



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PROSESSIJÄRJESTELMÄN KUVAUS

Henri Joela

Opinnäytetyö
Marraskuu 2018
Konetekniikka
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

JOELA, HENRI:
Prosessijärjestelmän kuvaus

Opinnäytetyö 83 sivua, joista liitteitä 40 sivua
Marraskuu 2018

Teollisuuden parissa kilpailu on kovaa. Lisää tuottavuutta, parempaa laatua sekä turvallisuutta vaaditaan nopeaan tahtiin. Ratkaisuja etsitään yhä monimutkaisempien järjestelmien parista, joiden toiminta tukeutuu tietotekniikkaan ja automaatioon. Kiihtyvän teknologisen kehityksen ja moninaisten elektronisten systeemien maailmassa on kokonaisuuksista helppo kadottaa järjestelmällisyys, loogisuus ja määrätietoisuus.

Tässä opinnäytetyössä tuotettiin prosessijärjestelmän kuvaus. Kuvaus kattaa kaksi Purso Oy:n pursotuslaitoksen puristinlinjaa materiaalivarastosta tuotteiden pakkaukseen. Kuvaus on yksinkertaistettu esitys koko prosessijärjestelmästä. Siinä kuvataan laitteiston toiminta, ohjaus ja tiedonkulku pääpiirteittäin. Purson käyttöön tuotettu dokumentti toteutettiin englanniksi ja opinnäytetyö suomeksi. Pursolle jäävä dokumentti on nimeltään ”Specification of Purso Extrusion Lines”.

Opinnäytetyötä varten kerättiin aineistoa tutkimalla manuaaleja, haastattelemalla Purson henkilökuntaa sekä tarkastelemalla laitteiston toimintaa. Aineisto ryhmiteltiin ja jaettiin järjestelmälliseksi kuvaukseksi puristinlinjoista, joka jalostettiin edelleen prosessikaavioiksi ja laitteistoarkkitehtuurikaavioiksi. Prosessijärjestelmän pääkohdista tehtiin selkeytetty ja yksinkertaistetut toiminnalliset kuvaukset. Sanallisten kuvausten yhteyteen luotiin laitteiden toimintaa havainnollistavia kuvia. Käyttöliittymistä muodostettiin kaaviot relaatioiden ja ohjausväylien hahmottamiseksi. Lopuksi pohdittiin prosessijärjestelmän kuvauksen merkitystä yritykselle, keinoja sen pitämiseksi ajan tasalla ja dokumentin kehittämistä eteenpäin tulevaisuudessa. Dokumentti todettiin onnistuneeksi ja se otettiin käyttöön heti valmistuessaan.

Asiasanat: ekstruusio, prosessijärjestelmä, laitteistoarkkitehtuuri, PLC, pursotus, automaatio, prosessi, alumiini

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical engineering
Machine Automation

JOELA HENRI:
Process System Description

Bachelor's thesis 83 pages, appendices 40 pages
November 2018

There is huge competitive rivalry in the industrial field. Productivity, quality and safety must be increased in a fast pace. Solutions for this are found within more and more complex systems, whose functions are relying on information technology and automation. In a world of increasing technology and complicated electric systems, it is easy to lose methodicalness, logicity and determination.

The objective of this thesis was to produce a specification of a process system. The specification includes two extrusion lines of Purso Oy, from material storage to packing area. The specification contains a simplified description of the whole process-system. It describes functionality, control and communication of the system. The specification document for Purso was made in the English, and the thesis in Finnish. The specification document was named "Specification of Purso Extrusion Lines".

Material for the thesis was collected by inspecting manuals, interviewing personnel of Purso and study the functionalities of the machines, controllers and interfaces. Material was grouped and sorted as a hierarchical overview of the extrusion lines. The overview was then converted to the process flow diagram and logical control architecture diagrams. Clarified and simplified descriptions of main process groups were written. Some illustrations were made to visualize functionality. The charts were made to visualize relations between HMI-panels and communication networks.

Afterwards the significance and results of the thesis were analyzed. It was evaluated how it helps process developing and automatization projects in the factory. Recommendations for keeping the document up to date were made. It was also considered how to develop the document in the future. The document was found to be successful and it was taken to use immediately.

Key words: extrusion, process system, device architecture, PLC, automation, process, aluminum

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TYÖN MÄÄRITTELY	9
	2.1. Ongelman asettelu ja lähtökohdat	9
	2.2. Ratkaisuehdotus	10
	2.3. Toteuttaminen	11
3	TYÖN TAUSTALLA OLEVA TEORIA	12
	3.1. Alumiini, Al	12
	3.2. Prosessi	12
	3.3. Järjestelmän osat	13
	3.3.1 Anturit	13
	3.3.2 Toimilaitteet	14
	3.3.3 Ohjelmoitavat logiikat.....	15
	3.3.4 Ohjausjärjestelmät.....	16
	3.3.5 Tiedonsiirtoverkot.....	17
	3.4. Automaatiojärjestelmä	18
	3.4.1 Tasot 1 ja 2 – Prosessin hallinta.....	18
	3.4.1 Taso 3 – Tuotannon hallinta.....	19
	3.4.2 Taso 4 – Liiketoiminnan hallinta	19
	3.5. Vastuullisuus ja sertifikaatit.....	20
	3.6. Laadunhallinta ja tuotannonseuranta	20
4	PROSESSIJÄRJESTELMÄN KUVAUKSEN LAATIMINEN	21
	4.1. Aineiston keruu	21
	4.2. Prosessijärjestelmän kuvaus	21
	4.3. Laitteistoarkkitehtuuri.....	23
	4.4. Käyttöliittymät	24
	4.5. Toiminnalliset kuvaukset.....	25
	4.5.1 Billettivarasto	25
	4.5.2 Billettipesuri, kaasuuuni ja kuumaleikkuri	27
	4.5.3 Induktiouuni	29
	4.5.4 Työkaluuuni ja työkalut.....	30
	4.5.5 Puristin	31
	4.5.6 SCADA	35
	4.5.7 Pulleri, pullerisaha ja jäähdytyslaitteet	35
	4.5.8 Vetokone, tuotantosaha ja romuleikkuri	37
	4.5.9 Vanhennusalue	38
	4.5.10 Pakkaamo	39

5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	40	
5.1.	Yhteenvedo	40	
5.2.	Kehitys	41	
5.3.	Pohdinta	41	
	LÄHTEET	43	
	LIITTEET	44	
	Liite 1. Specification of Purso Extrusion Lines	1 (40)	44

LYHENTEET JA TERMIT

ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjaus
HMI	Human-Machine Interface, käyttöliittymä
IBE	Induction Billet Heater, induktiouuni
MES	Manufacturing Execution System, valmistuksenohjaus
OEM	Original Equipment Manufacturer, alkuperäinen laitevalmistaja
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
PU1 ja PU3	Puristinlinjat 1 ja 3
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition, valvomo-ohjelmisto
SQL	Structured Query Language, kyselykieli relaatiotietokannoille

1 JOHDANTO

Purso on vuonna 1959 Nokian Siuroon perustettu alumiiniteollisuuden parissa toimiva perheyritys, joka työllistää noin 250 henkilöä. Purso toimii sekä kotimaassa että kansainvälisesti. Viennin osuus on 40 % luokkaa. Ikaalisissa on Purson oma sulatto, jossa prosessin sivutuotteena syntyvä alumiiniromu saadaan kierrätettyä takaisin käyttöön. Kaikki alumiinituotteet on mahdollista kierrättää niiden poistuessa käytöstä. Alumiini voidaan kierrättää 100 %. Liiketoiminnan sydämenä toimii Siuron tehtaan pursotuslaitos, joka tuottaa markkinoille noin 18 000 tonnia alumiinia vuodessa. Pursotuslaitoksen pursotuslinjat toimivat ympäri vuorokauden 3-vuorossa viitenä päivänä viikossa. Purso tuottaa alumiiniratkaisuja esimerkiksi rakennus- ja ajoneuvoteollisuuteen, elektroniikkateollisuuteen sekä valaistukseen. Pursolla on omia tuotteita rakennusjärjestelmien sekä valaistuksen saralla. Alumiiniprofiileista jatkojalostetaan myös komponentteja asiakkaiden tilausten mukaan. Purson kevytmetallipajalla onnistuu esimerkiksi taivutus, hitsaus, koneistus, sahaus ja lävistys (Purso Oy 2018.)

Pursolta on puuttunut selkeä ja helposti lähestyttävä kuvaus prosessin toiminnasta. Opinnäytetyönä päätettiin korjata tätä tilannetta. Nykypäivän automatisointiin liittyvät kehitystrendit ja yrityksen teknologisen linjan huomioon ottaen, voidaan todeta, että kuvaukselle on tarvetta nyt ja tulevaisuudessa. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa prosessijärjestelmän kuvaus Purso Oy:n käyttöön. Dokumentaatio kattaa selkokiehisen kuvauksen Purson pursotuslaitoksen laitteistosta, toiminnasta ja laitteiden välisestä tiedonkulusta. Lähtökohdaksi tähän opinnäytetyöhön otettiin pursotuslaitoksen ydinprosessi, eli käytössä olevat pursotuslinjat 1 ja 3. Linjat sisältävät valtaosan Purso Oy:n pursotuslaitoksen tämänhetkisestä automaatiojärjestelmästä. Koska järjestelmän ja laitteiden kehitystyössä toimivat osapuolet eivät ole läheskään aina pelkästään kotimaisia, toteutettiin prosessijärjestelmän kuvaus englanninkielisenä. Dokumentin nimeksi annettiin ”Specification of Purso Extrusion Lines”.

Toisessa luvussa käydään tarkemmin läpi toteutettavan työn lähtökohtia, tarkoitusta, ja suunnitelmaa, jonka pohjalta opinnäytetyötä alettiin toteuttaa. Kolmannessa luvussa on käsitelty yleisesti automaatio- ja järjestelmätekniikan teoriaa. Neljännessä luvussa käydään läpi opinnäytetyön ydinasia, eli prosessijärjestelmän kuvaus Purso Oy:n puristuslinjojen prosessista. Viidennessä luvussa esitellään yhteenveto tehdystä työstä sekä pohdi-

taan dokumentin käyttöä ja kehitystä tulevaisuudessa. Opinnäytetyön lopun liitteet-osi-
osta löytyy opinnäytetyönä Purso Oy:lle tuotettu Specification of Purso Extrusion Lines
-dokumentti kokonaisuudessaan.

2 TYÖN MÄÄRITTELY

2.1. Ongelman asettelu ja lähtökohdat

Nykypäivänä tehdastuotannon kiivas automatisointi on todellisuutta, jonka kelkasta teollisuusyritysten ei ole varaa jäädä jälkeen. Automaattioratkaisut ja teknologinen kehitystyö vaativat kuitenkin systemaattisuutta ja järjestelmällisyyttä, jotta uudet järjestelmät toimivat jatkossakin. Mikäli automaatiossa on puutteita, saattavat ne aiheuttaa riskejä, joista on seurauksia prosessilaitoksille ja pahimmillaan koko yhteiskunnalle. Ongelmaksi monimutkaisten järjestelmien nopeassa kehityksessä muodostuu ajan tasalla pysyminen alati muuttuvasta kokonaisuudesta ja sen lukemattomista rajapinnoista. Järjestelmältä vaadittavan laadun todentaminen tapahtuu kattavan dokumentoinnin kautta ja se tulee rakentaa järjestelmään alusta lähtien. (Laatu automaatiossa 2001, 95.) Tehtaiden laitteiston parissa toimivat henkilöt voivat vaihtua nopeillakin aikaväleillä. Uusien tai projektityöntekijöiden sisäänajo kestää aikansa. Pitkäaikaisempienkin työntekijöiden muisti on rajallinen ja kaiken tietäminen muuttuvista, monimutkaisista järjestelmistä ei ole ihmismielelle kerta kaikkiaan mahdollista. Kehitysprojekteja suunniteltaessa ja toteuttaessa esiselvitystyöhön kuluu paljon aikaa ja siitä aiheutuu henkilöstön kuormitusta. Selkeästi kootulla järjestelmän dokumentaatiolla näitä vaiheita voidaan huomattavasti helpottaa.

Järjestelmäkehittäjillä, -suunnittelijoilla ja -toimittajilla on oltava selkeä käsitys kohteen laitteistosta, vallitsevista järjestelmistä sekä niiden käytöstä ja relaatioista, jotta muutoksia voidaan lähteä järkevästi suunnittelemaan ja toteuttamaan. Suomen automaatioseuran julkaisussakin (Valvomo – suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2010, 20) todetaan rajapintojen ja järjestelmäintegraation olevan edelleen merkittäviä automaatiokehityksen haasteita. Teknologiaratkaisuja suunniteltaessa on otettava huomioon useita laitteiden ja laitevalmistajien rajapintoja teollisuusympäristöissä, jotka eivät välttämättä ole kaikille toimijoille entuudestaan tuttuja.

Pursolla suurin osa puristinlinjojen toimintaan ja ohjaukseen liittyvästä tiedosta oli saatavilla sirpaleittain kokemusperäisenä työntekijöiltä, erityisesti puristimien ajureilta, kunnossapidon henkilökunnalta sekä toimihenkilöiltä, kuten insinööreiltä ja esimiehiltä. Teknisempää tietoa laitteistosta oli luettavissa laitteiden mukana toimitetuista manuaaleista

suomeksi, englanniksi ja muilla kielillä. Tietoa puristuslinjojen toiminnasta löytyi hajanaisina muistiinpanoina, listoina ja suullisina kertomuksina sekä manuaaleina.

2.2. Ratkaisuehdotus

Projekteihin liittyvän esiselvitystyön on tarkoitus saattaa järjestelmän kanssa toimivat osapuolet tietoiseksi järjestelmästä ja laitteistosta, jonka kanssa ollaan tekemisissä. Kun esiselvitystyö on tehty kunnolla, voidaan säästää suuri osa siitä ajasta, joka kulutettaisiin yleiskuvan saamiseen sekä epäselvyyksien ja väärinymmärrysten oikomiseen. Näin päästään nopeammin kiinni itse asiaan ja voidaan helpommin tuottaa toimivia ratkaisuja. Esiselvitystyö helpottuu, kun on olemassa koottu, selkokielineen materiaali, eli prosessijärjestelmästä luotu kuvaus, jossa kerrotaan tiivistetysti tehtaan toiminnasta käytännön termin.

Prosessijärjestelmän kuvaus pitää sisällään prosessiautomaatiojärjestelmän kanssa toimimissa tarvittavat yleiset lähtötiedot. Se voi muodostua esimerkiksi virtauskaavioista, laiteluetteloista ja sanallisista toimintaselostuksista. (Valvomo – suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2010, 11). Sen tarkoitus on saattaa eri osapuolet puhumaan yhteistä kieltä ja hahmottamaan laitteiston toiminta yleisesti. Järjestelmän kuvauksen monikäyttöisyyden varmistamiseksi se tuotetaan englanninkielisenä.

Pursotuslinjojen prosessi jäsennellään ja ryhmitellään, jotta laitteiston eri osakokonaisuuksien lähestyminen helpottuu. Ryhmittely toimii prosessikuvauksen selkärankana. Prosessin eri vaiheet ja toiminnot selvitetään ja kerrotaan sanallisesti. Pääkohdat kootaan ytimekkäiksi selkokielisiksi kuvauksiksi. Mikäli on tarvetta, kuvataan toiminnallisuutta myös visualisoinnin keinoin. Kuvauksissa kerrotaan oleelliset asiat selkeästi mutta ei pureuduta pitkällisesti yksittäisten laitteiden toiminnan yksityiskohtiin. Prosessin ja laitteiden terminologiaan kiinnitetään erityistä huomiota. Laitteiston hallinta lattiatasolla selvitetään. Hallintalaitteistojen ja laitteiden väliset tiedonsiirtoväylät kartoitetaan. Järjestelmän kuvauksen kannalta olennaisia asioita ovat myös prosessitoimenpiteiden ja materiaalin jäljitettävyyteen, tuotannonsuunnitteluun ja laatuun liittyvät asiat.

2.3. Toteuttaminen

Prosessijärjestelmän kuvaus rajataan kattamaan pursotuslaitoksen käytössä olevat puristinlinjat 1 ja 3 (taulukko 1). Puristuslinjaa 2 ei Purso Oy:ssä enää ole. Puristinlinjat poikkeavat toisistaan sekä laitteistonsa että toimintansa osalta. Lopputuote molemmilta linjoilta on laadukas alumiiniprofiili. Molemmat puristinlinjat ovat suurelta osin automatisoituja.

Puristinlinjojen toimintaympäristössä on myös muita laitteita, kuten esimerkiksi harja-, hioma- ja rullauskoneet. Nämä laitteet eivät ole tällä hetkellä kytkettyinä automaatiojärjestelmään, joten niitä ei tässä yhteydessä käsitellä. Myöskään pursotuslaitoksen ulkopuolisia yksiköitä ja niihin liittyviä automaatiojärjestelmiä ei sisällytetä tähän opinnäytetyöhön. Opinnäytetyön ulkopuolelle on rajattu myös prosessilaitteiston turva-automaatio.

TAULUKKO 1. Puristinlinjojen tunnusarvot (Purso Oy 2018)

Puristin	Voima	Billetin koko
PU1	27 MN	8''
PU3	35 MN	9''

Prosessijärjestelmän kuvaus toteutetaan seuraavasti: prosessista tehdään prosessikaavio, jonka jakoa käytetään pohjana sanallisille toiminnallisille kuvauksille. Osaprosessien laitteisto, laitteiston toimittaja, laitteiston käyttöliittymä sekä protokolla taulukoidaan toiminnallisten kuvausten yhteyteen. Laitteistoarkkitehtuuri kuvataan puristinlinjakohtaisella PLC-kaaviolla. Laitteistojen käyttöliittymistä sekä tiedonsiirtoväylistä kootaan HMI-kaaviot.

3 TYÖN TAUSTALLA OLEVA TEORIA

3.1. Alumiini, Al

Alumiini on kolmanneksi yleisin alkuaine ja yleisin metalli. Alumiinin käytettävyys perustuu sen keveyteen, lujuuteen sekä melko hyvään korroosionkestävyyteen. Seostus magnesiumilla ja piillä vaikuttaa parantavasti seoksen lujuusominaisuuksiin, pinnanlaatuun ja pursotettavuuteen. Alumiinin sulamislämpötila on 660 °C. Alumiinin tiheys on 2,7 g/cm³. Koska alumiinin tiheys on alle 5 g/cm³, se määritellään kevytmetalliksi. Hilarakenteeltaan alumiini on pintakeskinen kuutio. (Koivisto, Laitinen, Niinimäki, Tiainen, Tiilikka & Tuomikoski 2001, 163–165.)

Pursolla pursotetaan profiileiksi 6000-sarjan alumiineja. Näillä seoksilla on hyvä hitsattavuus sekä korroosiokestävyys ja ne ovat anodisoitavissa. Osa alumiinibilletteistä tuodaan maailmalta ja osa Purson omasta sulatosta Ikaalisista. Pursolla jätepalat lajitellaan seoksen mukaan ja kuljetetaan Ikaalisten sulatolle, jonka kautta materiaali palaa jälleen uusina billetteinä prosessiin. Magnesiumia ja piitä seokseen lisäämällä saadaan alumiinista kovempaa. Alumiinin syöpymiskestävyyttä voidaan parantaa anodisoimalla, jolloin alumiinin pintaan muodostetaan sähkökemiallisesti suojaava oksidikerros. Mekaanista ja kemiallista kestävyyttä voidaan lisätä myös pulverimaalaamalla. Purson tehtaalla on sekä anodisointilaitos että maalaamo (Purso Oy 2018.)

3.2. Prosessi

Prosessin voidaan määritellä olevan tiettyihin resursseihin liittyvä toimintosarja, joka muuttaa panokset tuotoksiksi (Laatu automaatiassa 2001, 111). Pursotus on plastista muodonmuutosta, jossa metallipanos pakotetaan paineen avulla työntymään suulakkeen reiän läpi tietyn muotoiseksi profiiliksi. Pursotusprosessista voidaan käyttää myös nimitystä metallin suulakepuristus eli ekstruusio (Saha 2000, 6–7.) Purson prosessissa pursotettava panos on tangon muotoinen alumiinivalanne eli billetti. Yleensä puristusmaailmassa pitkää valannetta kutsutaan nimellä ”log” ja pätkittyä, puristimen pesään sopivaa panosta nimellä ”billet”. Pursolla nämä molemmat kulkevat yleisesti nimellä ”billetti”.

Prosessijärjestelmä on ”prosessilaitteista ja niiden ohjauksista muodostuva järjestelmä, jossa ja jonka avulla prosessi suoritetaan” (Laatu automaatiassa 2001, 111). Puriston puristuslaitteisto on prosessijärjestelmä, jonka tarkoituksena on puristaa alumiinibilletistä paineen ja lämmön avulla halutun muotoinen alumiiniprofiili. Pursotuslinja on pitkälti automatisoitu ja sen eri osat kommunikoivat toistensa kanssa verkossa, joten se on siis myös automaatiojärjestelmä.

3.3. Järjestelmän osat

Järjestelmä on laitteista, ihmisistä ja ohjelmista muodostuva kokonaisuus, joka suorittaa määriteltyjä toimintoja määritellyn tavoitteen saavuttamiseksi. Järjestelmäkokonaisuus voidaan jakaa myös pienempiin osajärjestelmiin. (Laatu automaatiassa 2001, 105.) Puristuslinjojen järjestelmä koostuu useista yhteen liitetyistä laitteista, ohjaus- ja seuranta-järjestelmistä, ajureista eli operaattoreista sekä muista prosessin ympärillä toimivista henkilöistä. Kaikkien järjestelmän osien on toimittava saumattomasti yhteen, jotta prosessi saadaan pidettyä tehokkaasti ja kannattavasti yllä. Järjestelmän laitteista muodostuu tarkasteltaessa loogiset osakokonaisuudet. Kun järjestelmän osat on jäsennelty, voidaan niistä muodostaa looginen prosessikaavio.

3.3.1 Anturit

Anturit mittaavat tietoja prosessin tilasta. Anturit ovat osa ohjausjärjestelmää, jossa niiden välittämiä tietoja suureista voidaan käsitellä prosessin ohjaamiseksi ja säätämiseksi. Anturien lähettämät signaalit ovat muodoltaan joko analogisia tai digitaalisia. Signaalin muotoa voidaan kuitenkin myös muuttaa matkan varrella. Signaalitieto johdetaan logiikan sisääntulokanavaan, josta se välittyy prosessorille. Anturien olennaisimpia ominaisuuksia ovat tarkkuus, luotettavuus, reaktionopeus, herkkyys, kytkentätaajuus ja tunnistuskyky. (Bocksnick 1991, 33–74.)



KUVA 1. Billettivarastossa käytetty induktiivinen anturi

Purson puristuslinjat ovat pitkälle automatisoituja ja niiden aistineliminä käytössä on monenlaisia antureita. Induktiiviset anturit ja valoverhot havaitsevat kappaleiden liikkeitä linjoilla. Rajakytkimet kertovat liikkuvien osien tiloista. Vetovaijeriantureita käytetään liikkuvien osien paikan määrittämisessä ja kappaleiden mitoituksessa. Käytännön esimerkkinä anturien käytöstä voidaan ottaa billettivarasto, jonka tasoille alumiinibilletit varastoidaan ketjukuljettimelle. Induktiiviset anturit (kuva 1) havaitsevat ketjun hampaita ja ohjelmoitava logiikka laskee tästä tiedosta, paljonko ketjua tulee pyörittää, jotta haluttu billetti on käytettävissä oikealla hyllypaikalla. Myös turvallisuus tehtaalla vaatii antureiden käyttöä. Esimerkiksi valoverhoja käytetään tunnistamaan liikettä koneen vaara-alueilla ja turvaovien magneettiantureita havaitsemaan henkilön saapumista vaara-alueelle.

3.3.2 Toimilaitteet

Toimilaitteet suorittavat prosessin vaatimia toimintoja, kuten pyöritystä tai työntöä. Prosessori lähettää tarvittavat tulossignaalit toimilaitteille, nämä ohjaussignaalit ohjaavat toimilaitteiden toiminnan ajoitusta ja voimaa. Toimilaitteiden energia voi olla hydraulista, pneumaattista tai sähköistä. (Bocksnick 1991, 79–121.)

Puristinlinjat ovat täynnä toimilaitteita kuten sylintereitä, moottoreita ja venttiileitä. Toimilaitteet suorittavat tehtäviä ohjauslogiikan antamien käskyjen perusteella. Erilaisista toimilaitteista koostuvien linjojen avulla saadaan billettit siirrettyä varastosta puristimelle

pätkittyinä, pestyinä, lämmitettyinä ja voideltuina. Tämä kaikki tapahtuu ilman, että käyttäjän tarvitsee itse lainkaan koskea billetteihin. Esimerkiksi billettivaraston ketjuja pyörittävät moottorit ovat toimilaitteita (kuva 2). Puristuslinjan toimilaitteet vaihtelevat pienistä järeisiin, kuten suureen päämäntään, joka stemmin ja puskupalan avulla puristaa alumiinibilletin työkalun läpi profiiliksi.



KUVA 2. Ketjuja pyörittävä moottori

3.3.3 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitavat logiikat eli PLC:t (kuva 3) ovat tulleet teollisuuteen 1970-luvulla korvaamaan sähköisiä relekytkentöjä. PLC:n etuihin kuuluu helppo uudelleenohjelmoitavuus, joka mahdollistaa sen, että koko johdotusta ei ole tarvetta uusien järjestelmän toimintaan tehtävien muutosten yhteydessä. Antureilta saatavat tulosiinaalit viedään tuloliitäntöjen kautta logiikan prosessorille, joka käsittelee ne ja ohjaa lähtösignaaleja, joilla ohjataan edelleen toimilaitteita. PLC:t voivat käyttää muita toimintoja kuten laskureita ja ajastimia sekä sisäisiä välimuistipaikkoja. Loogisen ohjelmoinnin kolme perustoimintoa ovat JA, TAI ja EI (AND, OR, NOT). Monimutkaisetkin toiminnot koostuvat lopulta näiden kolmen perustoiminnon yhdistelmästä. (Bocksnick 1991, 214–235.)

Jos puristuslinjoja tarkastellaan ohjelmoitavien logiikkojen kautta, voidaan puristuslinjat jakaa niiden hallinta-alueiden mukaisiin osiin. Näiden osien välillä on rajapintoja, joissa logiikat keskustelelevat keskenään ja vaihtavat tietojään kenttävyliä pitkin. Ohjelmoitavat logiikat ovat edelleen yhteydessä tietokoneisiin sekä verkon kautta järjestelmän ylempiin järjestelmiin kuten SCADA:an ja MES:iin.



KUVA 3. Rockwell ControlLogix PLC (Rockwell Automation 2018)

3.3.4 Ohjausjärjestelmät

Ohjausjärjestelmän tehtäviä ovat prosessin tilan määrittäminen, sen tietojen kuvaaminen sekä tietojen muuttaminen käsittelyn perusteella. Tila määritetään antureiden antamalla signaaleilla, jotka kuljetetaan kenttäväylää pitkin ohjelmoitaville logiikoille ja muunnetaan sopivaan, luettavaan muotoon. Logiikan prosessori käsittelee signaalit ohjelman mukaisesti ja lähettää tarvittavat signaalit edelleen toimilaitteille. Automaattioratkaisuissa prosessorit ovat kytkettyinä toisiinsa verkkojärjestelmien avulla. Ohjausjärjestelmää käytetään sen käyttöliittymän, eli HMI:n avulla. (Bocksnick 1991, 16–22.)

Puristuslinjojen eri osissa on käytössä monia eri käyttöliittymiä (kuva 4), joiden kautta tietoa välitetään PLC:ille, jotka ohjaavat sen perusteella toimilaitteita. Esimerkiksi induktiouuneilla on omat käyttöliittymänsä ajuripaneeleissa, mutta toisaalta niitä voidaan ohjata myös koko puristuslinjaa ohjaavan ylemmän järjestelmän kautta.

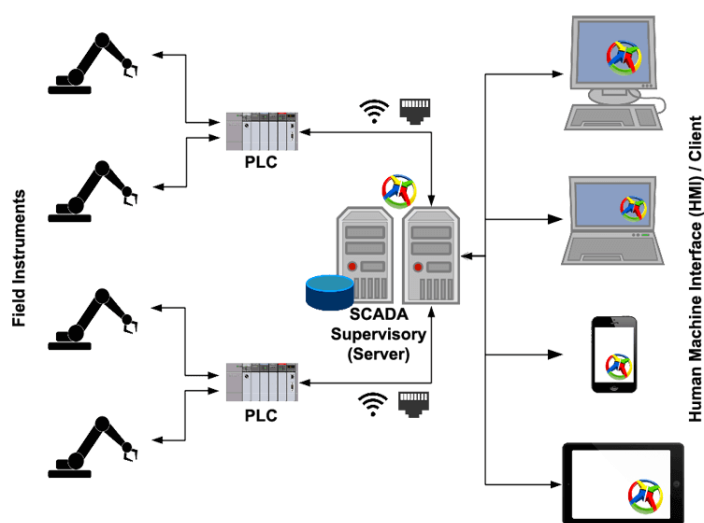


KUVA 4. Puristinlinjan käyttöliittymiä

3.3.5 Tiedonsiirtoverkot

Ohjausjärjestelmät voivat olla linkitettyjä, jotta ne pystyvät siirtämään tietoa keskenään. Linkkien välillä on tietokoneita, jotka on yhdistetty verkoksi (kuva 5). Verkossa tiedot varastoidaan tietokantoihin. Tietokanta pitää sisällään suuria määriä yhteenkuuluvaa, tallennettua tietoa. Tietokantoja hallinnoidaan monimutkaisilla tietokannan hallintajärjestelmillä, kuten Microsoft SQL Server. Tietokannan käsittely onnistuu tietokantakielellä kuten SQL. Nykyaikaiset nopeat ja toimivat tiedonhallintajärjestelmät ovat yleisimmin SQL-pohjaisia relaatiotietokantoja, mutta toisaalta on mahdollista käyttää myös esimerkiksi aikasarjakantoja, jotka soveltuvat tehtävään paremmin, kun tietoa pitää tallettaa hyvin nopeaan tahtiin. Tietokantojen tarkoitus on tarjota muutosjoustavuutta, tietoeheyttä, suorituskykyä ja sovellusohjelmien helpottamista. (Tietokantojen suunnittelu & indeksointi, 4).

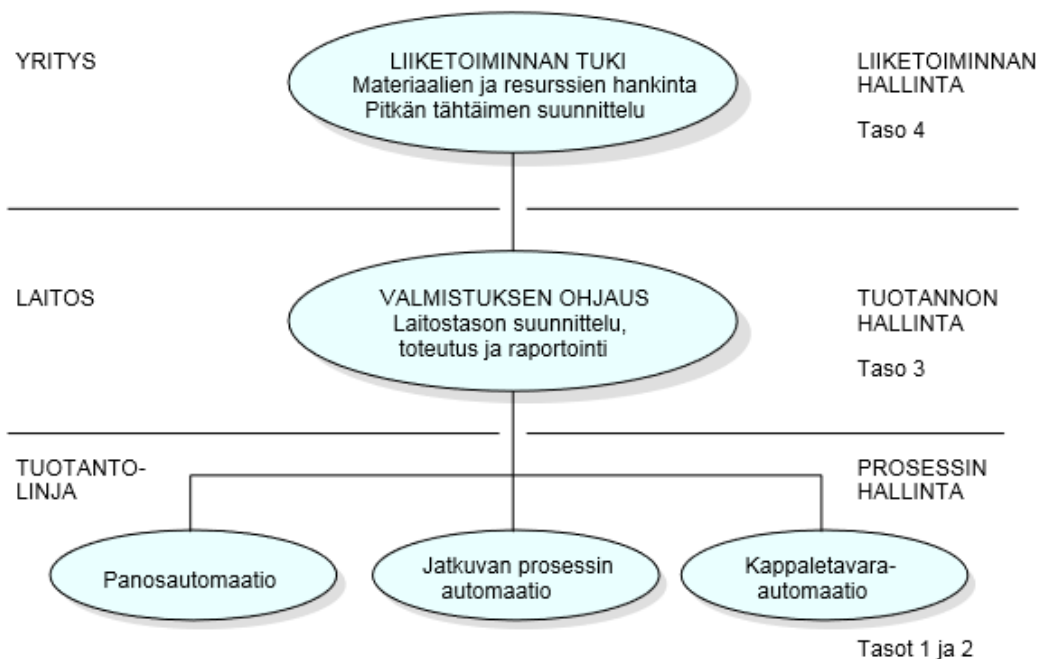
Tietokannat voivat olla paikallisesti vain ohjausjärjestelmien omassa käytössä tai sijoitettuna palvelimille verkkoon josta tiedot ovat noudettavissa muiden järjestelmien, kuten ERP:n tarpeisiin. Toisaalta muut järjestelmät kuten MES ja ERP voivat syöttää verkon kautta tietoja tietokantoihin vaikka tulevaisuudessa tehtävistä töistä. Esimerkiksi Purson SCADA-järjestelmä, Progrex, käyttää omia kantojaan ohjelman sisäisiin tarpeisiin prosessin aikana ja välrikantoja tiedon välitykseen edelleen muiden järjestelmän osien tarpeisiin. Kuvassa 5 on kuvattuna yleistä SCADA-järjestelmän arkkitehtuuria.



KUVA 5. SCADA-järjestelmän arkkitehtuuri (Ecava 2018)

3.4. Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmä on teknologinen järjestelmä, joka hallitsee prosessijärjestelmää. Se muodostuu automaatiolaitteista, ohjauksjärjestelmistä ja ohjelmista, jotka ovat useimmiten erilaisista kaupallisista automaatiotuotteista, valvomolaitteista sekä antureista ja toimilaitteista koottu kokonaisuus. Tietotekniikan ja automaation raja on häilyvä sillä nykypäivän automaatiotratkaisut integroituvat suurilta osin osaksi yrityksen tietojärjestelmää. Automaatiojärjestelmässä tiedonsiirtoverkolla toisiinsa kytketyt osajärjestelmät ovat yhdistyneet toiminnalliseksi arkkitehtuuriksi. Useimmiten järjestelmää kuvataan asettamalla sen osat eri tasoille ISA:n, eli International Society for Measurement and Controlin käyttämien jäsenysten mukaisesti (kuva 6). ISA käyttää jäsentelyssään neljää tasoa. Tasolta neljä löytyvät yrityksen toimintoja edustavat järjestelmät. Tasolta kolme tuotannon hallinta. Tasoilla kaksi ja yksi ovat perusautomaation ja suojauksen järjestelmät. (Laatu automaatiossa 2001, 220.)



KUVA 6. Prosessilaitoksen hierarkiatasoja (Laatu automaatiossa, 2001)

3.4.1 Tasot 1 ja 2 – Prosessin hallinta

Näillä tasoilla ovat varsinaiset perusautomaation laitteet ja järjestelmät kuten PLC:t, HMI:t sekä niiden ohjaus. Hieman ylempänä ovat valvontajärjestelmät kuten SCADA.

Näillä tasoilla tapahtuu asetuskorttien eli reseptien hallinta, tuotannon suunnittelu, ajoitus, panostuotannon hallinta ja prosessiyksikön kokonaisohjaus. Näiden toimintojen alapuolella on vielä turvallisuusohjaukset. Perusautomaatioon kuuluvat siis kaikki reaaliaikaisen prosessin hallintaan liittyvät järjestelmät.

Pursolla puristimia ohjaa SCADA järjestelmä nimeltä Progrex. Progrex on puristimien alkuperäisen ohjauksen rinnalle rakennettu hallinta ja seurantajärjestelmä. Progrex tukee ajureiden työskentelyä esittämällä ja analysoimalla prosessin dataa ja varastoimalla hyvin toimineet ajoarvot resepteiksi, joita voidaan käyttää tulevaisuudessa (Princip 2018.)

3.4.1 Taso 3 – Tuotannon hallinta

Tason kolme tuotannonhallintajärjestelmistä käytetään teollisuudessa termiä MES. Tämän tason järjestelmät toimivat prosessin ohjauksen, suunnittelun ja seurannan välissä. Niitä käytetään tuotantolaitoksen tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi. Tason 3 järjestelmän määritelmän täyttääkseen tulee järjestelmän toimintojen olla laitoksen luotettavuuden sekä viranomaismääritysten kannalta tärkeitä. Toimintojen tulee liittyä tuotantovaiheeseen, eikä laitoksen suunnitteluun ja rakentamiseen. Järjestelmän käsittelemien tietojen tulee lisäksi olla operaattoreille tarpeellisia. MES:n toimintoihin voi kuulua esimerkiksi resurssien hallintaa, valmistuksen ajoitusta ja ohjausta, prosessin hallintaa, tiedonkeruuta, tuotteiden seurantaa, laadunhallintaa, henkilöstöresurssien hallintaa, teknisen informaation hallintaa, suorituskyvyn seurantaa sekä kunnossapitoa. (Laatu automaatiossa 2001, 222.)

3.4.2 Taso 4 – Liiketoiminnan hallinta

Toiminnanohjausjärjestelmällä eli ERP:llä hallinnoidaan materiaalien tarpeita sekä tilauskantaa. ERP:in tietojen pohjalta suunnitellaan MES:in työjonot ja vaadittavat henkilöresurssit. Järjestelmät toimivat kaksisuuntaisesti niin, että ne voivat joustaa ja sopeutua tilanteeseen muutoksien mukaan.

Pursolla on käytössä CGI:n tarjoama ERP-järjestelmä Powered. ERP:in kautta tilaukseen liittyvät tiedot välittyvät SCADA järjestelmään. SCADA puolestaan siirtää ERP:iin tietoa

resurssien käytöstä, tuotannosta, seisokeista, häiriöistä, työntekijöistä ynnä muusta tilaukseen liittyvistä asioista.

3.5. Vastuullisuus ja sertifikaatit

Purson kaikkia toimintoja ohjaavat käytössä olevat sertifioidut ISO 9001:2015 -laadunhallintajärjestelmä sekä ISO 14001:2015 -ympäristöjärjestelmä. Tehtaan automaatiojärjestelmän ja laadunhallintajärjestelmän toiminta tukevat toisiaan. Automaatiojärjestelmä tuottaa laatuajantarkastukselle analysoitavaa dataa ja laatuajantarkastus kehittää prosessijärjestelmää tavoitteiden ja vaatimusten saavuttamiseksi. Ympäristöjärjestelmän tarkoituksena on tuottaa yrityksen toimet kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti ja keventää Purson aiheuttamaa ympäristökuormitusta (Purso Oy 2018.)

3.6. Laadunhallinta ja tuotannonseuranta

Päivittäinen tuotannonseuranta Pursolla tapahtuu tuotannonjohdon ja laadunhallinnan toimesta. ERP-järjestelmän sekä reseptihallintaohjelmiston kautta nähdään hyvinkin tarkkoja tietoja prosessin kulusta. Kerätyn datan perusteella tuotetaan johdolle ja esimiehille trendikäyrät, joiden perusteella tuotannon suuntaa voidaan tutkia eri näkökulmista. Esimerkiksi tietyn ajanjakson netto- ja bruttokiloja voidaan verrata tai toimitettuja kilomääriä voidaan tarkastella rinnan romutusmäärien ja niille kirjattujen syiden kanssa. Jos laitteiden toimintaa halutaan tutkia, voidaan käytettyjä asetusarvoja verrata anturien välittämiin toteutuneisiin arvoihin.

4 PROSESSIJÄRJESTELMÄN KUVAUKSEN LAATIMINEN

4.1. Aineiston keruu

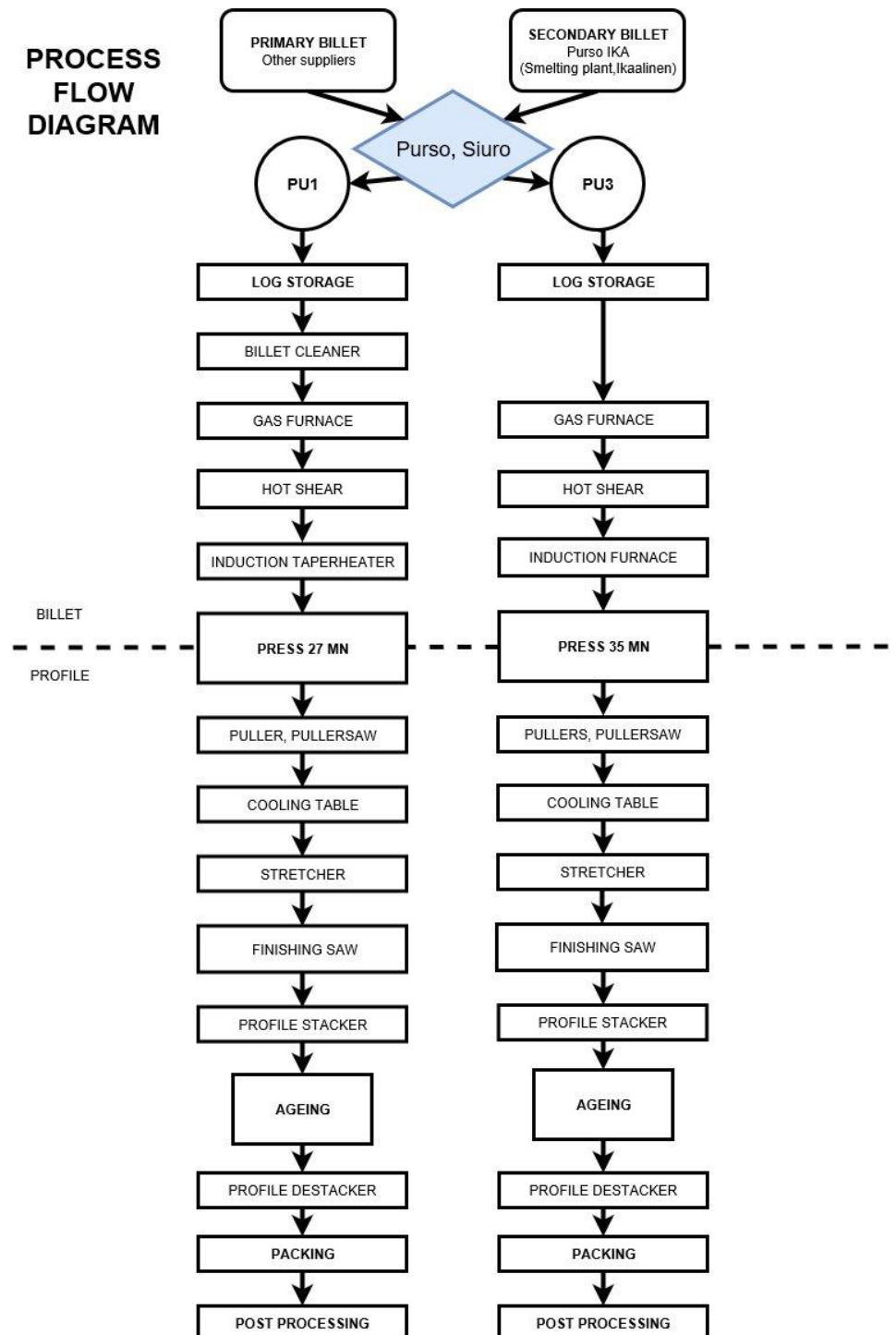
Ensin selvitettiin, kuinka puristuslaitoksella jäsennellään puristuslinjojen laitteisto niin, että se voidaan loogisesti esittää ulkopuoliselle tarkastelijalle. Puristuslinjojen järjestelmän kuvauksen lähtökohdaksi otettiin ISA:n järjestelmän tasojen 1–2 esittäminen eri näkökulmista, sekä niiden olennaisimmat yhteydet tasoihin 3 ja 4. Prosessivirran, eli panoksen matkan laitteiston läpi tuotteeksi, selvittämiseksi tarkasteltiin linjan toimintaa ja haastateltiin työntekijöitä. Eri osastojen, kuten kunnossapidon ja tuotannon edustajien kanssa selvitettiin laitteiston osia, tehtaalla käytössä olevaa terminologiaa ja laiteosakokonaisuuksien jakoa eri näkökulmista.

Kun yleiskuva laitteiston toiminnasta oli saatu selvitettyä, siirryttiin haastattelemaan tehtaan teknisestä laitteistosta vastaavia insinöörejä, jotta kuvaa laitekokonaisuuksien sekä yksittäisten laitteiden toiminnasta saatiin tarkennettua. Toiminnan selvittämistä jatkettiin laitetoimittajien manuaaleja ja muita dokumentteja apuna käyttäen sekä laitteiston toimintaa tarkkaillen. Laitteiden toiminnan hahmottuessa kerättiin ajureilta sekä muilta työntekijöiltä tietoa käyttöliittymistä, joiden kautta niiden ohjaus tapahtuu. Tässä vaiheessa myös työntekijöiden tarkempi päivittäinen perustoiminta-alue tehtaalla selvitetiin. Käyttöliittymien käyttämät väylät ja tarkemmat tiedot laitteiden ohjaussuhteista saatiin automaatiosta vastaavia henkilöitä haastatteleamalla. Laitteiden välisten yhteyksien selvittäminen, sekä ylempien järjestelmien selvittäminen vaati myös tietojärjestelmän ja tietokantojen tutkintaa saatavilla olevin SQL-apuvälinein, sekä automaatio- ja atk-puolen henkilöstön haastatteluja. Joihinkin osajärjestelmien ulkomaisiin toimittajiin oltiin myös yhteydessä tarkemman toimintakuvausten muodostamiseksi.

4.2. Prosessijärjestelmän kuvaus

Kerätyn aineiston pohjalta luotiin Purson käyttöön englanninkielinen Specification of Purso Extrusion Lines -dokumentti (liite 1). Järjestelmän kuvauksesta selviää perustiedot järjestelmästä, jonka varassa pursotuslinjat pyörivät ja toiminnot, joita ne toimintaympäristössään toteuttavat.

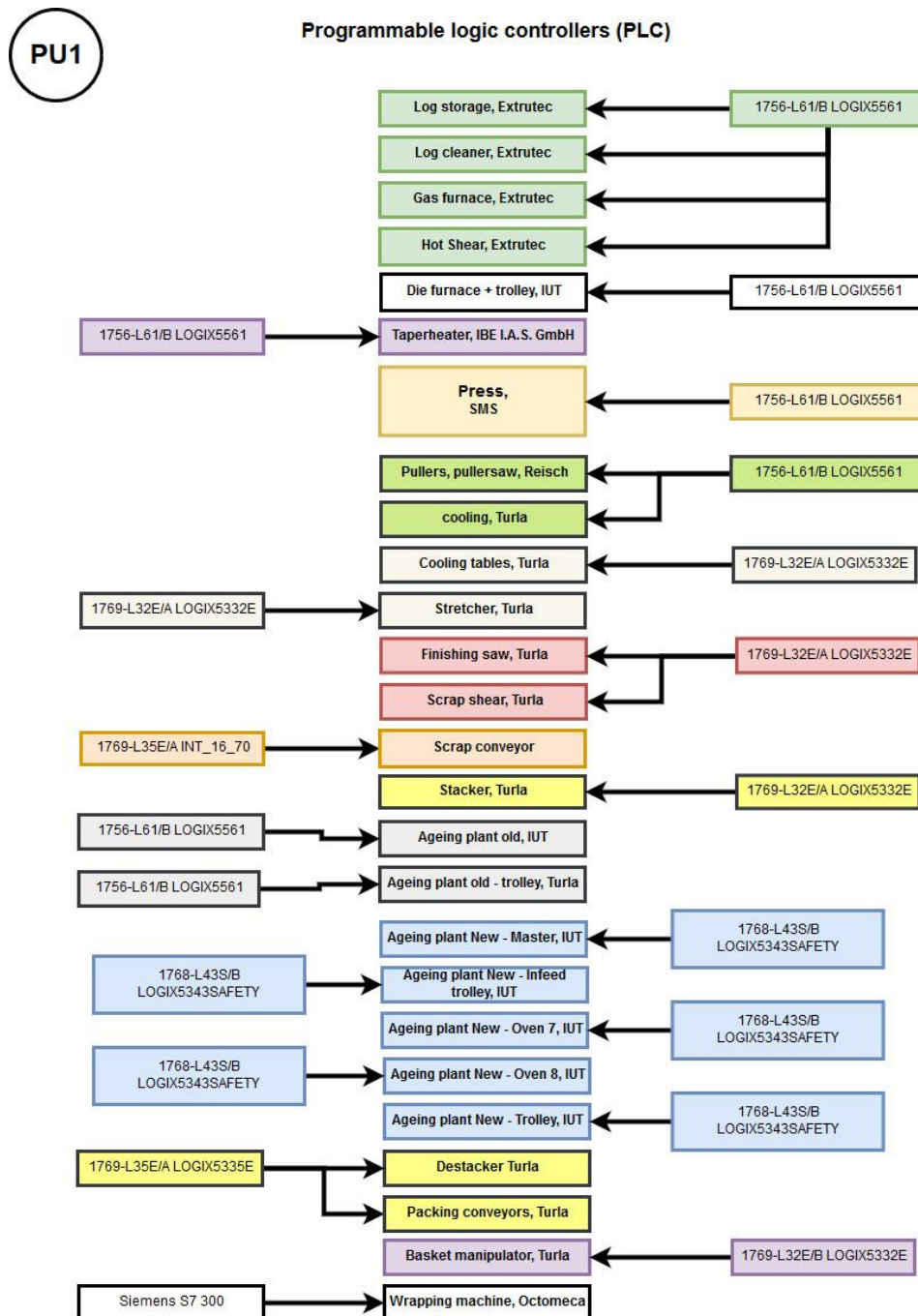
Prosessikaaviossa (kuvio 1) on kuvattuna materiaalivirtojen kulku prosessin läpi billetti-varastolta pakkaukseen. PLC-kaaviot kertovat linjojen laitteistoarkkitehtuurin. HMI-kaavioissa on kuvattuna laitteiden käyttöliittymien ohjaussuhteet sekä käytetyt tiedonsiirtoväylät. Tiedot laitekokonaisuuksista ja niiden toimittajista löytyvät myös taulukoituina toiminnallisten kuvausten yhteydestä. Kaavioiden piirtämiseen käytettiin ilmaiseksi käyttöön saatavaa draw.io-ohjelmaa.



KUVIO 1. Prosessikaavio

4.3. Laitteistoarkkitehtuuri

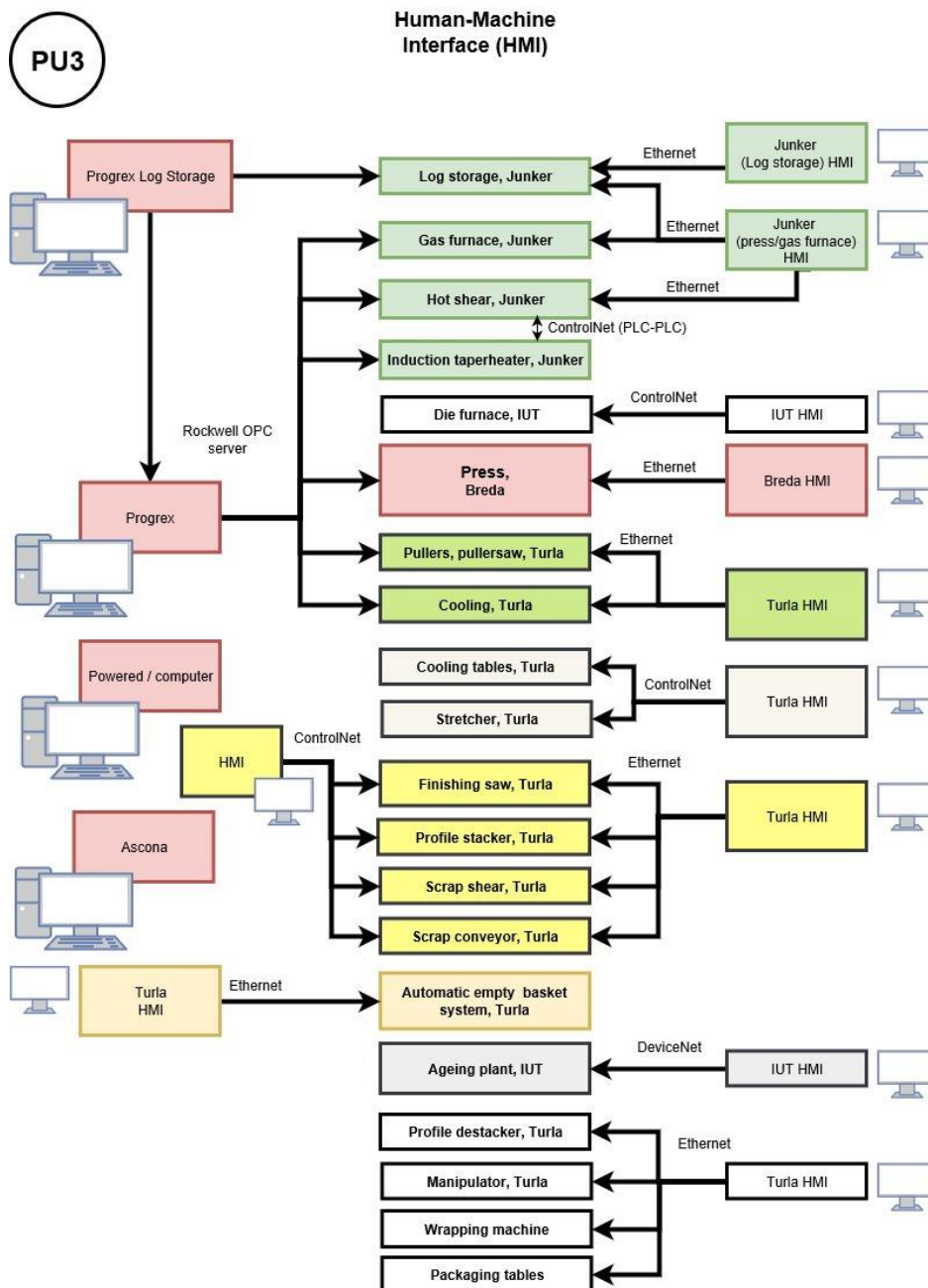
Laitteistoarkkitehtuuria selventämään tehtiin kuvion 2 mukaiset PLC-kaaviot molemmista puristuslinjoista. Kaavioista selviää kutakin laitekokonaisuutta ohjaava ohjelmoitava logiikka. Saman logiikan takaa löytyviä laitekokonaisuuksia on pyritty havainnollistamaan värein.



KUVIO 2. PLC-kaavio, PU1

4.4. Käyttöliittymät

PLC:iden toimintaa ohjataan eri käyttöliittymien kautta. Yhdellä laitekokonaisuudella saattaa olla useitakin eri käyttöliittymiä. Käyttöliittymät siirtävät tiedon eteenpäin laitteille jotakin tiedonsiirtoväylää käyttäen. Automaatiotekniikassa on käytössä useita eri tiedonsiirtoprotokollia ja Purson laitteistossakin niitä on käytössä useita. Laitteita ohjaavista käyttöliittymistä sekä niiden käyttämistä protokollista koottiin kuvion 3 mukaiset HMI-kaaviot, joista näitä ohjaussuhteita voidaan tarkastella.



KUVIO 3. HMI-kaavio

4.5. Toiminnalliset kuvaukset

Toiminnalliset kuvaukset esittelevät käyttäjävaatimusten määrittämän laitteiston ja järjestelmän tarjoamat toiminnot sanallisesti. Toiminnalliset kuvaukset esittelevät osalaitteiston toiminnot osana järjestelmää. Kovin yksityiskohtaisen selvityksen tekeminen jokaisen laitteen sisäisestä toiminnasta ei ole tässä yhteydessä tarpeellista. Tarkoitus on saada yleiskuva järjestelmän toiminnasta. Lukuarvot ovat suuntaa-antavia. Vuorovaikutus muiden järjestelmän laitteiden kanssa pyritään kuvaamaan mahdollisimman selkeästi. Yhdessä laitekokonaisuudessa saattaa olla monen eri laitetoimittajan laitteita. Laitteistoarkkitehtuuria on selkeytetty taulukoimalla toiminnallisen kuvauksen alkuun laitteiden toimittajat, käyttöliittymät (HMI) sekä protokollat.

Purson puristusjärjestelmän osat jaettiin taulukon 2 osoittamalla tavalla. Kappaleissa 4.5.1–4.5.10 esitellään lyhyesti prosessilinjan osakokonaisuudet. Tarkempi toiminnallinen kuvaus laitekokonaisuuksista löytyy liitteestä 1.

TAULUKKO 2. Prosessilinjan osakokonaisuudet

Billettivarasto
Billettipesuri, kaasuuuni, kuumaleikkuri
Induktiouuni
Työkaluuuni ja työkalut
Puristin
SCADA
Pullerit, pullerisaha ja jäähdytyslaitteet
Vetokone, tuotantosaha, romuleikkuri
Vanhennusalue
Pakkausalue

4.5.1 Billettivarasto

Pitkät billettit varastoidaan Purson pihaan pinoihin. PU3 käyttää halkaisijaltaan 9” billettiiä ja PU1 8” billettiiä. Pitkät billettit ovat pituudeltaan noin kuudesta kahdeksaan metriin ja painoltaan noin 700–800 kg. Billettit ovat vanteella sidottuina kolmen – viiden billetin nipuissa.

Trukkikuski syöttää billetin tiedot tarratulostimeen ja tulostaa tarrat, joissa on viivakooditunniste. Tarrat kiinnitetään billettinippujen päihin. Billettien päistä on nähtävillä valun ja seoksen numerot myös stanssattuina. Merkintätapa voi hieman vaihdella toimittajan mukaan.

Billetit ladataan ennen käyttöä billettivarastoon, jolloin billettinippu nostetaan trukilla latauspöydälle, ja billettinipun yhteen sitova vanne katkaistaan. Trukkikuski lukee nipun tiedot viivakoodista tietokoneelle. Näin latauspöydällä olevat billettit kirjataan järjestelmään. Billettipöydän mekaaninen stoppari pyöryttää billettit yksi kerrallaan eteenpäin ketjukuljettimelle. Jokaisella billettivaraston hylly/lokeropaikalla on varastoituna vain yhden seoksen billettejä. Sekä PU1 että PU3 billettivarastot ovat toiminnaltaan automatisoituja.

PU1 billettivarasto (kuva 7) on vaakasuuntainen. Ketjukuljetin siirtää billetin hissiin, jolla nostetaan billetti oikeaan kerrokseen. Hissin kehto kääntyy ja billetti tiputetaan billettivaraston tason ketjukuljettimelle. Billettivarastossa on 8 hyllytasoa. Yhdelle hyllylle mahtuu 22 billettä.



KUVA 7. Billettivarasto, PU1

PU3 billettivarasto (kuva 8) on pystysuuntainen. Billetti keskitetään keskitinlaitteistolla ja nostetaan paineilmatoimisilla vajajien varassa toimivilla pihdeillä. Käytössä on 15 lokeroa. Yhdessä pinossa on tilaa 15 billetille. Rajakatkaisija ilmoittaa, kun billetti on laskeutu alas, jolloin pihdit irrottavat otteensa ja uusi sykli alkaa.



KUVA 8. Billettivarasto, PU3

Ajurin on pidettävä huoli siitä mitä seosta seuraavissa töissä tarvitaan ja tilattava billettejä oikealta hyllyltä. Kun hylly on valittu, järjestelmä alkaa syöttää billettejä halutulta hyllyltä automaattisesti.

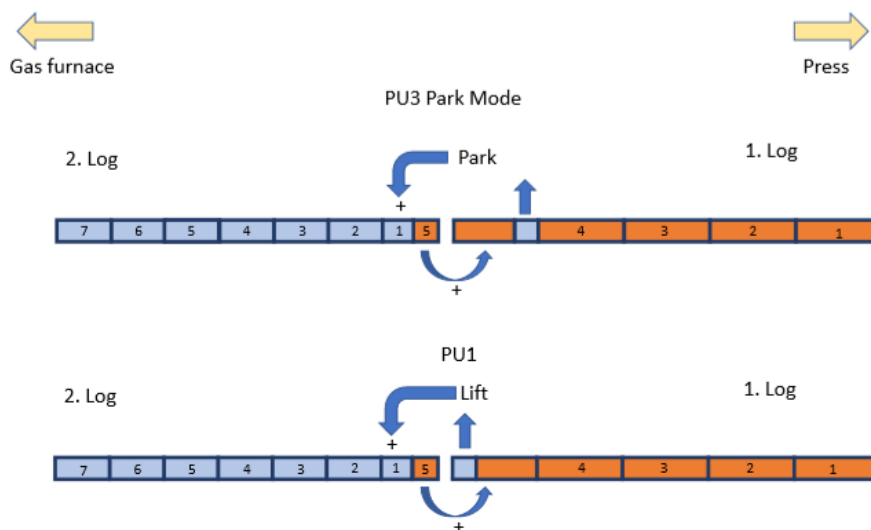
4.5.2 Billettipesuri, kaasu-uuni ja kuumaleikkuri

Billettivarastolta billettit kuljetetaan ketjukuljettimella esilämmitykseen kaasu-uunille. PU1:llä on ennen kaasu-uunia myös billettipesuri. Billetti kulkee pesurin läpi kuljetinta pitkin. Ensimmäisen valoverhon tunnistuessa billetin etupään pesuri käynnistyy. Pesu tapahtuu kolmen painepesurin voimin 50 °C–60 °C vedellä. Billettä kuljetetaan kuljettimella edestakaisin pesun aikana. Pesuprosessi katkeaa, kun toinen pesurin takaosassa oleva valoverho havaitsee billetin takapäin ja billetti jatkaa matkaansa eteenpäin.

Kaasu-uunin pohjalla on rullarata, jota pitkin billettit työnnetään uunin läpi. Kaasu-uuni on jaettu vyöhykkeisiin. Kuumennusvyöhykkeissä on rinnakkain kytkettyjä polttimia, joille syötetään kaasu ja ilma vyöhykekohtaisesta syötöstä. Kaasu-uunin lämpötila on noin 400–435 °C. Aika, jonka billettit ovat kaasu-uunissa riippuu työn pursotusnopeudesta. Billetin lämpötilaa mitataan vyöhykkeittäin termoelementtilaitteistolla. Poistokaasut uunin kuumennusosasta poistetaan vastavirtauskuumennuskammioilla. Kaasu-uunien ohjausohjelmassa on käytössä reseptejä, joiden avulla kaasu-uuni voidaan säätää helposti ja nopeasti halutuille lämpöarvoille. Kaasu-uuni myös mittaa billetin pituuden.

Kaasu-uunin jälkeen pitkä billetti pätkitään kuumaleikkurilla. Kuumaleikkuria voidaan käyttää automatiikalla tai käsiohjauksella. Kun puristimelta kutsutaan billettä, uuni työntää pitkää billettä halutun mitan, eli noin 350–1300 mm kuumaleikkurin sisään. Leikkauksen ajaksi billettä pidättelee alas laskeutuva pidikeholkki. Leikkauksen jälkeen pidikeholkki nousee ja loppupää leikkaamattomasta billettistä työnnetään takaisin uuniin. Leikattu billetti siirretään ulostyöntösylinterillä samanaikaisesti siirtokuljettimen kouruun. Kuljetinvaunu vie billetin edelleen induktiouunille. Tämän jälkeen sylinterit ja kuljetinvaunu palautuvat takaisin aloitusasemiinsa ja kuumaleikkuri on valmis ottamaan vastaan uuden billetin.

Asetettu lyhyen billetin mitta menee harvoin tasan pitkän billetin kanssa ja billetin päistä syntyy jäännöspaloja. Billettien mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön on olemassa joi-takin erilaisia ajotapa-asetuksia. 2-osainen billetti -ajotavalla kahdesta pitkän billetin päästä leikatusta jäännösbillettistä kootaan yksi halutun mittainen billetti. Käytettäessä optimointi-ajotapaa (kuvio 4), billettien jäännöspalat käytetään mahdollisimman tehokkaasti hyväksi. Kuviossa 4 leikattavat kappaleet on numeroitu ja ensimmäinen pitkä billetti väritetty oranssiksi ja seuraava siniseksi. Varastoimalla jäännöspala tarvittaessa parkkiasemaan ja osabillettejä yhdistelemällä saadaan käyttöön halutun mittaiset billettit. Käytettäessä 1-osainen billetti -ajotapaa, billetti leikataan aina mittaansa. Tällöin on mahdollista, että syntyy lähes käytettävän billetin mittaisia jäännöskappaleita. Nämä jäännöskappaleet mitataan ja siirretään romuun, mikäli niitä ei voida annettujen toleranssien rajoissa käyttää. 1-osaista billettä käytetään silloin kun laatuvaatimus ei salli 2-osaisen billetin käyttöä.



KUVIO 4. Optimointi-ajotapa

4.5.3 Induktiouuni

Induktiouunissa kuumennetaan biletit puristuslämpötilaan, joka on noin 450–490 °C. Billetti voidaan lämmittää sopivaan lämpötilaan gradientilla. Gradientia käytettäessä induktiouunin eri vyöhykkeet voidaan säätää niin, että ne lämmittävät billetin lineaarisesti tai epälineaarisesti. Lineaarisella gradientilla lämpö nousee tai laskee billetin päiden välillä tasaisesti. Epälineaarista gradienttia käytettäessä uunin jokaisen vyöhykkeen lämpötila voidaan asettaa erikseen. Induktiouunit toimivat automatiikalla, mutta niitä voidaan käyttää tarvittaessa käsiajolla. (Operating and Maintenance Manual - Mains Frequency Induction Billet Heating Plant (Taperheater) 2009, 14–21.)

Paremmen läpäisytehon saamiseksi billetin ulkopinnan lämpötila lämmitetään yli ohjearvon. Billetin sisus tasaantuu tähän lämpötilaan ollessaan matkalla puristimelle. Kun ohjelämpötila on ensikerran ylitetty, käynnistyy aikalaskuri. Aika on tallennettu jokaisen vyöhykkeen käämille. Tämä ylikuumentamisaika, riippuu käämin kulloisestakin tehosta ja billetin materiaalitiedoista. Kun aika on ylitetty, käämi kytkeytyy pois päältä ja lämpö tasaantuu ohjearvoon. Osakäämit ovat pois päältä, kunnes puristimelta tulee billetin kutsu. (Junker 2002, 46–47.)

4.5.4 Työkalu-uuni ja työkalut

Alumiinibilletti puristetaan halutun muotoiseksi profiiliksi työkalun läpi. Työkalun ominaisuuksia ovat **profiilinumero, sukupolvi, prioriteetti, reikäluku, metripaino sekä nitrausraja**. Työkalu tunnistetaan profiilinumeron ja sukupolven perusteella. Profiilinumero myös kertoo minkä muotoista profiilia työkalulla tuotetaan. Profiilia voidaan tuottaa usean eri sukupolven suulakkeilla, jotka voivat erota ominaisuuksiltaan toisistaan. Monireikäisellä työkalulla pursotettaessa syntyy yhdellä puristuksella useampia profiileja. Metripainon perusteella lasketaan optimaalinen billetin pituus työlle. Nitrausraja kertoo, koska työkalu lähetetään työkaluverstaalle huoltoon. Työkalun prioriteetti käytölle asetetaan työkaluverstaalla.

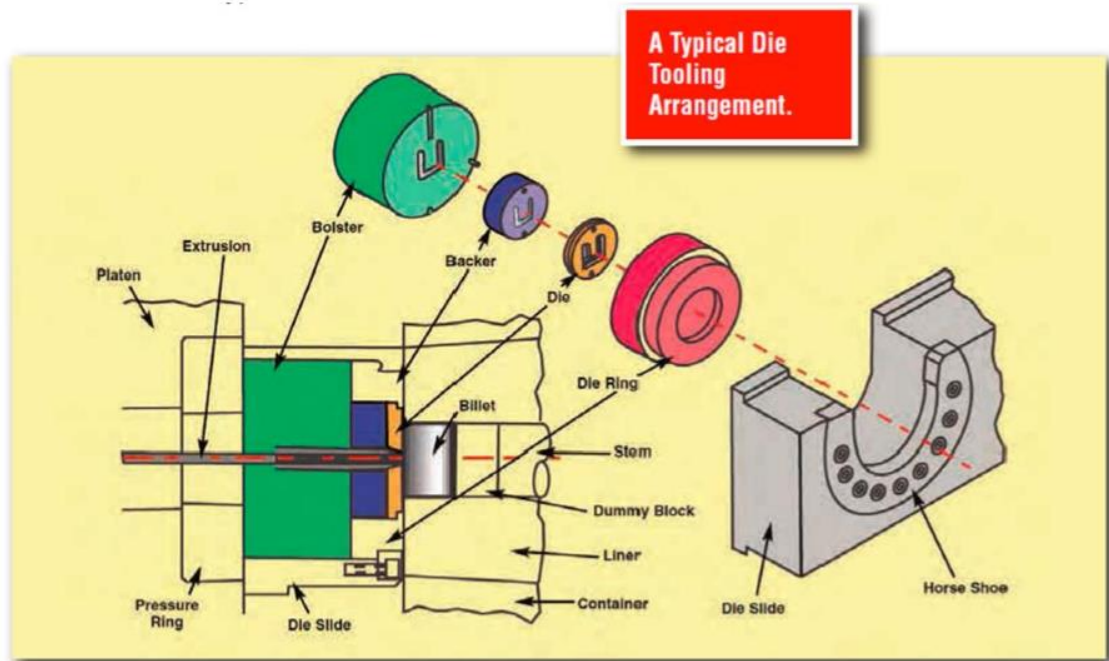
Työkalu-uunissa (kuva 9) suulake esilämmitetään puristustyötä varten. Jokaisessa uuni-paikassa on kammiot kahdelle työkalulle. Työkalut siirretään sisään ja pois kammioista trolley-kuljettimella. Lämmityksen alussa lämpötila nostetaan ”ylityksen asetusarvoon” määritellyksi ajaksi. Tämä lämmittää työkalun asetusarvoon nopeammin. Kun haluttu lämpötila on saavutettu, uunin pyynti laskee asetusarvoon. Uunien asetusarvot ovat suunnalta antavasti noin 485–500 °C. Kaikissa uuneissa on typensyöttö, jota käytetään työkalujen pinnan suojaamiseksi. Kuumakäsittelyasetuksia voidaan tallentaa uunille resepteinä.



KUVA 9. Työkalu-uunit, PU1

Työkalupaketti (kuva 10) on koottava käsityönä ennen sen lataamista puristimeen, tämä kuuluu työkalumiehen tehtäviin. Työkalupaketti koostuu seuraavista osista: työkalu (aluslevy ja suulake tai tuurna ja suulake), tukirengas, takatuki sekä PU3:lla mahdollinen

sormustin. Tuurnan avulla puristettava profiili voidaan tehdä ontoksi. Sormustinta käytetään tarvittaessa työkalupaketin täytekappaleena. Suulakkeiden paino vaihtelee parista kymmenestä kilosta useisiin satoihin kiloihin. Työkalupaketin paino saattaa olla jopa 700 kg ja sen liikkuttelu tapahtuu aina kattonosturilla. Puristimeen työkalu ladataan sisään puristimen PLC:n ohjaamalla työkaluluistilla. Työkalun ollessa paikallaan puristimessa ja puristuksen alkaessa työkalun optimilämpötila on noin 440–450 °C.



KUVA 10. Tyypillinen työkalupaketti, eli die stack, (Vitex Extrusions 2018)

Puristuksen jälkeen työkalupakettipaketti poistetaan koneesta ja puretaan. Järjestelmän suulaketietoihin kirjautuu työkalulla pursotetut kilot, joiden ylittäessä nitrausrajan suulake palaa verstaalle nitratavaksi. Työkaluverstaalla työkalu livetetään ja huolletaan, jos tarvetta, sitten nitraataan ja viimeistellään. Nitrauksessa suulakkeelle luodaan ohut kulumispinta, joka lisää työkalun käyttöikää ja antaa työkalulle parempia pursotusominaisuuksia.

4.5.5 Puristin

Kun billettit on leikattu ja lämmitetty, kuljetetaan ne automaattisesti loaderilla eli aihiolas-
taajalla uuneilta puristimelle. Billetin pää voidellaan boorinitridillä ja se ladataan puris-
tuspesään. Stemmillä painetaan kuumennettu billetti ulos pesästä työkalupaketin läpi,

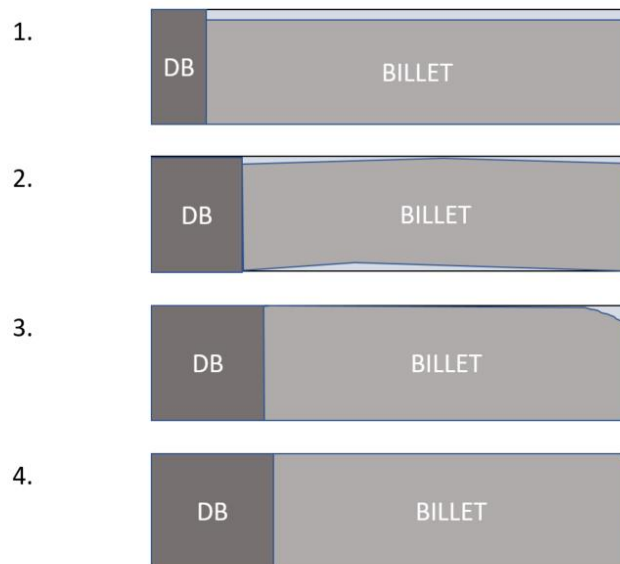
jonka suulakeosa määrittää syntyvän profiilin muodon. Kuvassa 11 on profiilin ulostulo-kanava, jota pitkin profiili työntyy ulos puristimesta.

PU3 on lyhytiskuinen, takaa lataava puristin. PU3:lla stemmi siirtyy sivuun odottamaan, kun loaderi tuo billetin puristimelle ja lataa sen takakautta pesään. PU1 on edestä lataava puristin, jolloin sekä stemmi, että pesä liikkuvat taakse loaderin tuodessa billetin puristimelle. Stemmin kärjessä on vaihdettava käyttöosa nimeltään puskupala. Puskupala on erittäin kriittinen osa pursotusprosessia. Puskupalan kautta voima puristimesta siirtyy billettiiin. Puskupala myös sulkee pesän takaisinpursotuksen välttämiseksi. Puskupalan rakenne on suunniteltu niin, että puristaessa palan halkaisija laajenee.



KUVA 11. Profiilin ulostuloaukko, PU1

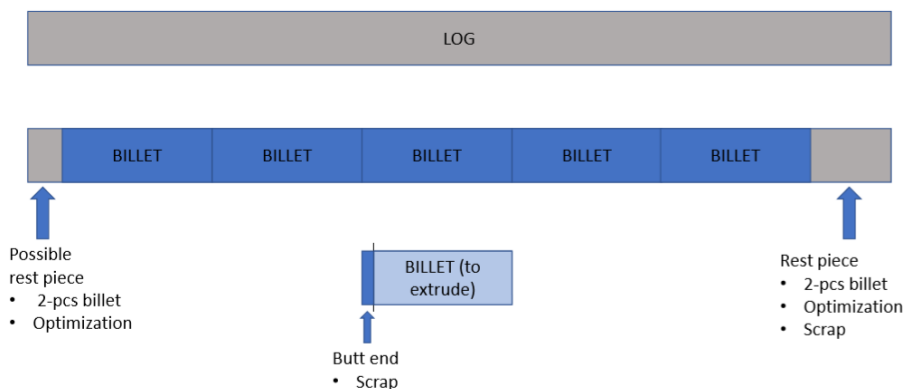
Pursotus aloitetaan ilmaamalla billettii (kuvio 5). Billettii puristetaan puskupalalla tiiviisti työkalupakettia vasten, jolloin sen halkaisija laajenee ja täyttää pesän. Pesä aukeaa ilmauksen jälkeen ja puskupala päästää ylimääräisen ilman ulos pesästä. Ilmauksen valmistuessa ylimääräinen ilma on poistettu pesästä, ja billettii on tiukassa paketissa pesän reunoja vasten. Ilmaus vaikuttaa alumiinin oikeanlaiseen virtaukseen läpi suulakkeesta sekä vähentää kuplien ja muiden vikojen syntymistä profiiliin.



KUVIO 5. Billetin ilmaus (DB = Dummy block, eli puskupala)

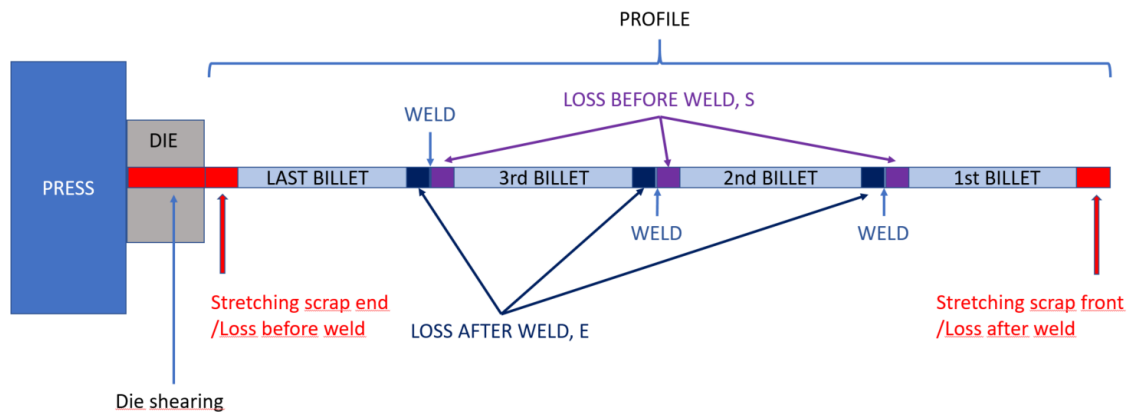
Ilmauksen jälkeen puristin alkaa puristaa billettä työkalun läpi. Paineen noustessa maksimiipikkiinsä tapahtuu läpimurto suulakkeesta, jonka jälkeen paine laskee, kunnes billetin loppupäätä puristettaessa se tipahtaa. Pesän lämpötila prosessin aikana on noin 400–440 °C ja billetin noin 450–500 °C. Nyrkkisääntö hyvän virtauksen takaamiseksi on, että pesän lämpötilan tulisi olla noin 30 °C kylmempi kuin billetin.

Profiili tulee työkalusta ulostulopöydälle, jossa ajuri valmistele sen pullerille. Pullerin alkaessa vetää profiilia, pursotusprosessi alkaa toimia automaattilla. Billetin peräpäätä leikataan pois noin parikymmentäsenttinen jätelätkä jätelätkäleikkurilla. Jätelätkän mukana poistuu näin pursotuksessa billetin perään pakkautunut kuona ja billetin pinnan oksidi. Billetit yhdistyvät toisiinsa kuumahitsautumalla osana prosessia. Pitkän billetin leikkausta osiin on havainnollistettu kuviossa 6.

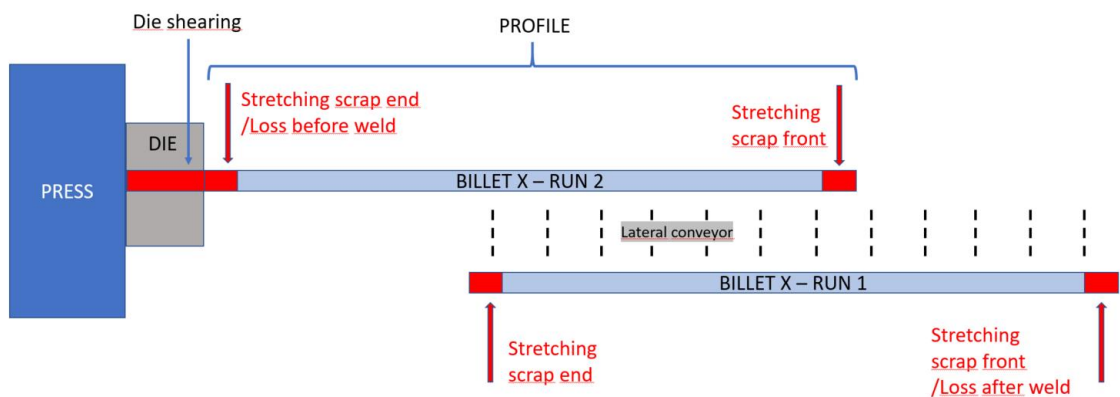


KUVIO 6. Pitkän billetin leikkaus osiin ennen pursotusta

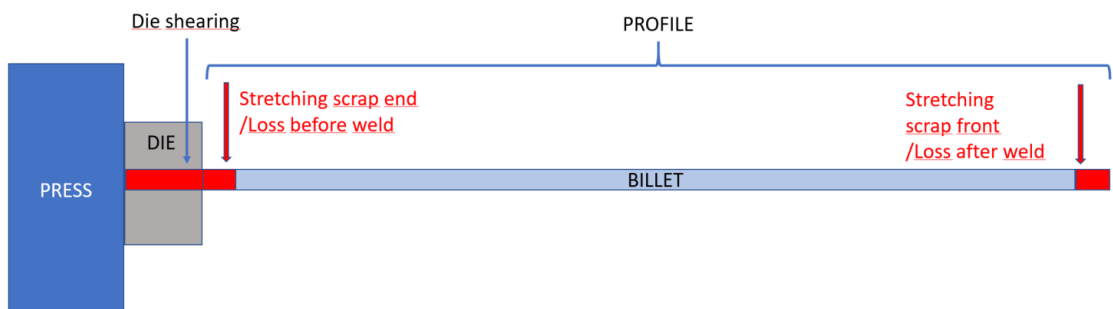
Työstä riippuen yhteen vetoon voidaan käyttää useaa billettä (kuvio 7) tai billettistä voidaan tehdä useita vetoja (kuvio 8). Yleisimmin tehdään kuitenkin vain yksi veto billettistä (kuvio 9). Peräkkäisten billettien väliseen kuumahitsausaumaan syntyy aina myös sydänvikaa. Sydänvikaa ei yleensä näe profiilista päältä katsoen. Sydänvian poistoon sekä vetokoneelle varataan molemmin puolin saumaa vähintään noin metrin verran varoja kullekkin. Viimeisen vedon häntä katkaistaan kehäleikkurilla työkalun sisään.



KUVIO 7. Monta billettä vetoa kohden



KUVIO 8. Monta vetoa billettä kohden



KUVIO 9. Yksi veto billettistä

4.5.6 SCADA

Puristimien alkuperäisten käyttöliittymien kautta ohjataan vain puristinta (ISA:n taso 1) ja ne tarvitsevat rinnalleen käyttöliittymät tai ohjauspaneelit myös muille puristuslinjan laitteille. Puristimille on jälkikäteen asennettu tason 2 SCADA-järjestelmä Progrex, jolla voidaan hallinnoida laajemmin puristinlinjan toimintaa. Progrex ohjaa ja valvoo koko automaatiolinjastoa ja sen laitteita. Progrex lukee liittymän kautta PLC:iden tietoja puristuslinjojen prosessista käytettävistä arvoista ja parametreista. Tiedot tallennetaan relaatio-tietokantaan, josta ne luetaan välityspalvelimen kautta ylempiin järjestelmiin. Prosessin tiedot ovat tarkkailtavissa valvontaohjelmiston, Progrex Recipe Managerin (PRM) kautta. Progrexissa puristimen ohjaukseen käytetään reseptejä. Operaattori voi suositella työn päätteeksi työssä käytettyjä arvoja reseptiksi. Valvoja hyväksyy tai hylkää reseptit PRM:n kautta. Reseptien avulla käyttöön saadaan edellisissä onnistuneissa töissä käytettyjä ajoarvoja ja työkohtaisia merkintöjä, jotka johtavat tuottavuuden ja laadun jatkuvaan parantamiseen. Reseptien luonnissa vaikuttavat yksilöivät tekijät ovat työkalu eli profiili, työkalun sukupolvi, käytetty seos, pinnanlaatuvaatimus, sekä toimitustila eli lujuusvaatimukset. Progrexin ominaisuuksiin kuuluu myös perinteisiä valvomotoimintoja, kuten yhteenveto tuotantotilanteesta, muuttuvien prosessitietojen tarkkailu, historiatiedot ja trendit sekä hälytysten ja ilmoitusten seuranta (Princip 2018).

4.5.7 Pulleri, pullerisaha ja jäähdytyslaitteet

Heti pursotuksen jälkeen on ulostulorata (kuva 12), jossa pursotetun profiilien päät sahaan suoraksi ja kiinnitetään pullerin (kuva 13) leukoihin. Ulostulopöytää on mahdollista nostaa ja laskea sopivan korkeuden löytämiseksi. Profiilien väliin voidaan asettaa grafiittipaloja tuiksi ja ohjureiksi. Kun automaattiasetus käynnistetään, pulleri alkaa vetää profiilia pitkin vetopöytää. Puristimen käytössä on kaksi pulleria, joiden ansiosta pursotus ja veto voivat jatkua keskeytymättömästi billettistä toiseen.



KUVA 12. Ulostulorata, PU3



KUVA 13. Pulleri, PU1

Profiili katkaistaan pullerisahalla. PU1:llä on käytössä ”lentävä pullerisaha”, joka toimii pullerien kanssa synkronoidusti. Tällöin tarkka sahaus sauman kohdalta on mahdollista vedon aikana ilman, että prosessia tarvitsee pysäyttää. PU3:lla käytössä on ”liikkuva pullerisaha”, joka paikottuu haluttuun asemaan automaatiojakson alussa. Liikkuvalle sahalle sahaus tapahtuu billetin vaihdon aikana. Kun veto on valmis ja profiili pursotettu sekä leikattu, pullerin leuat aukeavat ja profiili vapautetaan jäähdytyspöydälle. Jäähdytyspöydällä profiili jatkaa matkaansa sivuttaisia kuumahihnoja pitkin kohti vetokonetta.

Ulostuloradan päällä on laskettavat huuvat profiilin yläpuolista jäähdytystä varten. Jäähdytyspöydän alla on jonossa useita tehokkaita jäähdytyspuhaltimia. PU1:llä on käytössä ilmajäähdytys ja PU3:lla on mahdollista käyttää joko ilma- tai vesijäähdytystä. Vesijäähdytystä käytetään joillekin koville seoksille ja raskaille profiileille tehostamaan nopeaa jäähtymistä. Ontot profiilit tarvitsevat jäähtyäksensä puolet enemmän jäähdytystä (Hauge 2016, 33). Jäähdytys on olennainen osa prosessia profiilin kovuuden ja lujuuden kannalta. Profiilin toimitustila ilmaistaan SFS 2555-standardissa määriteltyjen T-koodien mukaan (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Purson käyttämiä toimitustiloja

T4	Keinovanhentamaton
T5	Jäähdytetty valmistuslämpötilasta ja keinovanhennettu
T6	Liotushehkutettu ja keinovanhennettu

4.5.8 Vetokone, tuotantosaha ja romuleikkuri

Jäähdytyspöydältä profiilit liikkuvat sivuttaiskuljetinta pitkin vetokoneelle (kuva 14). Vetokoneen tarkoitus on oikaista pursotetut profiilit. Pöytämies asettelee vetokoneeseen profiilit käsin ja säätää työkohtaisen vetoprosentin. Vetokone ottaa kiinni profiilien päistä ja alkaa vetää, jolloin profiilit suoristuvat ja jäähdytyksestä syntyneet jännitykset laukeavat.



KUVA 14. Vetokone, PU1

Vetokoneelta profiilit liikkuvat kuljetinta pitkin tuotantosahalle (kuva 15). Tuotantosahalla sahataan työn alkuvaiheesta profiileista testipätkä, joka tuodaan mitattavaksi ajureille. Testipalan mittausta tapahtuu erityisellä mittakoneella. Mittakoneen ohjelma vertaa mitattua kappaletta profiilikuvan mittoihin ja toleransseihin. Ohjelma ilmoittaa mahdollisista mittaheitoista, jotka ilmoitetaan edelleen pakkaamoon.



KUVA 15. Tuotantosaha, PU1

Sydänvian ja vetokoneen varat sahataan pois ja profiilit sahataan tuotantomittaansa lautta kerrallaan. Tarkempaa sahausta, jirrikulmia tai lyhyttä kappalemittaa varten voidaan profiilit lähettää myöhemmin jatkojalostukseen kevytmetallikonepajalle. Sahan jälkeen profiilit lautataan yhteen tai kahteen lauttaan. Automaattinen profiilikäsittelijä, eli profiilitakkeri nostaa lautat vanhennusalueen käyttämiin tuotantohäkkeihin. Sahauksesta jäävä romu pätkitään romuleikkurilla ja kuljetetaan pois sahalla romukuljetinta pitkin.

4.5.9 Vanhennusalue

Vanhennusalueen uuneissa profiilit keinovanhennetaan, jolloin ne saavat halutun kovuuden. Vanhennusalueella profiilit liikkuvat tuotantohäkeissä. Häkit pinotaan häkkistakkeilla neljän nippuihin ja kuljetetaan puskurivarastoon tai uuneille. Molempien puristimien vanhennusalueet ovat täysin automatisoituja. Vanhennusalueella trolley-kuljetin pinoaa, kuljettaa, varastoi ja purkaa häkkeitä automaattisesti, vallitsevan tilanteen huomioiden. Vanhennusuuneilla käytetään reseptejä, jotka määrittävät uunin lämpötilan sekä ajan,

jonka profiilit ovat uunissa. Mikäli uunit ovat täynnä, profiilit varastoidaan puskurivarastoihin. Vanhennusuunin lämpötila on noin 190 °C ja uunissa profiilit ovat neljästä kuuheen tuntiin riippuen reseptistä. Häkkipinot puretaan automaattisella häkkipurkulaitteella, eli häkkidestakkerilla ja siirretään kohti pakkaamoa.

4.5.10 Pakkaamo

Tuotantohäkit puretaan pinoista kuljetuslinjalle häkkidestakkerilla. Yksittäiset häkit kulkevat tämän jälkeen profiilidestakkerille. Destakkeri purkaa profiilit vanhennusalueen käyttämistä tuotantohäkeistä pakkaamon kuljettimelle. Manipulaattori siirtää tyhjästä häkit tyhjien häkkien linjastolle. Tyhjien häkkien linjasto varastoi ja lataa tuotantohäkkejä takaisin vanhennusalueen käyttöön. Myös tyhjien häkkien linjastoon kuuluu oma häkkistakkeri sekä destakkeri.

Pakkaamossa suoritetaan profiilien laaduntarkkailua ja mitataan profiilien kovuus. Epäkelpoiset profiilit romutetaan ja raportoidaan järjestelmään. Ohjeet profiilien pakkaamiseen löytyvät työkortilta. Pakkaajat pakkaavat profiilit paketteihin tai häkkeihin. Paketit kootaan käyttämällä puuta sekä pahvia. Asiakasprofiilit voidaan kalvottaa kalvokäärintäkoneella. Käärintäkoneelle määritetään työtä vastaava kalvokierrosten limittäisyys, kierrosten määrä alkuun sekä loppuun ja kalvon kiristymä. Jatkokäsittelyyn profiilit kuljetaan häkeissä. Myös asiakkaalle on mahdollista toimittaa profiileja häkeissä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

5.1. Yhteenveto

Specification of Purso Extrusion Lines -dokumentti saatiin valmiiksi aikataulussa. Koulussa opittua automaatiotekniikan teoriapohjaa hyödynnettiin aineiston selvittämiseen. Opinnäytetyöprosessin aikana automaatio- ja järjestelmätekniiikan laaja yleiskuva alkoi hahmottua ja jäsentyä selkeämmäksi.

Varsinkin dokumentin kaavio-osuus herätti kiinnostusta jo ollessaan tekeillä. Helppolu-
kuisten kaavioiden voidaan olettaa nousevan työn keskeiseksi anniksi. Dokumentin tie-
tojen oikeellisuus varmistettiin tarkastuttamalla tuotettu aineisto tehtaan asiantuntijoilla
ja tekemällä mahdolliset korjaukset. Automaatioseuran julkaisuissakin todetaan, että uu-
den laitteiston hankinta kannattaa aloittaa vasta sitten, kun laitteistokuvaus on valmis
(Laatu automaatiossa 2001, 50). Laitteiden reaalisuus oli dokumenttia koottaessa ehdoton
vaatimus. Useassa kohtaa taustamateriaaliksi olisi ollut tarjolla tarjouksia uusista laitteista
tai ideoita, miten järjestelmä ehkäpä toimisi nykyistä paremmin. Työn tarkoitus ei ollut
kuitenkaan koota kehitysideoita ja parannusehdotuksia, vaan dokumentoida linjojen tä-
män hetkinen laitteisto ja sen toiminta. Laitteistoarkkitehtuurin kartoitus ja sen jäsentely
onnistui hyvin ja puristinlinjat saatiin esitettyä loogisesti ja yksinkertaistetusti.

Vanhemmatkaan ratkaisut eivät vaikuta pölyisiltä ja epämääräisiltä kompastuskiviltä nii-
den ollessa selkeästi dokumentoituja. Kuvauksia tutkimalla tulevat prosessin eri osa-alu-
eet helpommin lähestyttäviksi, vaikka ne eivät olisikaan entuudestaan tuttuja. Vanhan
järjestelmän sileäksi lakaiseminen uutta perustettaessa tai sitä kehitettäessä voi usein kuu-
lostaa selkeimmältä ratkaisulta. Nykyajan teknologisen kehityksen tahdilla ei ole kuiten-
kaan järkevää olettaa, että puhtaalta pöydältä aloitettaisiin aina kun järjestelmää päivite-
tään. Tämä ei toisaalta ole tarpeellistakaan, kun järjestelmä on systemaattisesti ja järke-
västi koottu ja esitetty. Järjestelmän kuvauksen voidaankin sanoa olevan järjestelmän ke-
hittäjän työkalu.

Sen lisäksi, että järjestelmän osakokonaisuuksien sisältämä teknologia kehittyy, myös jo-
kainen järjestelmä kokonaisuudessaan kehittyy. Järjestelmän kehitys on harvoin kuiten-
kaan järjestelmän itsetarkoitus. Siksi kartoitus, suunnittelu ja kehitys kannattaakin tehdä

harkiten, tukien vanhaan perustaan. Kehittynyt, hallittu ja toimiva järjestelmä tuottaa todennäköisimmin toivottua tulosta.

5.2. Kehitys

Koska järjestelmän kuvaus liikkuu yleisellä tasolla, on siitä pyritty karsimaan liian spesifiset tiedot ja näin helpottaa luettavuutta. Järjestelmää voitaisiin kuitenkin kuvata syvemmin ja pilkottuna eri osa-alueilta. Purson tapauksessa järjestelmän kuvausta voitaisiin laajentaa koko Siuron tehtaan kuvaamiseen, ylemmän ERP-järjestelmän kuvaamiseen sekä yhtiökonsernin teknologisten järjestelmien kuvaamiseen kokonaisuudessaan. ICT-ohjelmistojen toiminta-arkkitehtuurien kuvaukset olisivat myös erityisen tärkeitä. Tällaisia kuvauksia olisi tarvittaessa hyödyllistä tuottaa niin, että Purson järjestelmistä olisi olemassa hyvin järjestyksessä oleva järjestelmän kokonaiskuvauskirjasto, josta jokaiseen järjestelmän osatoimintaa päästäisiin tarkastelemaan nopeasti ja helposti halutulla tasolla. Tällaiset dokumentit toki vaatisivat myös aktiivista ylläpitoa ollakseen ajan tasalla. Ylläpidon kustannusten voitaisiin olettaa palautuvan kehitystöiden esivalmistelun ja automaatio suunnittelun helpottumisena sekä tehdastoiminnan hallinnan selkeytymisenä.

5.3. Pohdinta

Dokumentaation todellinen käyttöaste nähdään, kun se on luovutettu tehtaan käyttöön. Mikäli järjestelmän kuvaus koetaan hyödylliseksi apuvälineeksi, se todennäköisesti herättää toivomuksia tarpeellisista lisäyksistä sekä suunnasta johon dokumentaatiota kannattaisi edelleen kehittää. Opinnäytetyönä tehdyn Specification of Purso extrusion lines -dokumentin voidaankin siis sanoa olevan pohja, joka parhaassa tapauksessa otetaan aktiiviseen käyttöön, siihen lisätään tietoja ja sitä muokataan tarpeen mukaan.

Dokumenttia suositellaan pitämään tulevaisuudessakin ajan tasalla, jotta automaatiot ratkaisujen systemaattisuus säilyy ja toteutus helpottuu. Uudet tiedot on helppo täydentää dokumentaatioon heti sen jälkeen, kun toteutus on saatu valmiiksi ja muokauspäivämäärä kirjataan muutoshistoriataulukkoon. Kun tiedon jäsentää ja kiteyttää olennaisilta osin, niin ideaan on helppo palata myöhemmin. Järjestelmän kuvauksen voidaan nähdä

esittävän myös järjestelmän tarjoamia mahdollisuuksia. Sen tietojen pohjalta voidaan nopeasti tehdä karkeita suunnitelmia ja hahmottaa mahdollisia ongelmapaikkoja.

Laadunhallinta perustuu prosessin hallintaan. Prosessijärjestelmän tunteminen sen eri osilta on siis laadunhallintajärjestelmän kannaltakin hyvin oleellista. Myös tehtaan aiheuttama ympäristökuormitus asettaa rajoja, joilta osin sen tuottamat päästöt on tunnettava. Järjestelmää hallitsevassa vaakakupissa on myös tuotannon energiankulutus. Mittarit, joilla järjestelmän toimintaa mitataan, tulee olla oikeanlaiset ja oikeassa paikassa, olipa kyseessä laatu, tuottavuus, energia tai päästöt. Vaatimusten kiristytessä prosessijärjestelmää ja sen mittareita voidaan kehittää niiden vaatimien säädösten mukaisesti. Prosessijärjestelmän kuvausta apuna käyttäen voidaan kokonaisuutta tarkastella reunaehtojen asettamisrajoissa ja prosessikokonaisuuden mittaustuloksia arvioida osana laajempaa kuviota.

Järjestelmistä kehitetään koko ajan itsenäisempiä ja älykkäämpiä, samalla myös monimutkaisempia. Järjestelmän kerätessä loputonta dataa sen toiminnasta voidaan tulevaisuudessa kenties kehittää entistä kehittyneempiä sumean logiikan järjestelmiä, jotka eivät enää piirrä vain historiakäyriä menneistä töistä, vaan ennustavat jopa tulevia tapahtumia, tarkastellen suurempaa kontekstia, kuten maailmanmarkkinoita ja kauppasuhteita reaaliaikaisesti. Tällaiset systeemit näyttävät tehtaan johdolle, minne päätösten kanssa tulisi suunnata pitkällä jänteellä ja toisaalta, miten reagoida nopeisiin muutoksiin. Tällöin on oltava kuitenkin tarkoin selvillä mistä ja miksi dataa tulee ja miten se käsitellään. Jotta dataan voidaan luottaa, pitää sen todenperäisyys, alkuperä ja analysointimenetelmät siis tuntea.

Tulevaisuuden kehittyneiden ja monimutkaistenkin järjestelmien toiminta voidaan pitää hallussa, katoamatta matkalla niiden syövereihin. Prosessijärjestelmän kuvaus on tehtaan kehityksen mukana kulkeva dynaaminen kartta, jonka avulla pysytään oikealla tiellä, vältetään pahimmat karikot ja löydetään rantoja yhdistävät sillat.

LÄHTEET

- Automaatiosuunnittelun Prosessimalli. Yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana. 2007. SAS julkaisusarja nro 35. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.
Luettu: 5.7.2018. https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf
- Bocksnick, B. 1991. Ohjaustekniikan perusteet. Vantaa: Festo Oy, Festo Didactic.
- Ecava. 2018. SCADA System architecture. <https://www.integraxor.com/what-is-scada/>
- Hauge, T., CTS BeNeLux + UK / IRE. 2016. Extrusion of Aluminium Profiles: A Selection of Important Overheads re. Extrusion and Alloys. Hydro.
- Huovi A., Huotari J., Lahdenmäki T. 2005. Tietokantojen suunnittelu & indeksointi. 1.painos. Jyväskylä: Docendo Finland Oy.
- Junker O. Junker IBE 900 LM käyttöohje. 2002. Lammersdorf: Otto Junker GmbH.
- Koivisto, K. Laitinen, E. Niinimäki, M. Tiainen, T. Tiilikka, P. Tuomikoski, J. 2001. Konetekniikan materiaalioppi. 9.painos. Helsinki: Edita Oyj.
- Laatu Automaatiossa. 2001. 1.painos. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.
- Operating and Maintenance Manual. Mains Frequency Induction Billet Heating Plant (Tem-Pro-Heater®). 2009. Iserlohn: Induktions- Anlagen + Service GmbH & Co. KG.
- Purso Oy. 2018. Tuotantoyksiköt. Luettu 11.11.2018.
<https://purso.fi/fi/yritys/tuotantoyksikot/>
- Purso Oy. 2018. Kansainvälinen alumiiniasiantuntija. Luettu 30.10.2018.
<https://purso.fi/fi/yritys/>
- Purso Oy. 2018. Sertifioitua laatua ympäristön kehittämiseksi. Luettu 12.11.2018.
<https://purso.fi/fi/yritys/vastuullisuus/>
- Rockwell Automation, Inc. 2018. Bulletin 1756 ControlLogix chassis-based modules.
<https://ab.rockwellautomation.com/IO/Chassis-Based/1756-ControlLogix-IO>
- Saha, P. 2000. Aluminum extrusion technology. Ohio: ASM International.
- Valvomo. Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. 2010. SAS julkaisusarja nro 39. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.
- Vitex Extrusions, LLC. 2018. Extrusion, dies and tooling. <https://vitexextrusions.com/wp-content/uploads/Vitex-Technical-Data-Dies-Tooling.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Specification of Purso Extrusion Lines

1 (40)

Specification of Purso Extrusion Lines

Table of Contents	3 (40)
version history	2
1. ABOUT THIS DOCUMENT	4
2. PROCESS FLOW DIAGRAM	6
3. LOG STORAGE	7
4. LOG CLEANER, GAS FURNACE, HOT SHEAR	9
4.1 Log cleaner/washer	9
4.2 Gas furnace and hot shear	10
5. INDUCTION FURNACE	12
6. DIE FURNACE AND DIES	14
6.1 Die	14
6.2 Tool stack	15
6.3 Die furnace	15
6.4 Die trial	16
7. PRESS	17
7.1 Extrusion	17
7.2 Loss	18
7.3 Run	18
8. PRESS CONTROL	20
8.1 Control systems	20
8.2 Progrex web clients	20
8.3 Plant server / MES / ERP	21
8.4 Recipes	21
9. PULLER, PULLERSAW AND COOLING DEVICES	22
9.1 Pullers	22
9.2 Pullersaw	23
9.3 Cooling devices	23
10. STRETCHER, FINISHING SAW, SCRAP shear	24
10.1 Stretcher	25
10.2 Finishing saw and sample piece	25
10.3 Stacker	26
10.4 Scrap	26
11. AGEING PLANT	27
11.1 Ageing ovens	28
11.2 Trolley, basket stacker and destacker	29
12. PACKAGING	30
13. PRESS CREW	32
14. HMI'S	34

	4 (40)
15. PLC'S	36
16. TABLES	38
17. REFERENCES	40
17.1 Documents	40

1. ABOUT THIS DOCUMENT

This document is part of System description of Purso extrusion process plant. The purpose of this document is to define functioning and relations of equipment and systems at level 1 and 2. Document holds information about devices of extrusion lines, process operators and user interfaces.

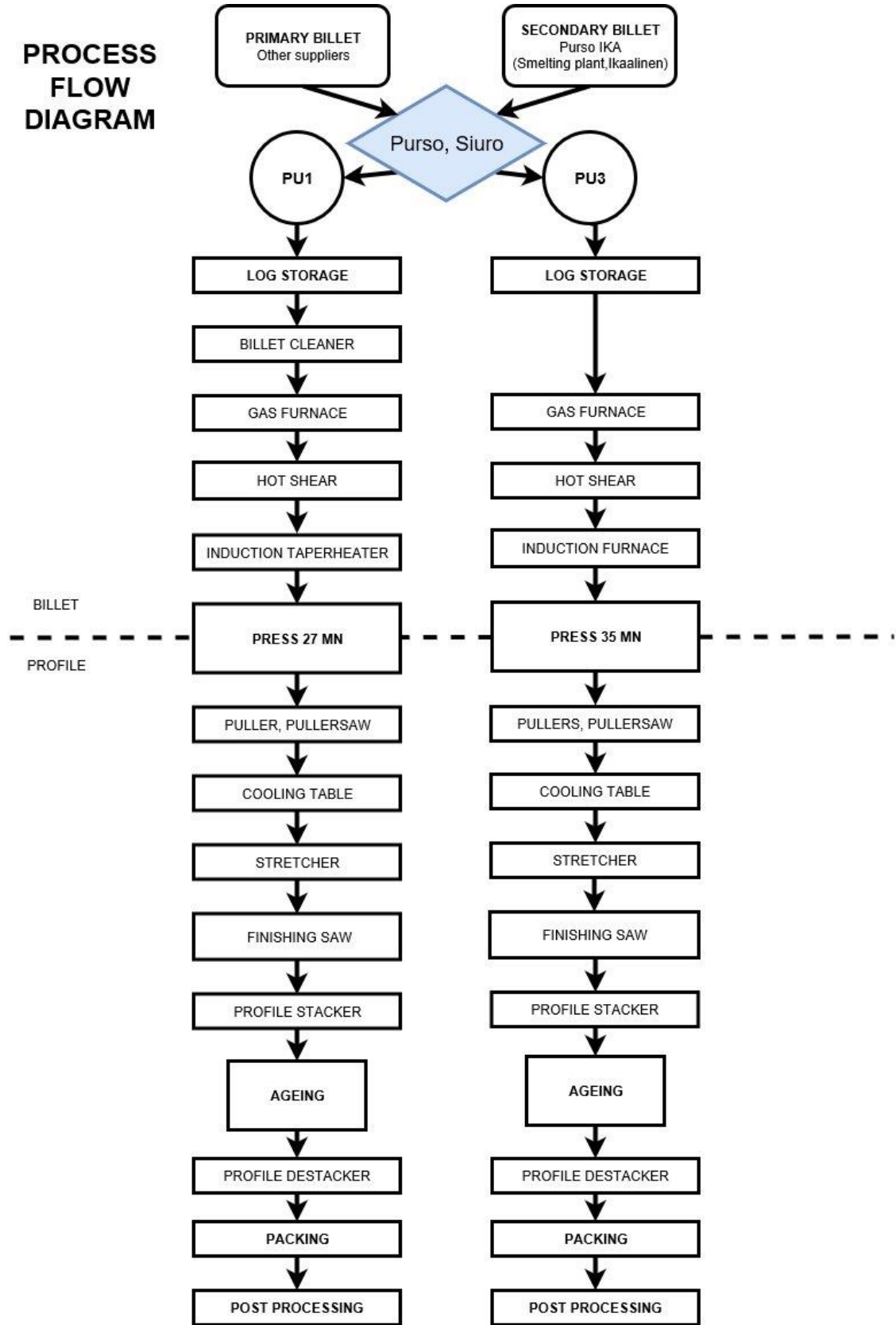
TERMS

5 (40)

OEM	Original Equipment Manufacturer
ERP	Enterprise Resource Planning
MES	Manufacturing Execution System
PRM	Progrex Recipe Manager
PLC	Programmable Logic Controller
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
HMI	Human Machine Interface
SQL	Structured Query Language
PU1	Press line 1
PU3	Press line 3

2. PROCESS FLOW DIAGRAM

6 (40)



3. LOG STORAGE

7 (40)

Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Log storage	Extrutec	Extrutec	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet

Press 3 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Log storage	Junker	Junker	1756-L1/A 1756- M2/A LOGIX5550	Ethernet

Aluminum logs are brought to Purso by the trucks and stacked on the yard. PU3 uses 9” billet stacked in 3-4 pcs bundles. PU1 uses 8” billet stacked in 3-5 pcs bundles. Logs are approximately about six to eight meters long and weight about 700-800 kg each.

Forklift operator imports billet information to sticker machine which is located at quality department: cast, alloy (0.41, 0.52... alloy-code used at Purso, based on old DIN), alloy-group (EN 6101,6060...), weight, number of logs and diameter of logs. Stickers with bar code are printed by sticker machine. Bar code includes the information mentioned before. Cast and alloy can also be seen stamped on the head of a billet. Marking varies little by supplier.



Figure 1 Bar code sticker

Billets are lifted to a loading table a by forklift and the belt around the bundle is cut. Forklift operator imports information about the logs to system at “Progrex Log Storage” interface by reading the bar code of loaded billets (alloy, cast) and inputs the number of logs into computer. All changes for log storage program must be done by using the log storage computer. Log storage programs at press computer are only for monitoring the log storage, they don’t include any feedback.

PU3 Log storage is controlled by Junker-HMI and PU1 is controlled by Extrutech-HMI. After the logs are loaded to system, logs are rolled one by one forward from the loading table.

PU1 Log storage (Extrutech) is horizontal. Chain conveyor moves log to the elevator. The elevator lifts log up to the right level of a storage. Cradle of elevator turns and drops the log on to the chain conveyor of the rack. The rack conveyor is at inlet position at feeding. Log storage has 8 racks. One rack can hold 22 logs. Each rack has only one kind of alloy.



Figure 2 Log storage, PU1

PU3 Log storage (Junker) is vertical. Log is transferred to a storage and stacked into a chosen rack by automated crane (Elhaus/Algol). Billet is centered by centering device and grab with pneumatic claw. Log storage includes 15 racks. One rack could hold 15 logs. Each rack holds only one kind of alloy. Limit switch at the claw tells



Figure 3 Log storage, PU 3

when the log is put down, so that claws can open and new cycle can start.

The operator must know the alloy he needs to following jobs and call billets from the right racks. The operator chooses rack from log storage HMI (Junker/Extrutech) which is located at the press. Log storage feeds logs from the chosen rack continuously. With Junker HMI couple of sequential racks could be selected.

At PU3 automated crane gets logs from the stack of the rack. At PU1 elevator gets logs from the conveyor (outlet position) of the rack. Logs are moved to gas furnace by chain conveyor.

4. LOG CLEANER, GAS FURNACE, HOT SHEAR

9 (40)

Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Log cleaner	Extrutech	Extrutech	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet
Gas furnace	Extrutech	Extrutech	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet
Hot shear	Extrutech	Extrutech	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet

Press 3 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Gas furnace	Junker	Junker	1756-L1/A 1756-M2/A LOGIX5550	Ethernet
Hot shear	Junker	Junker	1756-L1/A 1756-M2/A LOGIX5550	Ethernet

4.1 Log cleaner/washer

Logs are transferred by conveyor to preheating in gas furnace from the log storage. At PU1 there's also log cleaner before the gas furnace. Log is moved through the cleaner by log conveyor. Light barrier inside the cleaner launches the washer. Pressure washing is done with warm 50-60 °C water by three high-pressure nozzles. Log is moved back and forth by the conveyor during wash. When second light barrier detects back end of a log washing cycle stops.



Figure 4 Log cleaner

4.2 Gas furnace and hot shear

10 (40)

Logs are transferred by conveyor to the gas furnace. Distance between furnace and shear is also measured by the conveyor. Log moves through the furnace by roller conveyor. Gas furnace is divided into zones. Burners of the zones get gas and air through separated lines. Temperature inside the gas furnace is approximately 400-435 °C. Extrusion speed of a current work determines the time that logs are at the furnace. Temperature of log is measured with thermocouple-measuring devices. Exhausting gas from the furnace goes out through reverse flow heating chamber.

PU1 gas furnace (Extrutech) can heat about 2 logs (12m) at time. Gas-furnace includes 4 zones plus the head zone. Head zone is used for heating the head of the log at zone 4, before shearing. Zone 1. is at the log storage side and zone 4. is at the hot shear side. Gas furnace is used by Extrutech-interface which is located at the operator cabin.

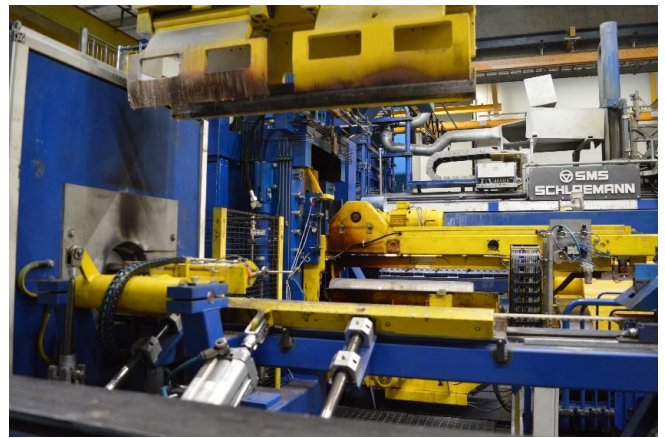


Figure 5 Gas furnace, PU1

Recipes can be used to determine temperature values.

PU3 gas-furnace (Junker) has 5 zones and preheating zone. It can heat about 3 logs (21m) at time. Gas furnace and hot shear are used by Junkers interface at the operator panel or by manual panel at the side of a press. PU3 operator panel extra screen shows information of logs in the furnace like lengths.

After heating by the gas furnace, log is cut into shorter billets by a hot shear. Hot shear works automatically but it can be controlled also manually, if needed. When billet is called by the press, the pusher pushes log in specified length (600 mm – 1300 mm) and holder drops down. After the shear, holder lifts up and rest of the log is pushed back to the furnace. At same time, cut billet is moved to the transfer conveyor by the push-out-cylinder. Transfer conveyor transfers the billet forward into induction furnace. Cylinders and transfer conveyor get back to their starting positions and hot shear is ready to cut another billet.

11 (40)

Billet measuring system function works following way: The log is lifted up to identify seam between the two logs, while log is pushed forward. The identifying is done by light barrier. Cut length is evaluated by light barrier next to shear and wire barrel impulse sensor, without any mechanical stopper. Scrap piece of a log is pushed to front of hot shear and further to lateral conveyor and from there to scrap container.

There is usually some scrap pieces while shearing logs into a billets. For efficient use of logs, it is possible to use following sets:

2-piece billet -set: One full length billet is put together by using two rest pieces of already cut logs. This way less scrap is done at the process.

Optimization-set: Rest piece of a log is measured and compared to a setpoint of billet length. Rest piece can wait at park position, while the next cut is done. By use of rest pieces, wanted billet length is reached and logs gets used as efficiently as possible.

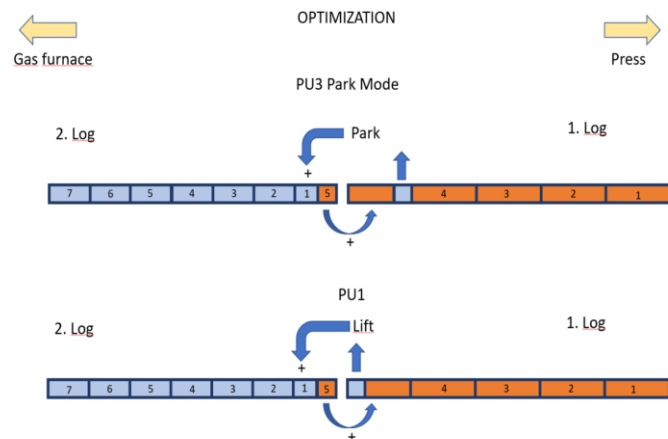


Figure 6 Optimization

1-piece billet -set, PU3: billet is always cut into a set length. Almost full billet length rest pieces are possible. These rest pieces are measured and scrapped, if it's not possible to use them in set tolerances. This set can be used at PU3 to prevent loss before and after the weld.

Editable length tolerance for last billet of the log can be used at PU1 and PU3. If the length of the rest piece match with setpoint with tolerances, it will be transported through the hot shear without cutting. If the billet length does not fit to set tolerances, 2-piece billet is used as usual (PU1) or billet is scrapped (PU3).

After the shearing, when billet starts to move into the induction furnace, billet get its individual billet data. Billet data connects billet to a job. When the billet is loaded into the press, billet data is updated based on a current worksheet.

5. INDUCTION FURNACE

12 (40)

Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Induction furnace	I.A.S. GmbH	IAS	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet

Press 3 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Induction furnace	Junker	Junker	1756-L1/A 1756-M1/A LOGIX5550	ControlNet

Billets are heated to extrusion temperature (approx. 450-490 °C) by induction furnace (IBE). Parts of furnace are: Charging, thermocouple measuring devices, back-push devices, water cooling devices.

Billet can be heated into optimal temperature with gradient by using zones of the furnace, this is also called *taper*. With taper, it is possible to heat billet linearly (or with PU1 also nonlinearly), between front and back. When using nonlinear taper, temperature of every zone of the furnace can be set separately.

Instructions of the IBE tells about the set of the temperature:

“Principle: To obtain better penetration capacity, surface of a billet is heated over the base value. This temperature is selected so, that amount of energy needed to balance cold billet core to the base value is transferred to billet. Stabilization of billet temperature happens on a way to the press.” (Junker O. Junker IBE 900 LM käyttöohje. 2002. Lammerdorf: Otto Junker GmbH.)

When base value exceeds for the first time, time counter launches. Time is saved for every coil in a set (normative value 30 s). This overheating time depends on current power of a coil and material data of a billet. When time exceeds, coil switches off and temperature stabilizes to a base value. Every part-coil is off until new billet call from the press.

PU3 induction furnace is controlled by Junker HMI. Furnace have 5 separate part-coils, which temperatures are measured by thermocouples. Temperatures are transferred to PLC through analog inputs. Limit switches, actuators and monitoring devices are in digital inputs. Indicator lights, contactors and electromagnetic valves are in digital outputs. Normally induction furnace works with automation which covers charging, thermoelement moving mechanisms, and back-pusher device. Because of the parking-optimization (see. hot shear) transfer conveyor have two separate charging conveyors. It can be used with parking-optimization or without it. Conveyors can also be used manually. This clears all markers used in automation mode.

PU1 TEM-PRO induction taperheater is controlled by IAS HMI. Taperheater have 6 independent coil sections. Sections are set to required temperatures by the operator, which he choose by billet length, die and alloy. Temperature measurement is done by double-pass pyrometers. Taperheater plant works automatically, but can be used also manually, if needed.

6. DIE FURNACE AND DIES

14 (40)

Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Die furnace	IUT	IUT	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet

Press 3 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Die furnace	IUT	IUT	1756-L1/A 1756-M1/A LOGIX5550	ControlNet
Die furnace Trolley	IUT	IUT	1756-L55/A 1756-M12/A LOGIX5555	ControlNet

6.1 Die

Aluminum billet is extruded through the die into profile shape. Properties of a die are: *Profile number, die sequence number, priority, weight per length (WPL), number of cavities and nitridizing limit.*

Die is identified by *profile number* (die number) and *die sequence number*. There can be more than one die for same profile. Same profile dies are separated by the *die sequence number* (1=oldest). Different sequence number dies may differ from each other by their properties. Priority of the die is set by die shop to the system. Priority defines which is the best die sequence to use at the moment. WPL is used to calculate correct billet length for the job. Standard WPL is used for first run with new die. Actual WPL is found out during first extrusion, then used in future. By weighing and measuring the sample piece of the profile, correct WPL can be verified. Die with multiple *cavities* creates multiple profiles at same time. There's own nitridizing limit for each die, which is set into system and being followed. When the limit is reached, the die is sent to the die shop for nitridizing. Die is cleaned by sodium hydroxide bath and polishing of bearing is done by hand. Then die is nitrated and finished. After these actions die gets new *nitridizing limit* which

is set into system. Nitriding gives thin wear resistant surface for die. It increases lifetime of the die and gives better properties for extrusion.

6.2 Tool stack

Tool stack has to be put together by hand, before it can be mounted into the press. Parts of tool stack are: Die (backer and die plate or mandrel and die plate), die ring and bolster. PU3 tool stack can include also sub bolster, which is used with certain dies. The dies for making hollow shapes include



Figure 7 Die slide

mandrel. Tool stack may weight hundreds of kilos. Tool stack is lifted into die slide by crane. Die slide is mounted into the press. When tool stack is in its place in the press extrusion can start. Optimal temperature for the die is approx. 440-450 °C. After the extrusion is done, tool stack is removed from the press and dismantled.

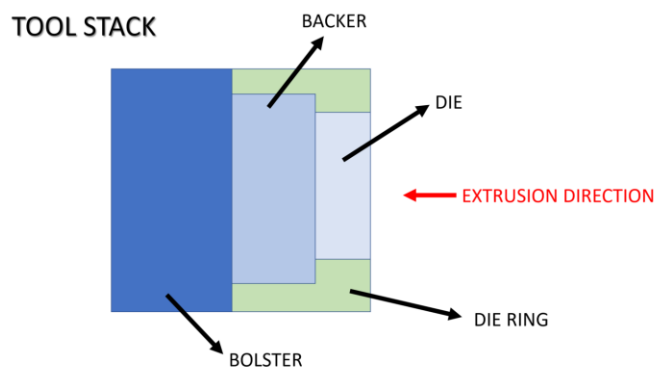


Figure 8 Tool stack

6.3 Die furnace

Die is preheated in a die furnace for extrusion. PU1 heating unit have 9 furnaces and PU3 10 furnaces. Every furnace has chamber for two dies. Large dies (PU3) and die rings can be set only into specific chambers. Furnaces have also buffer, which can be used for storing unheated dies short times. Dies are transferred in and out by the trolley.

When starting heating, temperature is raised to “overheating value” for set time, to raise die into set temperature faster. When temperature of furnace reaches die set temperature, pursuit of temperature lowers to set point of temperature. Temperature for furnace is approx. 450-500 °C. Nitrogen gas is fed into furnace for protecting nitridizing layer.

Die furnaces are controlled by touchscreen-HMI. Interface shows temperatures and dies in the furnace. Furnace raise into set temperature with ramp automatically, when die is mounted in. Recipes can be used for ready setups for the dies (temperature, time, nitrogen feed). When min heating time is reached, color on the screen changes from red to green. Die is ready for use and it can be taken out from the furnace. There is three function modes in the system: automatic, half-automatic and maintenance.



Figure 9 Die furnace

6.4 Die trial

Die is tested before actual use, for seeing dimensions and shape of the profile. Press control program Progrex has *Die trial* -option. With *Die trial* -option operator is free to change all the extrusion parameters for finding the optimal values for the die. Die trial gives information like actual force, actual speed, billet temperature and billet length, compared to profile quality for die shop.

7. PRESS

17 (40)

Press 1 OEM's

Device	Force	Billet	OEM	HMI	PLC	Protocol
Press	27 MN	8"	SMS	Picos	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet

Press 3 OEM's

Device	Force	Billet	OEM	HMI	PLC	Protocol
Press	35 MN	9"	Breda	Danieli Breda	1756-L55/A 1756- M12/A LOGIX5555	Ethernet

After the billets are cut and heated, they are transferred from the furnaces to the press by loader. Billet head is lubricated with lubricant and loaded into container of the press. Ram presses heated billet out of the container trough the die, which defines the shape of a profile. PU3 is short stroke, back loading press. At PU3, the ram slides to side of press, while loader charges billet into the press from the back side of the container. PU1 is front loading press. At PU1, the ram and the container are both moving back when the loader charges billet into the press. There is exchangeable wearing part at the head of the ram, the dummy block. Because dummy block transmits the press force to the billet and seals the container for avoiding backwards extrusion it is critical for the press performance. Before extrusion of billet, dummy block is lubricated with boron nitride.

7.1 Extrusion

Extrusion cycle starts with upsetting. Billet is pressed against the die with dummy block, it expands under pressure and fills the container. Dummy block lets air out when pressure is released. After upset the billet is in tight packet in the container. Upsetting reduce blisters and other defects in the profile.



Figure 10 Leadout table

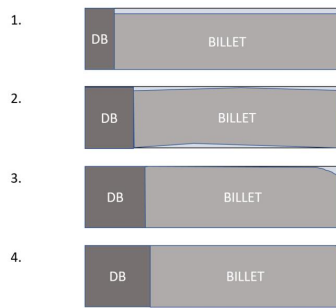


Figure 11 Upsetting (DB = Dummy block)

After upsetting press starts to extrude billet through the die. When pressure raises into its maximum peak happens *break-through*, after that pressure starts to lower until it drops down at the end of extrusion. Temperature in the container is about 400-440 °C and billet temperature 450-500 °C during the process. As a rule of thumb, temperature of container should be 30 °C cooler than billet, to get good flow during the process. Profile comes out from the die on the leadout table and operator prepares it for the puller. While profile is clamped by puller jaws, extrusion process can start to work automatically.



Figure 12 Leadout

7.2 Loss

At the end of a extrusion cycle, about twenty millimeter long butt end is sheared away by the shear blade. Butt knocker detaches butt end from the blade after shearing it falls into scrap chute.

7.3 Run

In a run (pull by puller) multiple billets may be used or likewise multiple runs per billet, depending on extrusion length and WPL. Also, one run per billet is possible. There is always bad quality at the profile before and after the weld, which cannot be seen at the surface of a profile. This loss must be cut off and take into account when designing the job. Loss before and loss after the weld are at least 1 meter each. Also, profile stretching after the extrusion makes some scrap to both ends of the profile. Reserve for stretching scrap is at least 1 meter for both ends. After the last billet of the job is extruded, tail of the profile is sheared off by the die shear. Die shear is done by moving part of the die up and down for cutting the profile end.

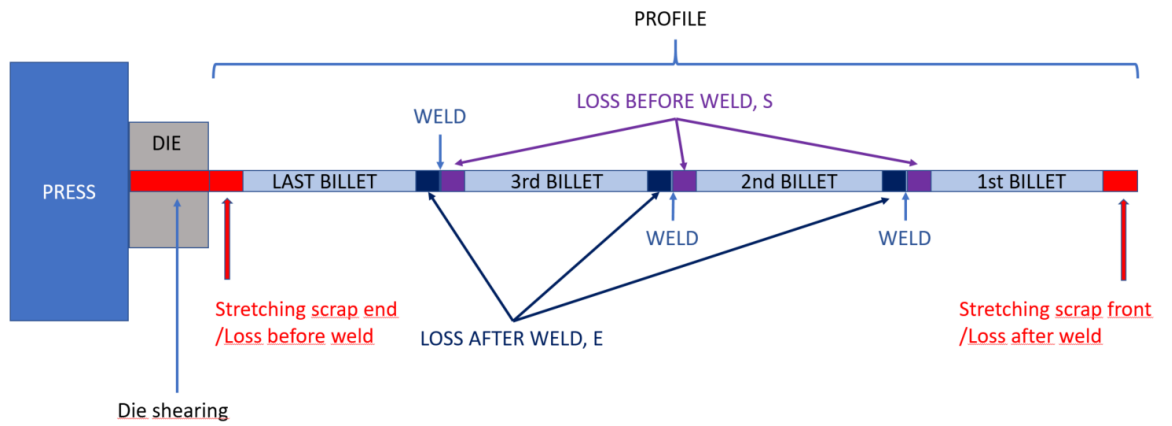


Figure 13 Multiple billets per run

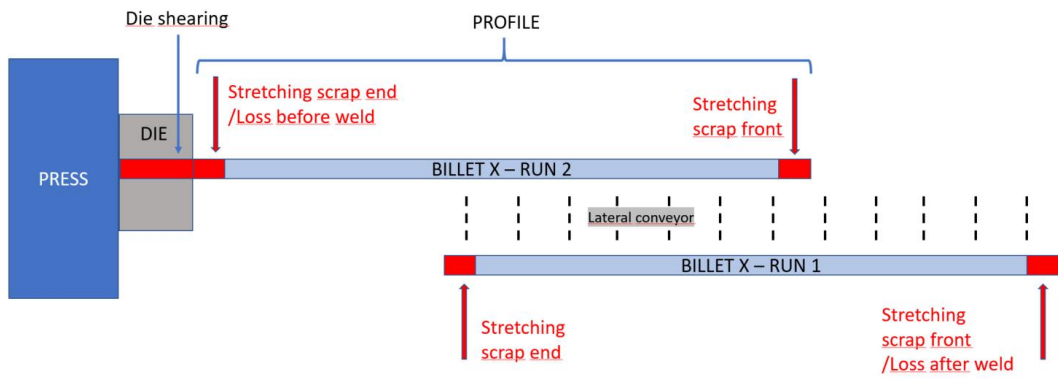


Figure 14 Multiple runs per billet

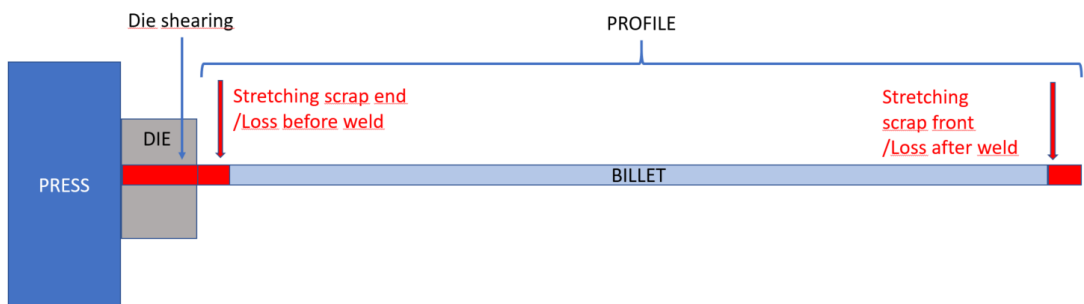


Figure 15 One billet per run

8. PRESS CONTROL

20 (40)

Press Control Systems

System	Press	Supplier	HMI	Protocol
SCADA	PU1, PU3	Princip	Progrex	Rockwell OPC server
Press 1	PU1	SMS	Picos	Ethernet
Press 3	PU3	Breda	Danieli Breda	Ethernet

8.1 Control systems

Progrex is extrusion SCADA (Supervisory control and data acquisition) -system made by Princip to support, organize and control the production on extrusion lines. Progrex working range reaches from the log storage to a cooling table. PU1 is controlled by Picos - program and Progrex. PU3 is controlled by Danieli Breda -program and Progrex. Picos and Danieli Breda-programs are the original control programs for the presses. Systems communicate through the Ethernet. Progrex also manages billet storage systems with Progrex log storage -program. Press control client is used for controlling the press line, collecting the billet data and for some automated functions for worksheet handling. Presses can still be used while Progrex is turned OFF but recipes can't be used then.

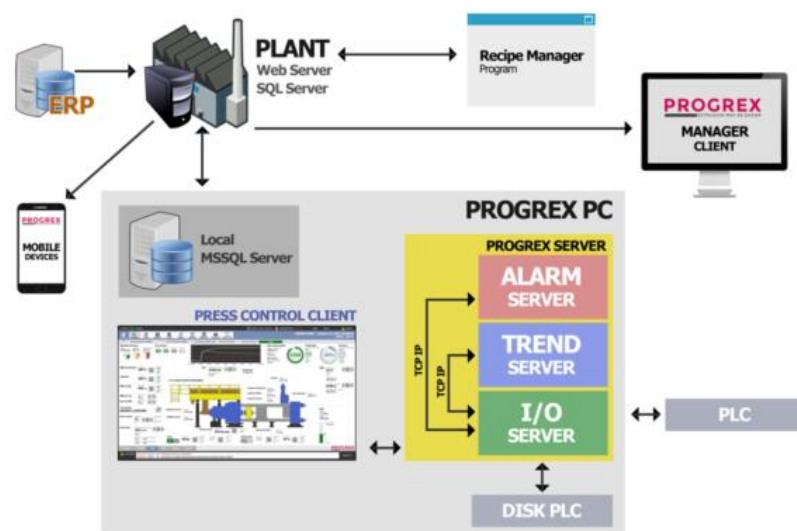


Figure 16 Progrex System architecture. (Princip 2018)

The Progrex press server uses four modules: Progrex I/O -server, Alarm-server, Trend-server and standalone SQL-server. Progrex I/O -server communicates with the real and

emulated PLCs and sends PLC signal data to Alarm- and Trend-server. Alarm-server checks the I/O-server for the values of defined alarm tags, checks alarm states and tells the clients information about alarms. Trend-server checks the I/O-server for the states of defined trend tags and stores values into the hard disk and also serves clients with the trends. Local standalone SQL -server stores cached data for the plant server. In case of maintenance of the plant-server it also allows the press control. Plant proxy server databases, used by Progrex are Business-DB, interface-DB and process-DB.

8.2 Progrex web clients

The Progrex web -server is used for communication between Progrex Press -servers and Progrex web clients. Data at Progrex web server is “read only” live process data and collected data from the press, like trends and alarms. Server can be accessed only by using the business LAN with computer, mobil device, etc... Remote access is possible with VPN connection.

8.3 Plant server / MES / ERP

Progrex is considered as a level 2 SCADA system. Progrex stores collected process data like billet data, alarm history, downtimes, die changes, recipe recommendations etc. Progrex uses data from ERP; planned orders, billet types, casts, profiles, dies and planned shifts stored in the plant server. Progrex uses recipe data tables which contains active recipes and recipe history.

8.4 Recipes

Process parameters can be saved as a recipe. Operator can make recipe suggestion during (manual) or at the end of the work (automatic). Suggestions are saved into a system and can be applied or denied by supervisor by using Progrex recipe manager (PRM). Accepted recipes are downloaded to the press computer automatically once a day. Individualizing data for recipes are profile number, die number, used alloy, temper, surface quality, hardness and press. With recipes, best values can be achieved and controlled for every job. It is also possible to edit recipes afterwards. Remarks can be attached for recipes by operators and PRM-users for giving information or instructions about the work.

9. PULLERS, PULLERSAW AND COOLING DEVICES

22 (40)

Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Pullers	Reisch	Böhler	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet
Pullersaw	Reisch	Böhler	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet
Cooling devices		Böhler	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet
Tables	Turla	Turla/Purso	Purso	Ethernet

Press 3 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Puller	Turla	Turla(/puller)	1756-L55/A 1756-M13/A LOGIX5555	Ethernet
Pullersaw	Turla	Turla(/puller)	1756-L55/A 1756-M13/A LOGIX5555	Ethernet
Cooling devices			1756-L55/A 1756-M13/A LOGIX5555	
Tables	Turla	Turla(/puller)	-	ControlNet

9.1 Pullers

There's leadout table at press exit. At the start of extrusion, head of the extruded profile is cut and attached to the pullers jaws at the leadout. After automatic control -mode is started, puller starts to move and pulls profile on runout-table. Graphite pads can be used for supporting the profiles at the leadout. Leadout-table can be lifted and lowered for getting it into optimal height. Presses use two pullers. Because of two



Figure 17 Puller, PU1

pullers, extrusion and pull can go on continuously. It is possible to use the press with only one puller. Puller strength (N) and speed (m/min) are controlled by Progrex and PU1 Böhler- or at PU3 Turla interface.

9.2 Pullersaw

Pullersaw is used to cut the profile during the process. The type of PU1 pullersaw is called “flying saw”. Flying saw can operate while moving during the extrusion. Flying saw works synchronized with the puller. It can cut the profile accurately on the weld, without stopping extrusion. The type of PU3 pullersaw is “mobile saw”. Mobile saw moves into its place at the start of the automatic-cycle and stops. Mobile saw cuts at the billet change, because extrusion, pull and saw must be stopped for cutting. After the run is done, profile extruded, pulled and cut, puller jaws open and set profile free on cooling table. Profiles move towards the stretcher on the hot belts.

9.3 Cooling devices

There’s efficient cooling devices at sides and under the runout and cooling table. There is hoovers at the top of the leadout-table. Hoovers can be lifted up and lowered down without steps to get the optimal cooling. PU1 uses air cooling and PU3 air and water cooling. Water can be used for cooling at leadout with some hard alloys.

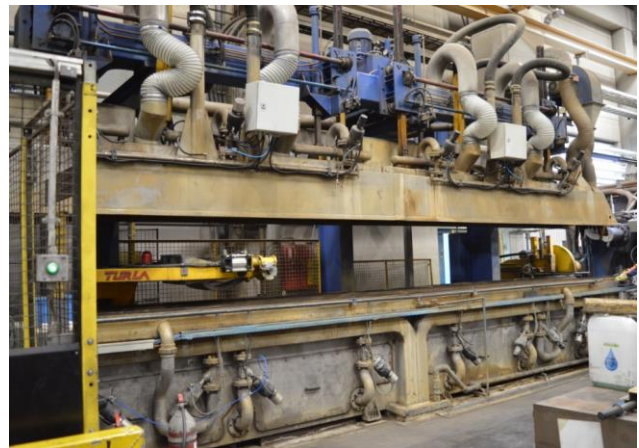


Figure 18 Leadout, PU3

Length of PU1 cooling table is 52 m

and PU3 55 m. Of course, run doesn’t need to be as long as maximum length. Profiles are moved by hot belts on cooling table. Under the cooling table is line of fans. Power (%) for all cooling systems is controlled by pullers interface or Progrex. Cooling is relevant part of the process for producing profiles with correct hardness and mechanical properties, after ageing. Cooling rate depends on alloy, shape and acceptable distortion of the profile. Cooling time increases proportionally with wall thickness. Too fast cooling may cause distortions and too slow reduced properties. T-codes marked on worksheets reveal steps of the process to get the correct hardness for the profile. T4 = unaged, T5 = artificially aged, T6 = solution heat treated and artificially aged.

10. STRETCHER, FINISHING SAW, SCRAP SHEAR

24 (40)

Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Stretcher	Trüninger	Purso	1769-L32E/A LOGIX5332E	Ethernet
Finishing saw	Turla	Turla	1769-L32E/A LOGIX5332E	Ethernet
Profile stacker	Turla	Turla	1769-L32E/A LOGIX5332E	Ethernet
Scrap shear/con- veyor	Turla / Formia Vesme	Turla / Purso	1769-L32E/A LOGIX5332E / 1769-L35E/A INT_16_70	Ethernet / Ethernet

Press 3 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Stretcher	Turla	Turla	1756-L55/A 1756-M13/A LOGIX5555	ControlNet
Finishing saw	Turla	Turla	1756-L55/A 1756-M13/A LOGIX5555	Ethernet
Profile stacker	Turla	Turla	1756-L55/A 1756-M13/A LOGIX5555	Ethernet
Scrap shear/con- veyor	Turla/Formia Vesme	Turla	1756-L55/A 1756-M13/A LOGIX5555	Ethernet

10.1 Stretcher

25 (40)

Lateral conveyors of the cooling table transfer profiles to a stretcher. The purpose of stretcher is to straighten profiles and get it into stabilize shape. Residual stresses created by cooling may cause profile shape to be unstable. Stretching is done for getting rid of these stresses. Saw and stretcher operator attaches profiles into the stretcher jaws and sets percentage for the stretch.



Figure 19 Stretcher, PU1

Percentage is specified by the profile. Stretcher closes its jaws and straightens the profiles.

10.2 Finishing saw and sample piece

Profiles are moved from stretcher into to a finishing saw by conveyors. Test sample of the profile is cut at finishing saw and carried to operators. Operators measure test piece with the Ascona -measuring device. Ascona compares measurements to a profile picture and alarms about possible inaccuracies with red color. Found inaccuracies are reported forward to packaging stage by press crew. Safety margins for stretch and loss before and after the weld are cut away and profiles are cut to saw length. Production saw tolerances are ± 3 mm. For more accurate cuts and shorter lengths, profiles can be sent for sawing at Purso light metal workshop.



Figure 20 Finishing saw, PU1

10.3 Stacker

26 (40)

After profiles have been cut into production length, the profiles are moved forward by lateral conveyor. Profiles may take place as single batch or shorter profiles as double batch. Used batch-mode (single/double) is set by the saw and stretcher -op-



Figure 21 Stacker, PU1

erator. Profile stacker stacks batches into a production basket. Spacers are put between the batches. Basket stacker of ageing plant stacks baskets into piles of four baskets. The piles are moved into ageing area.

10.4 Scrap

Scrap pieces are sheared to smaller pieces and carried away by scrap conveyor. Control for the start of PU1 scrap conveyor is at Turla panel. Rest of the conveyor belt is monitored and controlled from the operator cabin. Scrap is sorted to secondary (IKA) and primary scrap. Press operator and/or saw and stretcher -operator selects container based on scrap-type and set conveyors to transfer scrap into right direction.

PU3 scrap is sorted by alloy (soft 0.4-0.6 / hard 0.7-1.0). At PU3 scrap conveyor moves into one direction. Saw and stretcher operator moves right container based on alloy of the profile to the end of the container.

11. AGEING PLANT

27 (40)

Table 1 Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Ageing plant, old	IUT	IUT	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet
Trolley	IUT	IUT	1756-L61/B LOGIX5561	Ethernet
Ageing plant New - Master, IUT	IUT	IUT	1768-L43S/B LOGIX5343SAFETY	Ethernet
Ageing plant New - Infeed trolley, IUT	IUT	IUT	1768-L43S/B LOGIX5343SAFETY	Ethernet
Ageing plant New - Oven 7, IUT	IUT	IUT	1768-L43S/B LOGIX5343SAFETY	Ethernet
Ageing plant New - Oven 8, IUT	IUT	IUT	1768-L43S/B LOGIX5343SAFETY	Ethernet
Ageing plant New - Trolley, IUT	IUT	IUT	1768-L43S/B LOGIX5343SAFETY	Ethernet
Basket stacker	Turla	Turla		Ethernet
Basket de- stacker	IUT	IUT		Ethernet

Table 2 Press 3 OEM's

28 (40)

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Ageing ovens	IUT	IUT	1756-L1/A 1756-M2/A LOGIX5550	DeviceNet
Trolley	IUT	IUT	1756-L1/A 1756-M2/A LOGIX5550	DeviceNet
Basket stacker	IUT	IUT	1756-L1/A 1756-M2/A LOGIX5550	DeviceNet
Basket de- stacker	IUT	IUT	1756-L1/A 1756-M2/A LOGIX5550	DeviceNet

11.1 Ageing ovens

At ageing ovens profiles are aged artificially for getting correct hardness. PU1 ageing plant has new and old areas. Old area has six ovens. Every oven can take in one production basket stack (4 baskets). New area has two ovens. Both ovens can take in two basket stacks (8 baskets). Stretcher and saw operator selects the area (New/Old) which production baskets are transferred. PU3 uses long and short production baskets. PU1 use only short production baskets. Operator can also choose ageing recipe. Recipe determines temperatures and treatment-time for the ovens. If ovens are full, production baskets are stored into a buffer. Every place of a buffer can hold 8 baskets. PU3 ageing plant has four ovens, each can hold two basket stacks (8 baskets). By removing automatic partition wall, two of these ovens can be put together as one 16 m long oven. The ageing lasts approximately five hours. Temperature in the oven is approx 190 °C , depending on a recipe. When ageing is done, trolley moves production basket stack from the oven to basket destacker or buffer.

11.2 Trolley, basket stacker and destacker

29 (40)

Both PU1 and PU3 ageing plants are fully automatic. Trolley moves production baskets between stacker, ovens, buffer and destacker, regarding to situation at the ageing plant. Basket stacker and destacker are part of ageing plant system and are working automatically by the control of ageing plant PLC.



Figure 22 Ageing plant

12. PACKAGING

30 (40)

Press 1 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Profile de-stacker	Turla	Turla	1769-L35E/A LOGIX5335E	Ethernet
Empty basket line	Turla/IUT	Turla/IUT		Ethernet
Basket manipulator	Turla	Turla	1769-L32E/B LOGIX5332E	Ethernet
Wrapping machine	Octomeca Oy	Octomeca	Siemens S7 300	Ethernet
Packing conveyors	Turla	Turla	1769-L35E/A LOGIX5335E	Ethernet

Press 3 OEM's

Device	OEM	HMI	PLC	Protocol
Profile de-stacker	Turla	Turla	1756-L55/A 1756-M12/A LOGIX5555	Ethernet
Empty basket line	Turla	Turla	1769-L30ERMS/A LOGIX5370SAFETY	Ethernet
Basket manipulator	Turla	Turla	Ethernet	Ethernet
Wrapping machine	Octomeca Oy	Octomeca	Siemens S7 200	Ethernet
Packing conveyors	Turla	Turla	Micrologix 1200	Ethernet

Basket destacker unloads basket stack to the basket line. Single production baskets move to a profile destacker. Profile destacker unloads the profiles from production basket to packing line-conveyor. Basket manipulator moves empty production baskets to empty basket line. Packing line-conveyors moves destacked profiles to packaging. Packers test hardness of the profiles and do visual quality control for profiles (surface quality, twist

etc.) and scrap profiles that are not valid. Scrapping reason and number of the scrapped profiles is reported to the system.

Usually customer profiles are wrapped together by wrapping machine. Packages are done by hand using board and/or wood. Packages are done by customer instructions or by packaging codes. Baskets can be also used for transferring profiles to customers. Profiles are moved to delivery by forklift.

If profiles are going to further processing, packagers lift them to baskets. There is two different size of baskets, four and six meters. Baskets are moved to further processing like light metal workshop or anodization by forklift and truck.

13. PRESS CREW

32 (40)

Press operators:

- *Press operator* is responsible of producing profiles and use of the press.
- *Die operator* handles and prepares the dies for the next jobs.
- *Saw and stretcher operator* handles the stretcher and the saw and keeps eye on quality.

Other important people for the process:

- *Forklift operator* loads billets into log storage.
- *Foremen* takes care of worksheets, worklist and schedule of the process. Makes decisions about supplement jobs.
- *Packagers* pack ready profiles.
- *Die corrector* makes modifications for dies if there's problems with shapes or dimensions.
- *Die maintenance* takes care of maintenance of used and unused dies
- *Maintenance department* is responsible that devices are in condition and work well.
- *Rolling and brushing crew* do corrections for profiles.

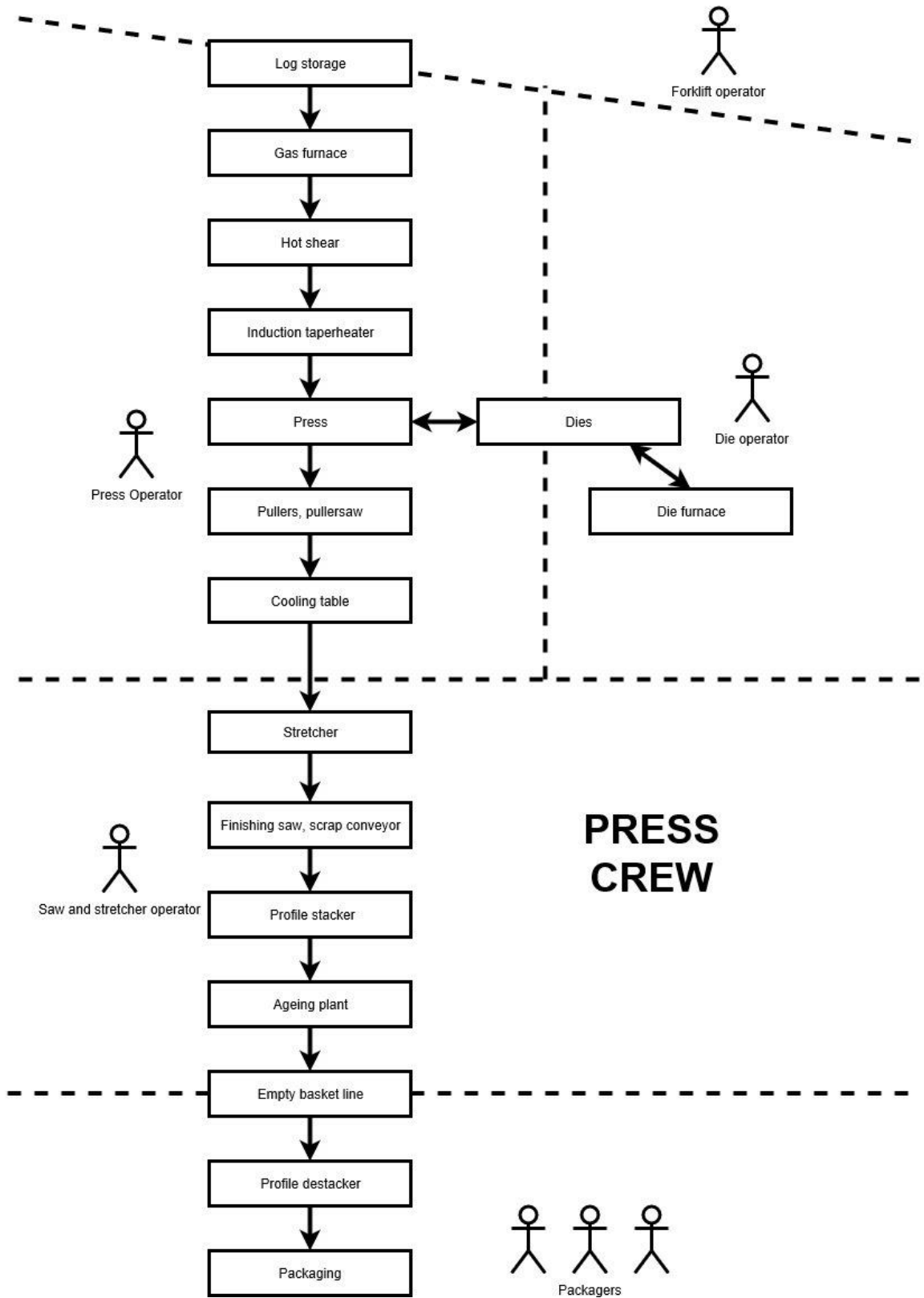
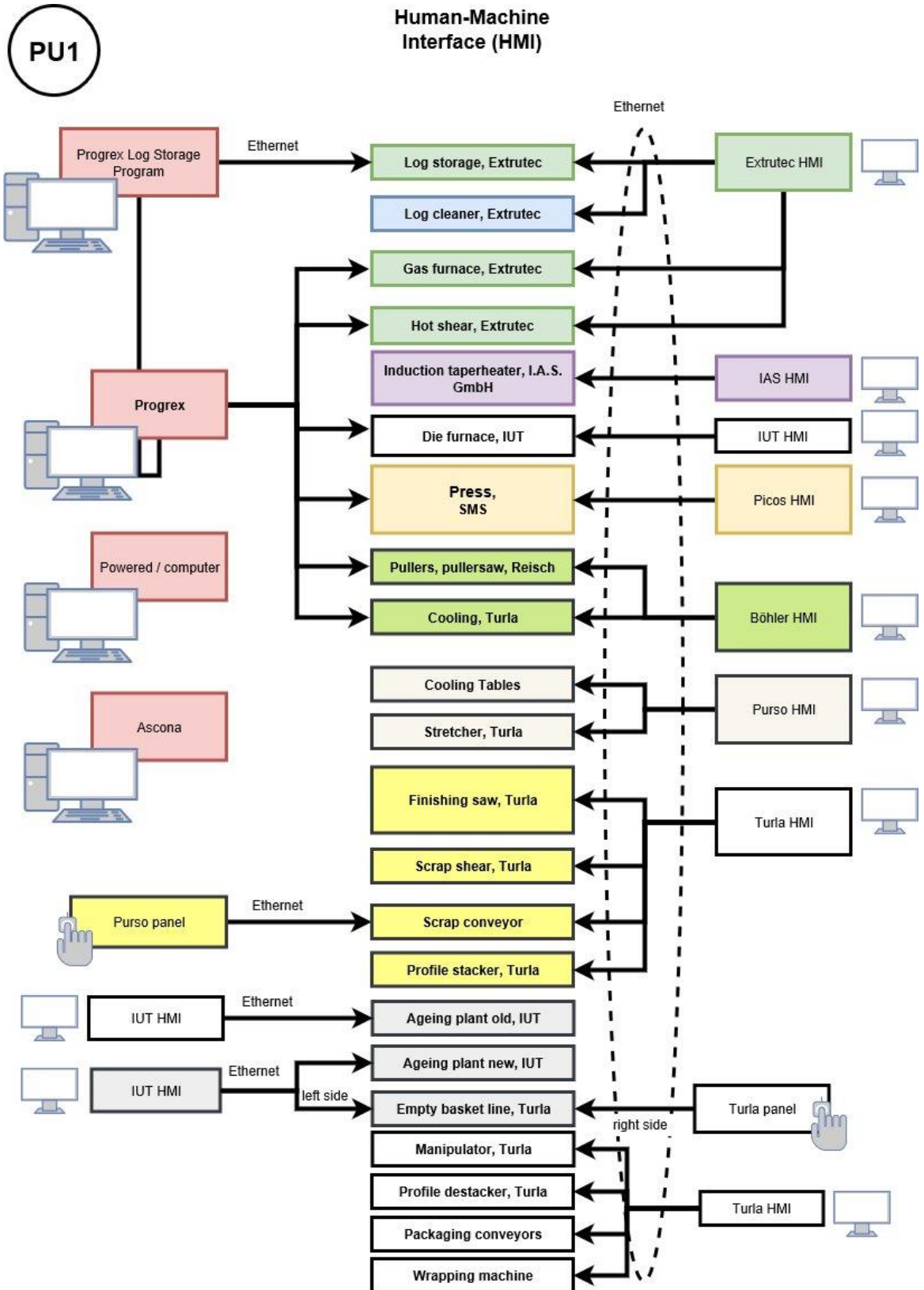


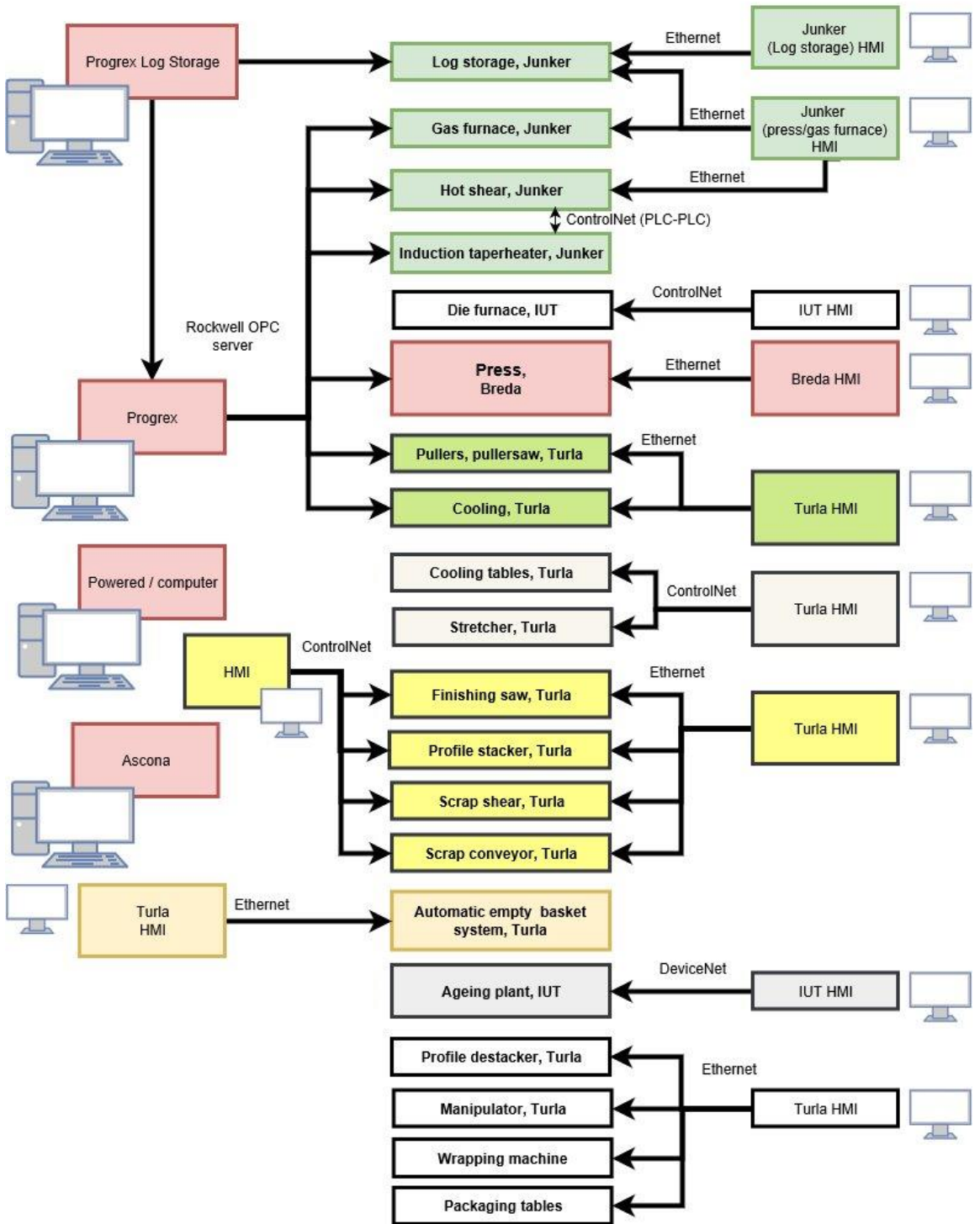
Figure: Press crew

14. HMI'S



PU3

Human-Machine Interface (HMI)

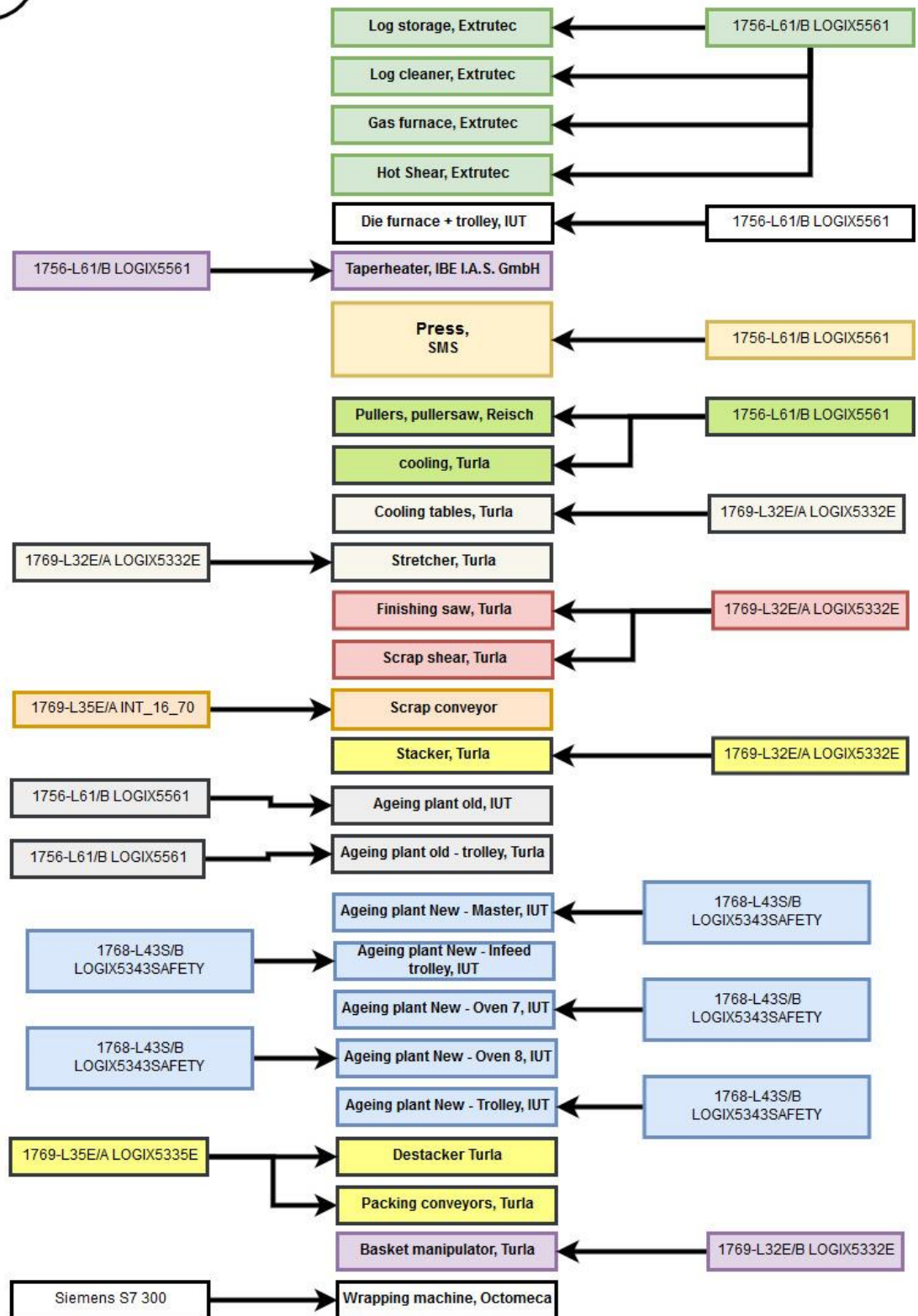


15. PLC'S

36 (40)

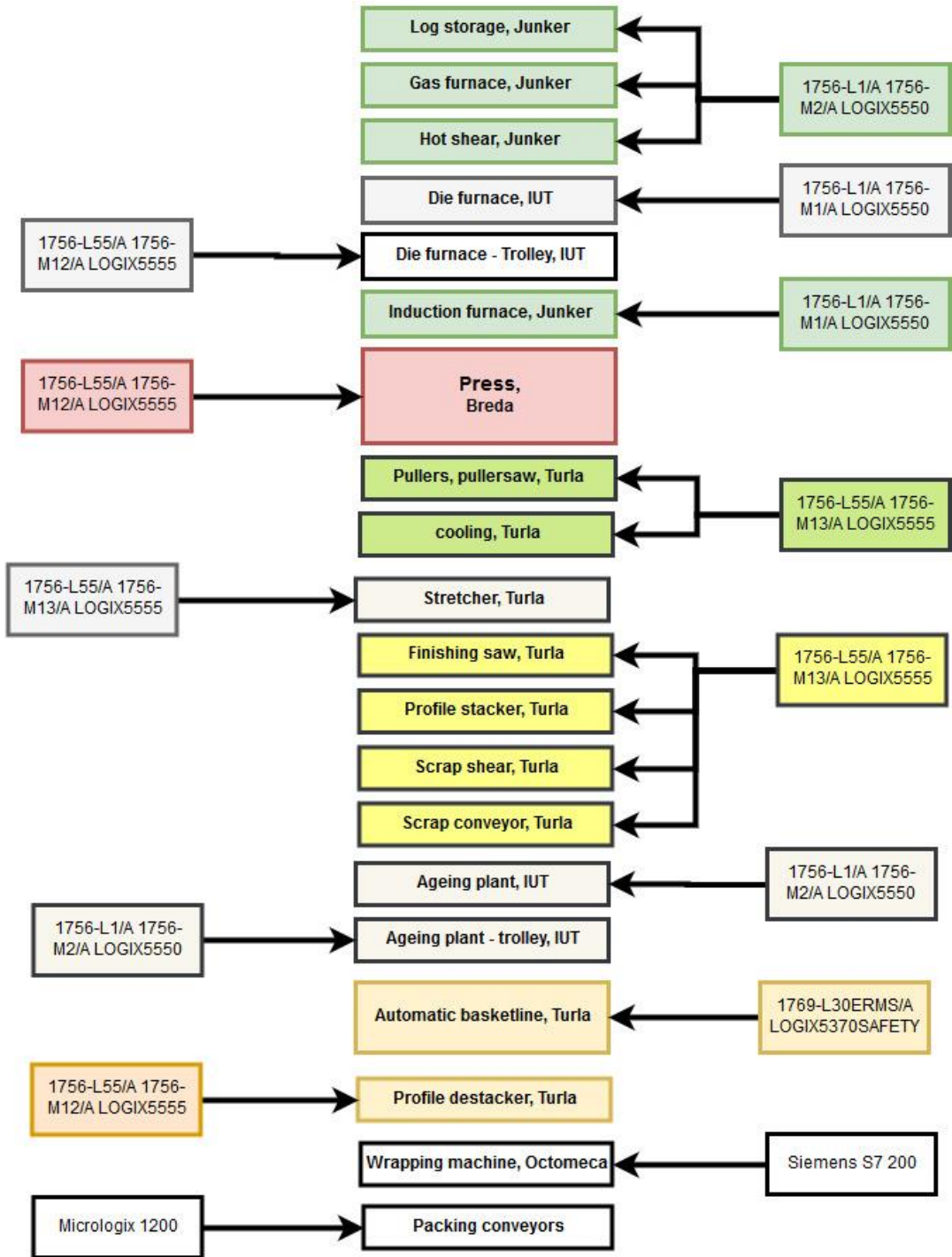
PU1

Programmable logic controllers (PLC)





Programmable logic controllers (PLC)



16. TABLES

38 (40)

System and process data is stored to plant/proxy-server databases (DB). Databases can be handled by SQL. Deeper understanding how system works and what information is stored and used, can be obtained by researching these databases.

Table 1 Tables containing data from ERP to Progrex

Table name	Description
PROFILE	List of produced profiles
DIE	List of available dies
CORRECTION_URGENCY	Die correction urgency codes
KNOCKOFF_REASON	Die knockoff codes
ALLOY	List of used alloys
BILLET_LOG_ITEM	List of billet types
CAST	List of available casts
SHIFT	List of planned shifts
PRESS_LINE_UP	List of planned jobs
DOWNTIME_CODE	Downtime codes
OPERATOR	Operators and teams

Table 2 Tables containing collected data from Progrex to ERP

Table name	Description
DIE_STATUS_MSG	Die status change
DOWNTIME_MSG	Downtimes
MATERIAL_INPUT_MSG	Material usage
ORDER_FINISH_MSG	Order start / finish
PHASE_MSG	Order phase change
BILLET	Collected billet data
DCT_Comps	DCT (Dead cycle time) components
PressAlarms	Alarm logging
RECIPE_REASON	Recipe deviation logging
DIE_TRIAL_MSG	Die trial message

Some important key identifiers, used in Progrex-system:

Column	Description
JOB_NR	Job number
JOB_EX_SNR	Job run number
JOB_RESKEY	Job Reskey (ERP)
PRESS_GRP	Extrusion line number
PRESS_RSRC	Press ID
PROFILE	Profile number
DIE_SNR	Die sequence number
COR_U_CODE	Correction urgency code
KNO_R_CODE	Knockoff reason code
MAIN_CODE	Main downtime code
SUB_CODE	Sub downtime code
OPER_NAME	Operator name
CREW_CDE	Team
SHIFT_CDE	Shift code
EMPL_ID	Logged in user number
CAST_NR	Cast number
ALLOY	Alloy code
TEMPER	Hardness
SURF_QUAL	Surface quality
DIE_HOLES	Number of cavities in a die
BLT_TYPE	Billet type code
WPL_NOM	Nominal weight per lenght

17. REFERENCES

17.1 Documents

Document	Type	Press	File extension	Description
ISO 9001 ja 14001	File	-		Instructions at Purso by ISO 9001 and 14001 standards
Data from ERP	Excel	-	.xlsx	Data from ERP -table
Collected Data- Sisältää Die trial taulun	Excel	-	.xlsx	Collected data -table
PROGREX Press Control User Guide v1.2	manual	-	.docx	Press Control User Guide. Princip.
PROGREX Recipe Manager User Guide	manual	-	.docx	Recipe Manager User Guide. Princip.
PROGREX System architecture Pre-Study	document	-	.docx	Progrex System architecture. Princip.
IBE900LM Käyttöohje Osat 1 & 2	manual	PU3	.pdf	Junker O. Junker IBE 900 LM käyttöohje. Otto Junker GmbH.
IAS_Purso_Doc	manual	PU1	.pdf	Inductive furnace Interface manual. I.A.S. GmbH.
Manual	manual	PU1	.pdf	Operating and Maintenance Manual. Mains Frequency Induction Billet Heating Plant (Tem-Pro-Heater®). Induktions-Anlagen + Service GmbH & Co. KG.
Data of log cleaning machine 2015A022	document	PU1	.pdf	Log cleaning machine specs. Extrutech.
PursoS3 OperatorManual English 090205	manual	PU1	.doc	Die furnace manual. IUT.
BA_Puller_Purso_V1.1	manual	PU1	.pdf	Puller with flying cut manual. Reisch.
PICOSB28ST_FIN	manual	PU1	.pdf	Press control, Picos interface manual. SMS.
OperatorInstructionAgeing-plant-eng	Operator Instructions	PU3	.pdf	Ageing area operator instructions. Electrical Control Solutions AB.
Operator instruction 45113_English_Beta	Operator Instructions	PU1	.pdf	Ageing area operator instructions. Electrical Control Solutions AB / IUT.