liikevaihto on jo vuosia ollut hyvässä kasvussa. Vuoden 2020 aikana valmisteilla on uusi tehdas, jonka yhteydessä tehdään myös laiteinvestointeja.

Muutto alkaa syksyllä 2020 ja tulee olemaan kokonaan valmis vuoden 2021 aikana.

Uudet isommat ja käytännöllisemmät tuotantotilat sekä laiteinvestoinnit tulevat lisäämään tuotannon kapasiteettiä ja odotettavissa onkin, että liikevaihdon muutos jatkuu kasvavana myös tulevaisuudessa.



Kuvio 3. Meconet Äänekosken tehtaan liikevaihto 2017-2019.

Tuotannon kierrätysastiat lähetetään Mustankorkealle kierrätykseen, materiaali- luokittain. Mustankorkean tilastoista selviää, paljon mitäkin metallilaatua kierrätetään, eli toisin sanoen paljon sitä menee hukkaan. Syvävetoprosessissa, ja varsinkin sen jalostusvaiheessa laseroinnissa, syntyy aina jätettä. Syvävedossa käytetään asetuskappaleita, jotka menevät suoraan jätteeksi. Syvävetämällä ahiota, ympärille jää aina ”jätettä”, joka pitää rajata pois laserilla. Jätteellä tarkoitetaan levyaihion osaa, joka jää pidätin- ja vetorenkaan väliin. Näistä syntyy vuosittain paljon romutettavaa materiaalia, jonka määrälle ei pystytä tekemään mitään.

Näiden ”pakollisten” jätteiden lisäksi lavoille päätyvät kaikki huonot kappaleet. Mustankorkealta saadaan tilastoa kiloittain, paljonko mitäkin metalliryhmää on kierrätetty.

Ostojen määrä on selvitetty toiminnanohjausjärjestelmästämmme. L7:ssa kaikki nimiketiedot eivät kuitenkaan ota kantaa ostetun materiaalin laatuun, joten täysin tarkkaa tietoa ei ole saatavilla. Todellisuudessa määrät ovat jonkin verran suuremmat.

2 Tutkimusasetelma

Raportointityökalun avulla halutaan parantaa myös laatua. Laatu on yksi Meconetin valttikortteja markkinoilla, koska sillä pystytään kilpailemaan halpatuotantomaiden tuotantoa vastaan.

2.1 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää parhaat keinot sisäisen hukkatuotannon seurantaan. Lähtökohtana on omistajien pitkäaikainen toive aloittaa sisäisen tuotannon laadun tarkempi, tilastollinen seuraaminen. Tällä hetkellä hukkatuotantoa ei raportoida tai kirjata kuluiksi, joten ei pystytä myöskään tietämään mitkä valmistusprosessit tai niihin vaikuttavat asiat aiheuttavat eniten hukkaa sekä kustannuksia.

Tarkoituksena on tutustua käytössä olevaan ERP-järjestelmään (Enterprise Resource Planning) eli toiminnanohjausjärjestelmään, ja selvittää miten se avulla saataisiin huonon tuotannon kuittaukset osaksi päivittäistä tuotantoa. Meconetilla on käytössä Visman L7. Tavoitteena on saada luotua toimintatapa sisäisen hukkatuotannon kuittauksiin ja raportointiin niin, että vakiohylkisyyt, määrät ja hukan aiheuttavat prosessipaikat saadaan selville. Seurattavat mittarit tulee selvittää sekä laatia toimintasuunnitelma, miten saatua dataa aletaan hyödyntämään käytännössä. Tarkoituksena on hoitaa tuotannon työntekijöiden koulutus ja opastus kuittausten tekemiseen. Aivan perimmäinen tarkoitus työlle on vähentää huonoa tuotantoa, eli kehittää laatua. Paremmalla laadulla säästetään rahaa ja aikaa, parannetaan toimitusvarmuutta sekä vähennetään reklamaatioiden määrää.

Opinnäytetyön keskeisimmät kysymykset:

- Mitkä ovat parhaat keinot sisäisen hukkatuotannon raportoimiseen ja miten L7 soveltuu tähän?
- Millä mittareilla hukkatuotantoa aletaan seuraamaan?
- Miten saatua dataa hyödynnetään?

2.2 Opinnäytetyön rajaus

Työ on rajattu tehtaan sisään, eli huomioon otetaan vain tehtaan sisällä havaittavat virheet. Esimerkiksi valmiille tuotteelle tehtävä pintakäsittely ja siitä syntyvät virheet on rajattu tästä ulkopuolelle, koska Meconet käyttää pinnoituksessa ulkopuolisia toimijoita. Pintakäsittelyn jälkeen tuotteen kulkeutuvat yleensä suoraan asiakkaalle, joten käytännössä sen tarkempi, ”sisäinen” seuraaminen olisi jopa mahdotonta. Tarkoituksena ei ole lisätä ohjelmistoa, vaan hyödyntää jo olemassa olevia järjestelmiä.

Työhön kuuluu selvitys nykytilanteesta, selvitys parhaista mahdollisista keinoista, sisäänajo eli ohjeistus ja koulutus, sekä jatkotoimenpiteiden määrittäminen ja seuranta.

2.3 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö on tyyliltään kehittämistutkimus. Kehittämistutkimus on empiirinen tutkimusmenetelmä, joka perustuu voi sekä havaintoihin että mittauksiin. Kehittämistutkimukselle tyypillistä on, että siinä hyödynnetään sidosryhmien asiantuntijuutta jatkuvan arvioinnin ja kehittämisen lisäksi. Se on lisäksi usein luonteeltaan monimenetelmäinen. Siinä yhdistellään sekä laadullista-, että määrällistä tutkimusmenetelmää, toisiaan täydentäen (Pernaa, 2013).

Kvalitatiivisen eli laadullinen tutkimuksen lähtökohtana on usein ”todellisen elämän kuvaaminen”. Tarkoitus on tarkastella ilmiötä laaja-alaisemmin ja ottaa huomioon kokemuksia ja havaintoja, joita ei voida määrällisesti mitata. Laadullisessa tutkimuksessa on tarkoitus ymmärtää ilmiötä. Ryhmähaastattelu on eräs metodi aineiston keruuseen. Ryhmähaastattelu toteutetaan kohdejoukkoa hyödyntämällä, eli siihen valitaan tietyt, ennakkoon valitut henkilöt. Aineistonkeruun tyylistä johtuen laadullista tutkimusta on usein vaikea suunnitella etukäteen tarkasti. Kerätyn aineiston määrä ja sisältö vievät tutkimusprosessia eteenpäin. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 1997)

Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus on tutkimuskeino, jolla tutkittavaa kohdetta tarkastellaan mitattavin keinoin. Tutkittava kohde tai ilmiö pitää tuntea. Kerättävän aineiston tulee soveltua numeeriseen, määrälliseen mittaukseen ja analysointiin. Määrällinen tutkimus on paremmin suunniteltavissa, kuin laadullinen, ja se usein eteneekin lineaarisessa järjestyksessä, josta eri työvaiheet ovat selkeästi eroteltavissa. (Kananen, 2015b, 70 - 201).

3 Syväveto

Syväveto on levyntuotteen valmistusmenetelmä, jossa ohutlevyväihio vedetään ja puristetaan haluttuun, kuppimaiseen muotoon. Saksalainen standardi DIN 8584 kuvailee syvävetoa seuraavasti: *Syvävedossa aihio muovataan avonaiseen muotoon ja aihioon kohdistuu sekä vetoa että puristusta.* (Korhonen & Larkiola. 2012). Korhosen ja Larkiolan (2012) mukaan syvävetoa voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä menetelmistä metallisten ohutlevytuotteiden valmistuksessa. Syvävedolla saadaan aikaan monimutkaisia, tiiviitä ja saumattomia muotoja ilman, että levyväihion alkuperäinen paksuus merkittävästi pienenee. Tämä mahdollistaa muita valmistustekniikoita ohuemmat, ja sitä myöden myös kevyemmät osat. Ohut levyntuotteen paksuus mahdollistaa myös halvemat hinnat, koska materiaalia kuluu vähemmän. Syvävedossa ainevahvuudet vaihtelevat välillä 0,50 - 10,0 mm. Syvävedossa hyvällä suunnittelulla ja tuotesimuloinnilla voidaan toteuttaa hyvinkin haastavia muotoja. (Meconet Group - Syväveto. 2019).

Lukuisat eri materiaalit soveltuvat syvävetoon, kuten esimerkiksi alumiini, kupari, lyijy, värimetallit, ruostumattomat-, haponkestävät-, sinkityt- ja pinnoitetut teräkset. Oikealla materiaalivalinnalla ja hyvällä suunnittelulla voidaan varmistaa, että lopputuote on asiakkaan toiveen mukainen ja se soveltuu käyttötarkoitukseensa hyvin. (Meconet – Yritysesittely, 2020.)

Meconetin syvävetotuotteita ovat mm.

- Ohjaamot
- Säiliörakenteen
- Kotelot
- Valaisimet
- Pakoputkistot
- Moottoripeitot
- Lämpösuojat



meconet
Innovations are built together

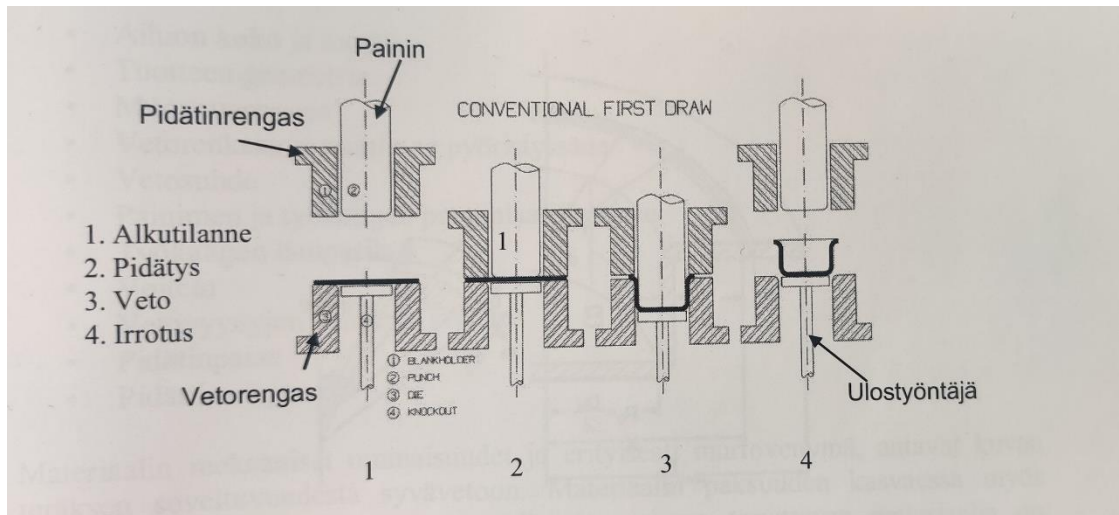
Kuvio 4. Meconetin syvävetämällä valmistamia tuotteita (Meconet Group - Syväveto. 2019.)



Kuvio 5. Meconetin asiakkaiden lopputuotteita – Kulkuvälineet. (Meconet – Yritysesittely, 2020).

3.1 Syvävetoprosessi

Syvävetoprosessissa levyaihiota muovataan puristuksen ja vedon avulla haluttuun, sylinterimäiseen muotoonsa. Levyaihio laitetaan työkaluun, jossa pidätinrenkas ja vetorenkas puristavat sen kiinni. Pidätinrenkas ja vetorenkas ovatkin painimen ohella syvävedon keskeisimpiä osia. Itse vedon aikana painin siirtää voiman levyaihioon, joka liikuu pidätinrenkaan sekä vetorenkaan välistä yli vetorenkaan pyöristysten muovautuen kuppimaiseen muotoonsa. (Mäki-Mantila 2001; Metal forming handbook 1998.) Syväveto perustuu materiaalin virtauksen hallintaan. Syvävetoprosessin läpimenoaika on lyhyt, joten valmistusmenetelmänä tämä sopii mainiosti massatuotantoon. Syvävedolle on ominaista kappalekohtaiset työkalut. Työkalut ovat kalliita, joten syvävetoa käytetään senkin takia lähinnä pitkien, jatkuvien sarjojen tuotantoon.



Kuvio 6. Syvävetoprosessi. (Korhonen, A ja Larkiola, J. (2012). *Ohutlevyjen muovauksen perusteet*. Oulun yliopisto: teknillinen tiedekunta s.139).

3.2 Syvävedossa syntyvä hukkatuotanto

Valmistus vaatii operaattorin laittamaan levyaihiot paikoilleen työkaluun sekä valmiin tuotteen pois puristimesta. Operaattori vastaa myös mahdollisesta aihion rasvaamisesta tai öljyamisestä, jolla varmistetaan kappaleen oikeanmukaisuus. Öljyttä vetäminen tai öljyn liian vähäinen määrä voi aiheuttaa kappaleeseen vetojälkiä kuten naarmuja (kuvio 8) tai ryppejä (kuvio 7).



Kuvio 7. Rypyt tuotepinnalla.

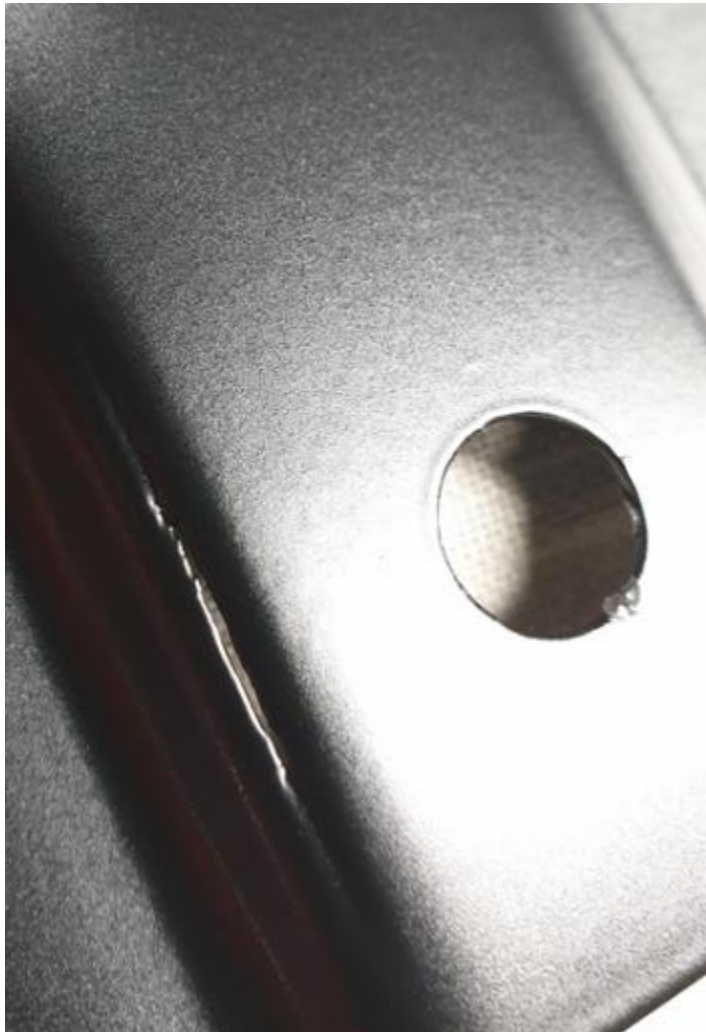
Öljyä ei saa olla myöskään liikaa, koska voimat voivat siten kohdistua väärin, ja kappaleesta ei tule halutun mukainen. Myös lämpötilalla on merkitystä syvävedon onnistumiseen. Mitä korkeampi lämpötila prosessissa vallitsee, sitä matalampi on metallin lujuus muovattaessa. Aihio lämpenee prosessissa kymmeniä asteita, johtuen kitkasta ja mekaanisesta muokkaustyöstä. Kitka pyritään syvävedossa pitää mahdollisimman alhaisena. Kitka aiheuttaa naarmuuntumista, kun kaksi metallipintaa hankaa toisiaan vasten (kuvio 8). Se voi myös joissain tapauksissa aiheuttaa kiinnileikkaantumista.



Kuvio 8. Naarmut tuotepinnalla.

Kitkaa pyritään prosessissa vähentämään aihion voitelulla, sekä vetotyökalujen oikeanlaisilla materiaaleilla ja pinnoitteilla. (Korhonen, A ja Larkiola, J. (2012). Naarmuuntuminen voi johtua myös työkalun liiallisesta levynpidätyksestä tai kulumisesta. (Mäki-Mantila 2001, 22; Ohutlevyn muovauksen suunnittelu ja simulointi 2002, 14; Ohutlevyn syväveto 1981, 23-33; Voitelu levyn muovauksessa 1981, 33.)

Syvävedon onnistumiseen vaikuttavat monet tekijät. Ensinnäkin vedettävän materiaalin ominaisuudet, kuten laatu, paksuus sekä levyaihion koko ja muoto. Erityisesti materiaalin murtovenymä kertoo, onko materiaali soveltuva syvävetoon. Murtovenymä ilmaisee materiaalin kyvystä venyä ilman, että se murtuu tai katkeaa. Syvävedossa ei yleisesti ole tarkoitus muokata levyaihion paksuutta, vaan sen oletetaan pysyvän lähes samana, kuin ennen vetoa. Levyaihion paksuutta kasvattaessa on mahdollista toteuttaa syvemmät muodot, koska venymiseen tarvittavaa materiaalia on enemmän ja näin ollen voidaan välttää kriittinen harventuminen ja repeytyminen (kuvio 9). Harventuminen ja repeytyminen johtuvat yleisesti kuroutumisesta, eli venymisen paikallistumisesta.



Kuvio 9. Repeämä

Työkalujen pinnoituksessa, nimensä mukaisesti, aikaansaadaan ohut kerros vetotyökalun pintaan, joka on kova ja liukas. Tämä parantaa materiaalin virtausta prosessissa. Pinnoituksen on myös tarkoitus estää kulumista ja näin edesauttaa työkalun elinkaaren pituutta sekä vähentää sen huoltotarvetta. (Mäki-Manttila 2019, s.32). Muita syvävetoon vaikuttavia asioita ovat mm. muovausnopeus, vetosuhde, painimen ja työkalujen pinnanlaatu, työkalujen lämpötila sekä voitelu.

4 Laserleikkaus

Laserleikkaus on terminen leikkausmenetelmä, joka on laajasti käytössä ohutlevytekniikassa. Laserleikkaus on täysin kontaktiton, säde alkaa 0,1 mm – 2 mm leikattavan kappaleen pinnasta. Laser on lyhenne sanoista ”light amplification by stimulated emission of radiation” jonka suora käänös on ”valon vahvistaminen säteilyn emissiolla”. Lasereiden tuottama valo syntyy aina atomeista ja niiden elektroneista, joihin tuodaan energiaa niin että ne virittyvät. Virittyneet elektronit pyrkivät aina palaamaan normaalitilaan vapauttamalla energiaa. Vapautunut energia on fotonin muodossa, joka törmätessään toiseen virittyneeseen elektroniin vapauttaa myös siitä fotonin, aloittaen ketjureaktion. Tämä energia ohjataan leikattavaan kohteeseen. Meconetillä on käytössään kuitulasereita ja hiilidioksidilasereita, jotka eroavat hieman toisistaan toimintaperiaatteiltaan. Laserleikkaus on kuitenkin laitteistosta riippumatta monilta osin parempi vaihtoehto kuin perinteisemmät leikkausmenetelmät. Nopea leikkuaika, siisti leikkausjälki ja korkea mittatarkkuus ovat kaikki laserleikkaus tuomia etuja. Laserilla pystytään leikkaamaan lähes kaikkia materiaaleja. (Kujanpää, Salminen, Vihinen 2005.)

Laserointia käytetään Meconetillä 2D-aihiointiin, 3D-muotojen leikkuuseen sekä syvävedettyjen kappaleiden rajaukseen, eli jätteen poistoon sekä reikien ja aukkojen luomiseen. Jätteellä tarkoitetaan syvävedossa syntyvää ylimääräistä laippamaista osaa, joka syntyy veto- ja pidätinrenkaiden väliin jäävästä aihion osasta. Syvävedossa kappaleeseen jää aina jätettä.

4.1 Hiilidioksidilaser

Hiilidioksidilaser on se perinteisempi malli lasereista, joita käytetään levyntyöstössä. ”Hiilidioksidilaserin toiminta perustuu kaasumaiseen väliaineeseen, jota aktivoidaan suurenergisillä sähköpurkauksilla” (Kauppinen, 2016. Hiilidioksidi- ja kuitulaserin vertailu). Kaasu molekyylit joutuvat virittyneeseen tilaan ja vapauttavat valoa. Tämä vapautunut valo ohjataan peilien avulla leikattavaan kohteeseen. Hiilidioksidilaserin etuja ovat suuri tehontuottokyky sekä tarkka leikkauspiste. Hiilidioksidilaser käyttää leikkauskaasua, joka on hiilidioksidin, typen ja heliumin seos. Tätä kutsutaan resonaattorikaasuksi. Typpi toimii kaasussa virittäjänä, sen avulla energia siirretään hiilidioksidimolekyylisiin. Heliumin tarkoitus taas on jäähdyttää laserkaasuseosta. Tyypillinen resonaattorikaasu sisältää 60-85% heliumia, 13-35% typpeä sekä 1-9% hiilidioksidia. Leikkauskaasun tarkempi laatu riippuu leikattavasta materiaalista. (Kujanpää, Salmi, Vihinen 2005.)

4.2 Kuitulaser

Kuitulaser on varsin uusi tulokas ohutlevyteollisuudessa, niitä alettiin kaupallisesti hyödyntämään vasta 2000-luvun taitteessa. Kuitulaserin toimintaperiaate vastaa aika pitkälti hiilidioksidilaserin toimintaperiaatetta, erona on vain valon tuottamisen tekniikka. Kuitulaserissa aktivoidaan hiilidioksidilaserin kaasun sijaan kiinteillä aineilla. Nämä kiinteät aineet ovat useimmiten maa-alkalimetalli-ioneita. Kuitulaserin leikkuaineen virittäminen tapahtuu diodeista saatavalla syöttövalolla, joka johdetaan valokuitua pitkin aktivoitavaan osaan. Syöttövalo absorboituu maa-alkalimetalli-ioneihin saaden ne virittyneiksi ja palautuessaan normaalitilaan vapauttavat ne laservaloa. Laservalo ohjataan valokuidun avulla leikattavaan kohteeseen. (Nufern Corporation) (Laserointi Oulun yliopisto). Kuitulaserissa valolla on pienempi aallonpituus, joten heijastumisen vaara on pienempi kuin hiilidioksidilaserissa. Laserin valo on vaarallinen ihmisilmälle. Kuitulaser on huomattavasti energiatehokkaampi, kuin hiilidioksidilaser; se tarvitsee jopa 75 % vähemmän energiaa leikkauksen suorittamiseen.

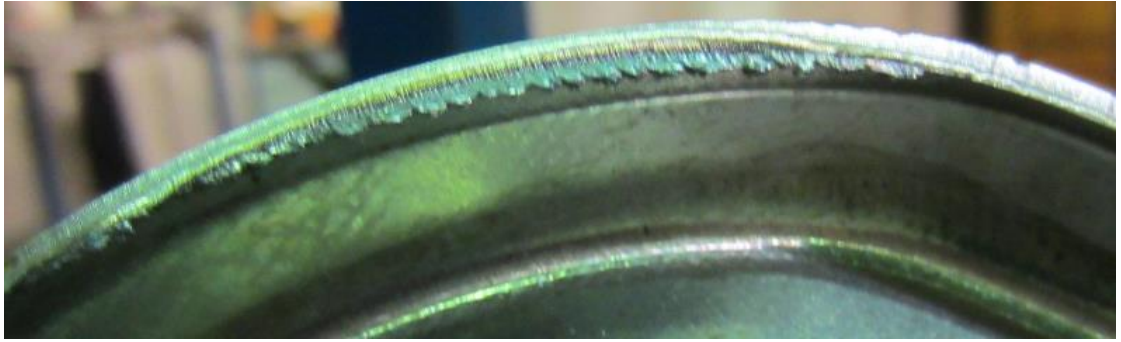
4.3 3-D laseroinnissa syntyvä hukkatuotanto

Laseroinnissa syntyvä hukkatuotanto johtuu lähes aina huonosta leikkuujäljestä. Huonoa leikkuujälkeä on purse (kuvio 11) sekä epätasainen leikkuujälki (kuvio 12). Epätasainen, eli porrastus tai aaltoileva leikkuujälki ei aina sinällään johdu laserin huonosta toiminnasta, vaan usein syynä voi olla esimerkiksi se, että kappale pääsee liikkumaan laserjigissä. Syy voi toki olla jokin muukin, esimerkiksi huonosti tehty raja-
piiri.



Kuvio 10. Epätasainen leikkuujälki.

Purse johtuu vääristä leikkuuarvoista ja/tai -piiristä. Jos leikkuupää joutuu toimimaan huonossa kulmassa, leikattavan materiaalin paksuus voi muuttua liian isoksi, jolloin laser ei pysty sitä siististi rajaamaan.



Kuvio 11. Pursetta laseroinnista.

Laseroinnissa voi syntyä myös mittavirheitä, jos kappale on asetettu huonosti jigiin tai jigi on asetettu huonosti laserpöytään. Laserin toiminnassakin voi olla vikaa, esimerkiksi laserpään törmäyksen jälkeen.

5 Muut prosessit

Hukkatuotantoa voi syntyä monessa muussakin työvaiheessa kuin syvävedossa tai laseroinnissa. Materiaali voi jo tehtaalle saapuessa olla viallista, materiaali voi kolhiintua tehtaalla tai ruostua säilytyksessä. Jotkut materiaalit voivat vanhentua ja olla näin käyttökelvottomia. Kappaleiden kokoonpanossa voi syntyä virheitä, kuten kuviossa 12 näkyy.



Kuvio 12. Huonosti hitsattu kokoonpano-osa.

Hitsausjigit voivat olla viallisia tai niitä voidaan käyttää väärin. Kuten kuviossa 13 näkyy, hitsausjälki voi jostain syystä olla epäsiistiä. Meconet Äänekoskella valmistetaan paljon ulkonäköosia, joiden ulkoasu pitää olla standardien mukainen. Kokoonpantavat, alihankinnan kautta saadut osat voivat olla viallisia eli piirustuksien vastaisia. Ihmillisiä virheitäkin voi sattua.



Kuvio 13. Huonoa hitsijälkeä.

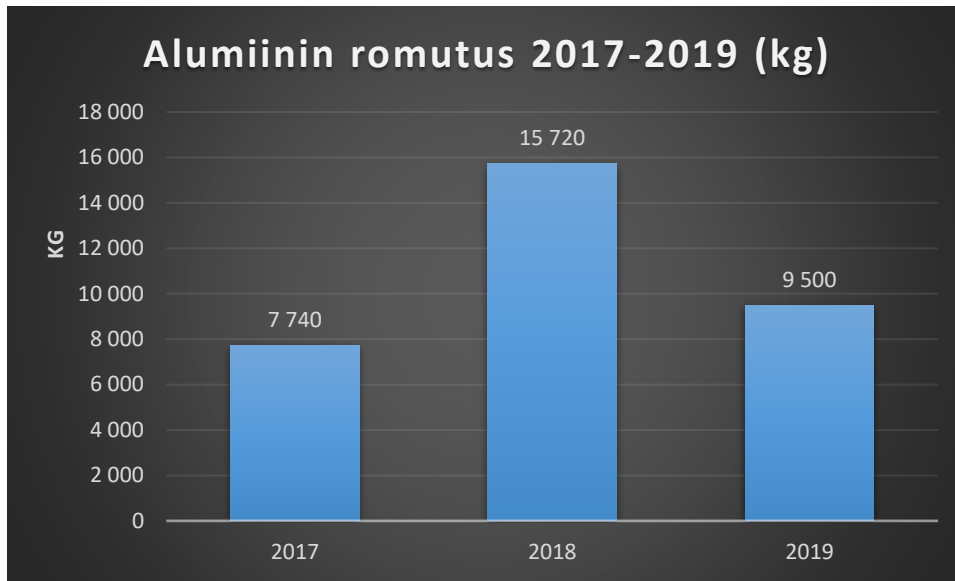
6 Syvävedon materiaalit

Meconet Äänekoskella käytetään lukuisia eri materiaaleja, mutta tähän työhön ne on rajattu tietojen saatavuuden sekä käyttömäärien mukaan kuuteen eri kategoriaan. Alumiini (AL), kylmävalssattu teräs (CR), kuumasinkitty teräs (CRC), kuumavalssattu teräs (HR) sekä ruostumaton- ja haponkestävä teräs (SSA/SSX). Koodit, eli sulkeissa olevat kirjainyhdistelmät, tulevat suoraan Meconetin toiminnanohjausjärjestelmästä, L7:sta. Materiaalit toimitetaan joko valmiina aihioina tai pidempänä kelana, josta sitten leikataan oikean kokoiset ahiot.

Materiaalit valitaan käyttökohteeseen soveltuvuuden mukaan. Valintaan vaikuttavia ominaisuuksia ovat mm. lämmön- ja korroosionkestävyys, ulkonäkö, paino ja elinkaaren pituus. Materiaalin valinnalla voi luonnollisesti vaikuttaa myös hintaan ja laatuun.

6.1 Alumiini

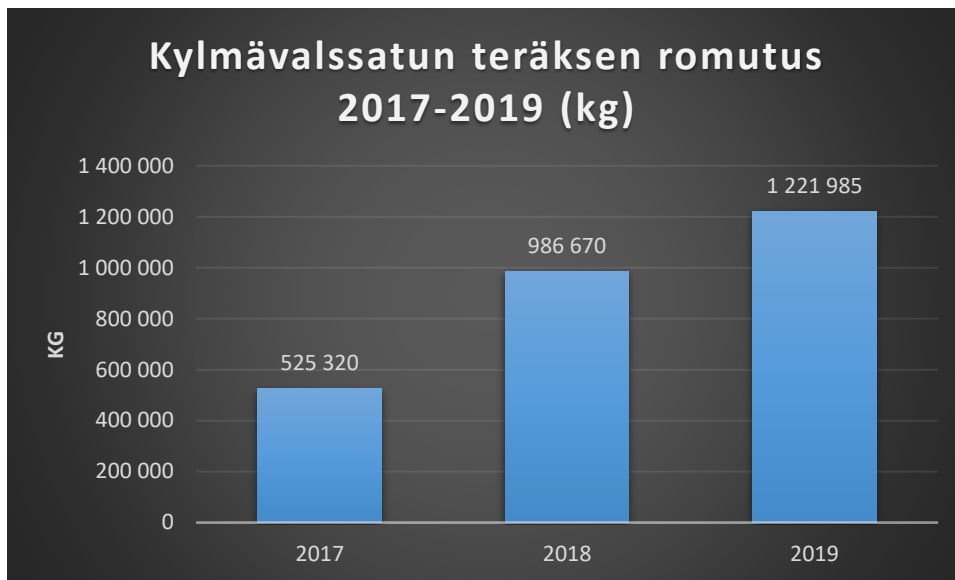
Alumiini on nostanut suosiotaan syvävetolaatuna hyvän korroosionkestävyyden, keveyden, hyvän lujuuden sekä korkean lämmönkestävyyden ansiosta. Alumiinilla on lisäksi erinomaiset hitsaus- ja muovausominaisuudet. Se onkin nykyään konepajateollisuudessa teräksen jälkeen käytetyin metalli. Alumiinilla on kiiltävä, heijastava pinta, joka voi haitata laserointia. Tämä on kuitenkin harvoin ongelma, koska nykyaikaiset laserit pystyvät vaivatta leikkaamaan alumiinia, kunhan asetukset ovat kunnossa. Lasereissa on nykyään myös takaisinheijastuksesta kertovat anturit, jotka sammuttavat koneet automaattisesti sellaista havaitessaan, joten vaaraa laserin vaurioitumiselle ei ole. Maailmassa riittää alumiinintuotantoon hyvin soveltuvaa bauksiittia vielä pitkäksi aikaa ja alumiini on yleisesti hyvin kierrätetty materiaali. Nykyään noin neljännes kaikesta alumiinintuotannosta tapahtuu kierrätyksen kautta.



Kuvio 14. Alumiinin romutus Meconet Äänekosken tehtaalla 2017-2019.

6.2 Kylmävalssattu teräs

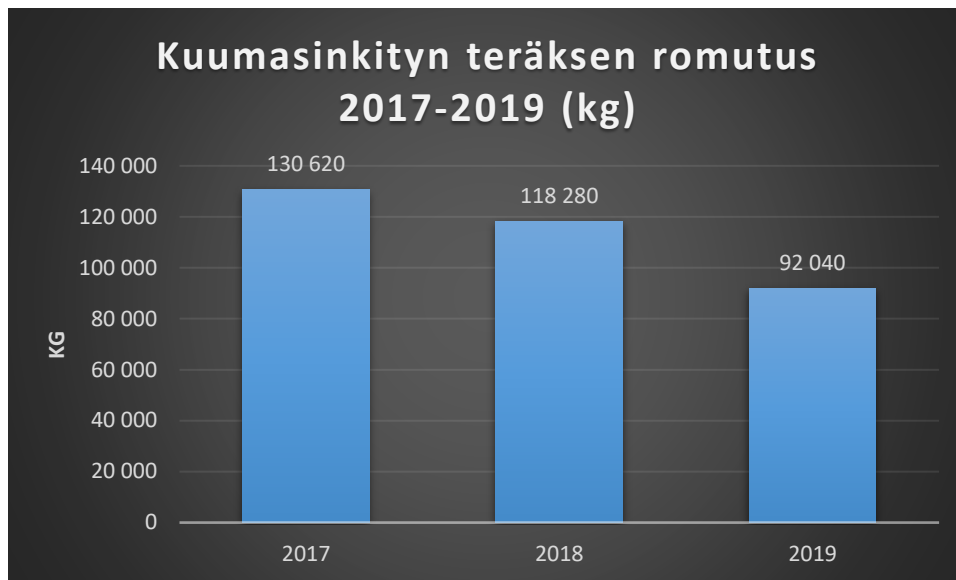
Kylmävalssattu teräs on nimensä mukaisesti matalassa lämpötilassa, noin huoneenlämmössä, valssattua teräslevyä. Levy on usein valssattu ensin kuumavalssaamalla, jonka jälkeen sen on annettu jäähtyä ja se on valssattu uudestaan. Kylmävalssauksella ei lähdetä hakemaan isoja muodonmuutoksia, vaan tarkoituksen on saada hyvän pinnanlaadun varustettuja sekä mittatarkkoja levyjä. Usein kylmävalssattua levyä käytetäänkin ulkonäköosiin tai muihin korkean pinnanlaadun vaatimuksen osiin. Kylmävalssattu teräs voidaan hyvin maalata tai sinkitä myöhemmin. Kylmävalssattu teräs säilyy noin kuusi kuukautta valmistuksen jälkeen, jonka jälkeen sen muokattavuusominaisuudet muuttuvat. (Difference between hot rolled steel and cold rolled steel, 2014).



Kuvio 15. Kylmävalssatun teräksen romutus Meconet Äänekosken tehtaalla 2017-2019.

6.3 Kuumasinkitty teräs

Kuumasinkitty teräs on pinnoitettua terästä, joka on upotettu noin 450 °C lämpöiseen sinkkialtaaseen. Vaikka kuumasinkitys on menetelmänä vanha, sitä pidetään edelleenkin yhtenä parhaista ja halvimmista keinosta suojata teräs korroosiolta. Teräksen pinta putsataan epäpuhtauksista, jonka jälkeen se upotetaan altaaseen, jossa on sulaa sinkkiä. Sinkki on epäjalometalli, joten sillä on taipumus hapettua ja tähän perustuu sinkin korroosionkestävä ominaisuus. Sinkkipinnoituksen paksuus vaihtelee käyttökohteen mukaan, mutta yleisesti siihen vaikuttaa käyttöympäristön olosuhteet, materiaalin paksuus ja pinnanlaatu sekä tuotteen elinkaaren haluttu pituus. Standardin SFS EN ISO 1416 mukaan pinnoitteen paksuus vaihtelee 45-85 µm välillä. Myös paksummat kerrokset ovat toki mahdollisia. Sinkkikerroksen paksuuteen voidaan vaikuttaa upotusajan pituudella, pitämällä kappaletta upotettuna pidempään. Kuumasinkityksestä teräksen pinnalle syntyy kidekuvioita, joten yleisesti ulkonäköösiin suositetaan sähkösinkitystä (Sinkitysmenetelmät 2015).



Kuvio 16. Kuumasinkityn teräksen romutus Meconet Äänekosken tehtaalla 2017-2019.

6.4 Kuumavalssattu teräs

Kuumavalssattu teräs on teräslevyä, joka on valssattu korkeassa lämpötilassa. Valsaus tapahtuu teräksen ollessa punahehkuinen, kuumavalssaus aloitetaan yleensä noin. 1 250°C lämpötilassa. Kuumavalssauksella levyn pintaa ei saada yhtä tasaiseksi, kuin kylmävalssauksella. (Teräskirja).

Kuumavalssatun teräksen romutustapahtumia ei saatu selvitettyä.

Levyn kuumavalssaus



Kuvio 17. Levyn kuumavalssaus. (Teräskirja).

6.5 Ruostumaton ja haponkestävä teräs

Ruostumattomat teräkset ovat metalliseoksia, jotka sisältävät vähintään 10,5 % kromia. Kromiseostuksen avulla teräs on nimensä mukaisesti ruostumatonta. Teräksen pinnalle muodostuu runsaasti kromioksidea sisältävä kalvo, joka suojaa sitä korroosiolta. Tätä kalvoa kutsutaan passiivikalvoksi. Yleisimmät ruostumattomat teräkset ovat austeniittinen ruostumaton teräs, ferriittinen teräs, austeniittis-ferriittinen teräs

sekä martensiittisiin teräksiin. Nämä eroavat toisistaan seostuksiltaan ja sitä myöten ominaisuuksiltaan. Seostamisella vaikutetaan ominaisuuksiin kuten lujuuteen sekä muokattavuuteen. (Muokatut teräkset, raaka-aine käsikirja. MET. 2001. Tampere)

Haponkestävät teräkset poikkeavat ruostumattomasta teräksestä yhden seosaineen verran, molybdeenin. Pääsisosaineet ovat kuitenkin samat, eli kromi ja nikkeli. Mitä enemmän molybdeeniä seokseen lisätään, sen paremmin se kestää happoja. Tavallisesti sitä on seoksessa noin 2 – 3%. (<https://www.flinkenberg.fi/ruostumattomien-terasten-vertailu/>)



Kuvio 18. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen romutus Meconet Äänekosken tehtaalla 2017-2019.

6.6 Yrityksen materiaalinkäyttö ja sen kehitys

Materiaalikäytön kasvu korreloi liikevaihdon kasvun kanssa. Tuoteportfolio on muuttunut vuosien varrella jonkin verran, mutta romutus/ostot suhteessa on havaittavissa pientä nousua. Nykyään ostetuista materiaaleista menee isompi määrä romutuk-

seen, kuin muutama vuosi sitten. Ostojen määrästä ei kuitenkaan ole tarkkaa selvyyttä, ja voikin olla, että joinain vuosina on jäänyt enemmän ostoja pimentoon, kuin toisina.



Kuvio 19. Ostot ja romutukset 2017-2019.

7 Tutkimuksen toteutus

Johtoporras teki alkuun selväksi, että uutta ohjelmistoa ei haluta lisätä. Nykyiselläänkin työvaihekuittausten kanssa on ajoittain ongelmia puuttuvien kuittausten kanssa, joten uusi ohjelmisto todennäköisesti vain pahentaisi tilannetta. Meconetilla on käytössä Visman L7 toiminnanohjausjärjestelmä, jolla tehdään esimerkiksi tuotannon työvaihekuittaukset. Normaalin työvaihekuittausten yhteyteen sai lisättyä ”Laatukuittaukset”, joten myös hukkatuotannon kuittaminen on loogista viedä sinne, kaikille tuttuun ympäristöön. Laatukuittaus on erillinen välilehti normaalin työvaihekuittausnäytön yhteydessä. Koska laatukuittaukset saa luotua normaalin kuittamisen yhteydessä, ei tarvitse erikseen valita työvaihetta, materiaalia, tuotetta, vaan L7 löytää ne tiedot suoraan järjestelmästä työkortin numeron avulla. Ainoat kohdat, jotka vaativat täyttämistä, ovat hylkisy, eli vetovalikosta valitsemalla oikea syy kyseiselle ta-

pahtumalle, huonojen kappaleiden lukumäärä sekä selite, johon operaattori voi vapaasti muotoilla oman näkemyksensä hylkyyn johtaneista syistä. Myöhemmin lisätynä ominaisuutena operaattorin tulee myös valita, mitä viallisille kappaleille on tehty; romutettu vai korjattu, sekä mahdollisuus kertoa oma kehitysehdotuksensa valmistusprosessiin.

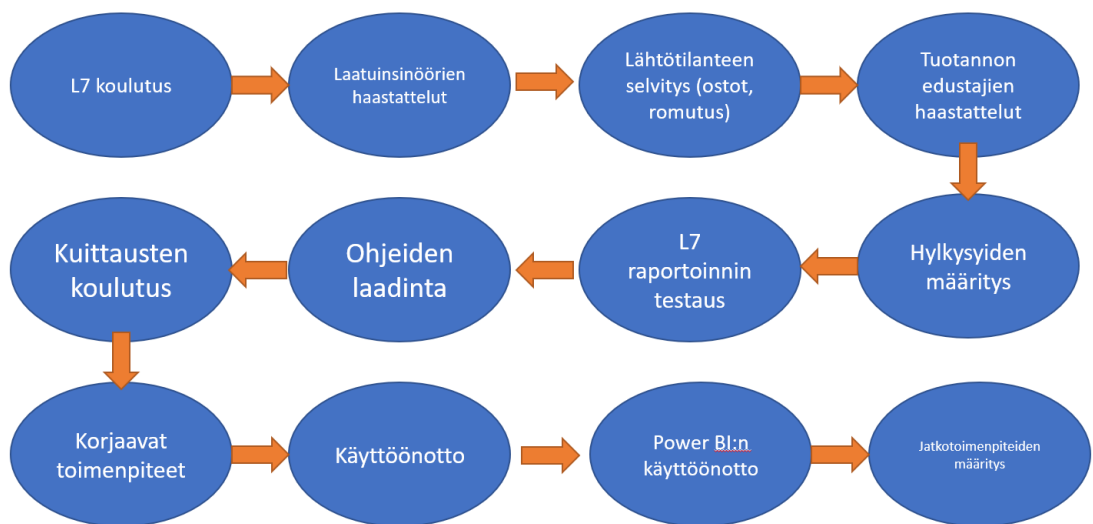
Kun kuittauksen alusta oli selvillä, tuli selvittää mitä sinne kuitataan. Päädyimme, että kuittaukset tehdään vika edellä. Vika on helppo valita ja sen pystyy tunnistamaan kokemattomampikin operaattori. Tämä on laatupoikkeamien ensimmäinen taso. Haastatteleamalla tuotannonvastaavia eli kokeneita metallialan sekä Äänekosken tehtaan tuotannon edustajia, sain laadittua vakiovikasyyt. Päädyimme luomaan kuittauksille myös toisen, tarkentavan tason. Toisen tason avulla kuittauksia voidaan tarkentaa vian aiheuttajalla. Vakiohylkysyiden kahden tason avulla data saadaan yhtenäistettyä ja sitä on helpompi tulkita ja hyödyntää. Hylkysyyt tuli kategorioida niin, että niitä ei ole liikaa, mutta että ne kattavat kaikki yleisimmät huonon tuotannon syyt, jotta sitä pystytään hyödyntämään.

Romutukseen menevien materiaalien määrät saatiin selville Kuusankoski Recycling-tilastoista. Kuusankoski hoitaa Äänekosken tehtaan jätteenkeräykset ja -kierrätykset.

Testauksen jälkeen selvisi, että kaikki laatukuittaukset eivät välttämättä pidä sisällään hukkaa, vaan syntyneet viat ovat joskus korjattavissa. Kuittaukseen täytettiin, kuten ohjeissa sanottiin, myös näiden kappaleiden lukumäärä. Eli todellisuudessa nämä kappaleet eivät joutuneet jäteastiaan ja kierrätykseen, vaikka ne hukkaan meneväksi romuksi L7:än kirjautuikin. Kuittausten yhteydessä oli myös paljon hyviä ideoita ja kommentteja, miten jotain asioita voitaisiin tehdä paremmin. Nämä kaksi asiaa huomioon ottaen, päädyimme lisäämään tapahtumalaji-kenttään kaksi lisävaihtoehtoa, romutuksen lisäksi; Kehitysehdotus ja Korjaus. Korjaus-merkintää tulee käyttää, jos on tapahtunut häiriö, mikä ei ole aiheuttanut ollenkaan romua, tai jos vialliset tuotteet on saatu korjattua. Häiriö kuitenkin aiheuttaa aina joko tuotannonkeskeytyksen

tai ylimääräisen työvaiheen korjauksen muodossa, joten nekin on hyvä saada tilastoitua. Kehitysehdotus-merkintää tulee käyttää, jos operaattori kokee, että työvaiheen/kappaleen valmistuksen voisi hoitaa jollain keinolla paremmin. Tämä toimii myös ”palautteenantokeinona”.

Datan visualisointiin löytyi ratkaisu suoraan Meconetin organisaatiosta. Microsoftin Power BI on muissa laadullisissa mittareissa käytetty työkalu ja sinne saa vietyä automaattisesti tiedot L7:stä. Tulokset saatiin visualisoitua sinne ja käyttöliittymä on helpokäyttöinen, mutta kuitenkin hyvin informaatorikas. Käyttöönotto tapahtui nopeasti ja ilman ongelmia.



Kuvio 20. Projektin vaiheet

7.1 Hukkatuotannon kategoriat

Hukkatuotannon kategoriat selvitettiin sisäisesti, hyödyntäen vuosien kokemusta alalta. Ensiksi saatiin aikaan neljä ykköstason virhettä, eli ”päävirhettä”. Alatasot kertovat, mistä operaattori eli virheen havaitsija olettaa havaitun vian johtuvan. Myös vapaan sanan, eli operaattoreiden kirjoittamat kommentit kertovat tarkentavaa tietoa, mutta alatasoilla juurisyyt saadaan niputettua paremmin ja saadaan hyödylli-

sempää dataa. Aina kuittaaja ei kuitenkaan voi tietää, mistä vika johtuu ilman tarkempaa tutkimusta, joten jätimme myös vaihtoehdon ”Ei tiedossa”. Jos ei tiedä, on parempi jättää se tyhjäksi, kuin lähteä arvaamaan. Ohjeistukseen luotiin selventävä taulukko, jossa näkyy jokaiseen kohtaan esimerkki (kuvio 21).

	Suunnittelu, Ohjelmointi	Työkalu, jigi	Kone, laite	Käyttö, käsittely	Materiaali	Ei tiedossa
Mittavirhe Osat eivät ole piirustuksessa määriteltyjen mittojen / toleranssien mukaisia.	Virhe laserohjelmassa.	Osa ei asetu oikein jigiiin.	Laserleikkauspää kierossa.	Valittu väärä ohjelma.	Osa ei asetu oikein jigiiin.	
Muotovirhe Materiaalin muovauksessa syntynyt visuaalinen poikkeama. Rypyt, repeämät, harventumat.	Väärät puristusarvot.	Työkalun pidätys puutteellinen.	Pursitin antaa väärän voiman.	Käytetty väärää liukkaria.	Materiaali vanhentunut.	
Pintavirhe Muut visuaalisesti havaittavat virheet. Lommot, naarmut, purseet.	Väärä leikkauskulma.	Työkalu kulunut.	Leikkaussäde väärin kohdistettu.	Osa väärin pakattu kuljetuksessa.	Materiaali ruostunut.	
Kokoonpanovirhe Osien liittämässä tapahtunut poikkeama. Hitsaus, niittaus, puristusovite.	Väärä sovite.	Hitsausjigi vääntynyt.	Hitsausvirta ei asetetun mukainen.	Osat asetettu virheellisesti jigiiin.	Liitettävä osa likainen.	

Kuvio 21. Hukkatuotannon kategoriat ja esimerkit.

7.2 Haastattelut

Tuotannonedustajien haastattelut suoritettiin syksyllä 2020. Haastatteluihin osallistui tuotannon edustajia ja esimiehiä ja haastattelu suoritettiin ryhmäkeskusteluna. Haastattelutilaisuuksia järjestettiin yhteensä kaksi ja osallistujat olivat näissä lähes samat. Haastatteluun osallistui 6-7 henkilöä per kerta. Haastattelun tuloksena saatiin määritettyä kuviossa 21 näkyvät vakiohylykysyyt.

7.3 Koulutus ja ohjeistus

Koulutus järjestettiin niin, että tuotannon esihenkilöille näytettiin kuittaamisen periaate ja he välittävät opin operaattoreille. Kuittauspäätteille tulostettiin kuvalliset ohjeet (liite 1). Tarvittaessa järjestetään lisäkoulutusta ja muistutuksia, jos kuittauksia

jää tekemättä tai niissä on jotain epäselvyyksiä. Myös uusille työntekijöille tulee kouluttaa kuittaaminen, mutta se tulee saada osaksi normaalia perehdyttämistä. Muutosten yhteydessä kuittauksen ohjeet on aina päivitetty sekä niistä on informoitu tuotannonvastaajia.

Koulutusta on järjestetty useampaan kertaan, ja niiden kesto on vaihdellut puolesta tunnista tuntiin. Kuittausympäristö ja L7 käyttöliittymä on jatkuvassa käytössä tuotannossa, joten perustoiminnot ovat kaikille tutut.

8 Tulokset

Salassa pidettävä.

9 Tulosten tarkastelu ja jatkotoimenpiteet

Salassa pidettävä.

10 Pohdinta

Työ lopputulos oli halutun mukainen. Järjestelmä on saatu ajettua sisään Äänekosken tehtaalle. Laatukuittausten kanssa on ajoittain ongelmia, koska kuittauksia jää ilmeisesti tekemättä. Tilanne on kuitenkin sama kaikkien kuittausten kanssa. Työ kehittyi sen edetessä, ja siihen saatiin paljon loistavia kehitysehdotuksia. Odotettavissa onkin, että laatukuittausprosessi kehittyy vielä tulevaisuudessakin.

Ongelmia tuotti prosessipaikkojen määrä. Ne oli juuri päivitetty L7:aan, ja työohjeistuksissa oli paljon päällekkäisyyksiä resurssien, eli havaintopaikkojen suhteen. Esimerkiksi yhdellä samalla laserilla on kaksi resurssipaikkaa, ja työkorteissa käytettiin vuoroin molempia. Laatukuittaukset ottavat resurssit suoraan työkortista. Tästä syystä Power BI:n näkymä on vielä ajoittain hieman epäluotettava, koska saman resurssin kuittaukset näkyivät kahdessa eri sarakkeessa. Tämä on kuitenkin korjattavissa, kun käy manuaalisesti vaihtamassa L7:ssä resurssiksi oikean havaintopaikan. Tämän kanssa työskennellään vielä ja se tulee varmasti olemaan tulevaisuudessa parempi, kunhan saadaan kaikki L7-resurssit yhtenäistettyä.

Lähteet

Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain vuonna 2019. 2020. Tilastokeskus. Viitattu 10.12.2020. https://www.stat.fi/til/tene/2019/tene_2019_2020-11-12_tie_001_fi.html.

Meconet. Yleisesite. Viitattu 22.11.2020. https://www.meconet.net/wp-content/uploads/2019/04/Meconet_esite_170x230_FIN_netti.pdf.

Meconet. Esite A4. Viitattu 22.11.2020. https://www.meconet.net/wp-content/uploads/2019/04/Meconet_esite_A4_suomi_netti.pdf

Meconet. 2020. Yrityksen www sivut. Viitattu 18.11.2020. <https://www.meconet.net/fi/>

Meconet Group –Syväveto. 2019. Yrityksen intra sivut.

Meconet Group –Yritysesittely. 2019. Yrityksen intra sivut.

Korhonen, A ja Larkiola, J. 2012. Ohutlevyjien muovauksen perusteet. Oulu: Oulun yliopisto teknillinen tiedekunta.

Janhunen, K. 2004. Alkuaine nro 13. 2. p. Helsinki; Teknologiateollisuus. Viitattu 24.1.2021. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/jasenet_ryhmat_alumiinituotteet_allu_13.pdf

Seavarsdottir, G. Kvande, H. Welch, B. 2019. Aluminum production in the times of climate change: The global challenge to reduce the carbon footprint and prevent carbon leakage.

Kivivuori, S. 2006. Levynmuovauksen menetelmät ja perusteet. Teknillinen korkeakoulu, Ohutlevy 2/2006. Viitattu 18.1.2021. <https://www.yumpu.com/fi/document/view/32491482/levynmuovauksen-menetelmat-ja-perusteet-ohutlevy>

Kauppinen, K. 2016. Hiilidioksidi ja kuitulaserin vertailu Kandidaatintyö, Oulun yliopisto. Konetekniikan koulutusohjelma. Oulun yliopisto. Viitattu 15.1.2021.

Kananen, J. 2015a. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 212. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2015b. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 202. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Metal Forming andbook. 1998. Germany.

Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 11/2001. Metalliteollisuuden Kustannus, Helsinki.

Mikä Power BI on?. 2021. Viitattu 11.4.2021. <https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>.

Kujanpää, V. Salminen, A. & Vihinen, J. 2005. Lasertyöstö. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Lyhyt oppimäärä ruostumattomasta ja haponkestävästä. Viitattu 30.4.2021. <https://arifin.fi/materiaalit/vene-19-bat-messut/>.

Ruostumattomien terästen vertailu – niiden erot ja käyttökohteet. 2019. Viitattu 30.4.2021. <https://www.flinkenberg.fi/ruostumattomien-terasten-vertailu/>

Teräskielen aakkoset – SSAB. Viitattu 1.5.2021. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/teraskielen-aakkoset>.

Teräskirja. 2014. 9. p. Metallinjalostajat. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja_flip/mobile/index.html#p=53.

Hirsijärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. 6.-9. painos. Helsinki: Tammi.

Pernaa, J. 2013. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Jyväskylä; PS-kustannus.

Mikä on toiminnanohjausjärjestelmä (ERP/PSA) ja miten hyödynnät sitä asiantuntijayrityksessä? Viitattu 28.4.2021. <https://psa.visma.fi/materiaalit/mika-on-toiminnanohjausjarjestelma/>

Sinkitysmenetelmät. 2015. Teräsrakenne. Viitattu 30.1.2021. http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/131/d52f66a/2015_01_Sinkitysmenetelmat.pdf

Kylmävalssattu teräs. GA. Viitattu 15.2.2021. <http://gaoy.fi/tuotteet/kylmavalssattu/>

Difference between hot rolled steel and cold rolled steel. 2014. Viitattu 15.2.2021 <https://www.metalsupermarkets.com/difference-between-hot-rolled-steel-and-cold-rolled-steel/>

Pareton periaate. Wikipedia. Viitattu 1.5.2021. https://fi.wikipedia.org/wiki/Pareton_periaate

Liitteet

Liite 1. Sisäinen ohje hukkatuotannon kuittaamiseen (salassa pidettävä)