

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**AVTOMATIZACIJA VARJENJA ODCEPOV
STATORJA Z USMERNIKOM NA MONTAŽNI LINIJI
ALTERNATORJEV**

DIPLOMSKO DELO

Tine Škerl

Mentor: prof. dr. Imre Cikajlo

Nova Gorica, 2010

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela bi se rad zahvalil mentorju prof. dr. Imretu Cikajlu, ki me je s svojim strokovnim znanjem usmerjal in svetoval. Za pomoč pri zbiranju internega strokovnega gradiva in svetovanju pri tehničnem področju dela bi se rad zahvalil Marku Filipčiču zaposlenemu v Iskri Avtoelektriki d. d., kot tehnolog montažne linije.

Še posebej sem hvaležen svojemu očetu, ker je verjel vame in me spodbujal tudi v najtežjih trenutkih.

NASLOV

Avtomatizacija varjenja odcepov statorja z usmernikom na montažni liniji alternatorjev

IZVLEČEK

Če hočejo biti podjetja v današnjem času konkurenčna, se morajo posvečati zmanjševanju stroškov, kvaliteti, novim tehnologijam, ekologiji, prilagajati se morajo kupcu itn. Prav zato je avtomatizacija pomembna in je bila odločilna pri izbiri teme diplomskega dela. Z avtomatizacijo zmanjšujemo stroške dela, stroške materiala, povečujemo kvaliteto..., skratka vse, kar je pomembno za »preživetje« podjetja. Namen diplomskega dela je prikazati delovanje montažne linije z notranjim ventilatorjem, predstavitev najbolj problematične operacije, opis možnih rešitev in izbira najustreznejše. Prvi del diplomskega dela zajema predstavitev podjetja in poslovne enote (PE) Alternatorji ter opis glavnega problema. Drugi del pa zajema možnosti rešitve problema z ustrezno izbiro. Do ustrezne izbire tehnologije smo prišli z različnimi orodji, s katerimi se lažje odločimo med več možnimi (Paretov diagram, mrežni diagram, ocena ekonomske upravičenosti, interna stopnja donosa (ISD) in neto sedanja vrednost (NSV)). Za najustreznejšo rešitev se je izkazala avtomatizacija s tehnologijo uporovnega varjenja. Z novo investicijo odpravimo dve delovni mesti, ugodimo direktivi 2000/53/EC, odpravimo strupene pline, ki jih povzroča spajkanje, povečamo kvaliteto spoja in zmanjšamo možnost odpovedi kupca. Ekonomska ocena upravičenosti nam je tudi pokazala, da je (NSV) 235.000 EUR ter (ISD) 48 %. Rezultati rešitev so utemeljeni predvsem na podlagi praktičnih dejstev, zato so izsledki diplomskega dela tudi v praksi izvedljivi.

KLJUČNE BESEDE

Spajkanje, varjenje, alternator, montažna linija

TITLE

Automation of contacts welding to the stator with rectifier on the assembly line of alternators

ABSTRACT

If companies wish to be competitive nowadays, they have to devote their efforts to reducing costs, achieving high quality, introducing new technologies, meeting ecological standards, complying with customers' requests, etc. This is the reason why the issue of automation is significant and played a key role in choosing the topic of the diploma thesis. Automation reduces the labour costs, the cost of material, increases quality; therefore it significantly contributes to a company's survival. The aim of the thesis is to present the functional capabilities of the assembly line with an internal fan, to present the most problematic operations, to describe the possible solutions and select the most appropriate. The first part of the thesis comprises the presentation of the company and the Alternators Business Unit as well as the description of the main problem. The second part, however, considers the possible solutions of the problem. The most appropriate selection was determined using specific tools for system engineering (a Pareto chart, a network diagram, the internal return of investment (ROI) and the net present value (NPV). Automation using the electric resistance welding technology proved to be the most appropriate solution. The new investment replaces two posts, meets the requirements of the Directive 2000/53/EC, eliminates the poisonous gases caused by soldering, increases the quality of the joint and reduces the possibility of customer cancellation and the internal return of investment. The net present value of the investment was 235.000 EUR and that the internal return of investment was 48 %. The results of the proposed solutions were obtained from industrial practice; therefore the findings are feasible in practice.

KEYWORDS

Soldering, welding, alternator, assembly line

KAZALO

1	UVOD.....	1
2	PREDSTAVITEV PODJETJA ISKRA AVTOELEKTRIKA.....	2
2.1	Zgodovina.....	2
2.2	Poslanstvo.....	2
2.3	Vizija	3
2.4	Organiziranost podjetja	3
3	PE AVTOELEKTRIKA – ALTERNATORJI	7
3.1	Opis proizvodnje	8
3.2	Montažna linija alternatorjev z notranjim ventilatorjem	9
4	ANALIZA PROBLEMOV NA MONTAŽNI LINIJI.....	12
4.1	Definicija problema montažne linije	14
4.2	Opis operacije spajkanja.....	15
4.3	Iskanje vzrokov za težave.....	16
5	REŠEVANJE PROBLEMA NA MONTAŽNI LINIJI.....	19
5.1	Tehnologije varjenja	21
5.1.1	Lasersko varjenje	25
5.1.2	Ultrazvočno varjenje	26
5.1.3	Uporovno varjenje.....	26
5.1.4	Volframov inertni plinski proces - TIG-varjenje	27
5.2	Izbira ustrezne rešitve.....	27

5.3	Upravičenost predlagane rešitve.....	28
5.3.1	Tržna predvidevanja.....	28
5.3.2	Časovni normativi – obstoječe stanje.....	29
5.3.3	Časovni normativi – po investiciji	31
5.3.4	Predvideni stroški dela pred in po investiciji	32
5.3.5	Predvideni stroški materiala pred in po investiciji	33
5.3.6	Investicijski program.....	34
5.3.7	Celotna ocena ekonomske upravičenosti	35
6	AVTOMATIZACIJA VARJENJA ODCEPOV	37
6.1	Realizacija izbrane rešitve.....	37
6.1.1	Opis varjenja	38
6.1.2	Avtomatizacija varjenja	39
6.2	Preizkus predlagane rešitve	39
7	ZAKLJUČEK.....	41
8	LITERATURA	42

KAZALO SLIK

Slika 1: Inovacije v rotaciji (Intranet IAE, 2010)	3
Slika 2: Lastniška struktura IAE na dan 14. 5. 2010 (Internet Iskra, 2010).....	4
Slika 3: Organizacijska shema IAE (Intranet IAE, 2010).....	6
Slika 4: Tipi alternatorjev (Internet Iskra, 2010)	7
Slika 5: Prerez alternatorja in prikaz glavnih delov	9
Slika 6: Primer prikaza parametrov v bazi podatkov in meritev el. Nadzora	11
Slika 7: Prikaz montažne linije (Elaborat, 2010)	13
Slika 8: Prikaz dobrega in slabega spoja.....	16
Slika 10: Prikaz napak v Pareto diagramu	17
Slika 11: Prikaz reklamacije zaradi taljenja spajke (Reklamacijski zapisnik, 2010) .	18
Slika 12: Prerez spoja spajkanega s spajko višjega tališča	18
Slika 14: Stisnjena zanka z odcepoma statorja (Reklamacijski zapisnik, 2010).....	21
Slika 15: Postavitev statorskih odcepov po stisnjenih zankah	21
Slika 16: Tržna predvidevanja (Elaborat, 2010)	29
Slika 17: Razmestitev novega stroja (Elaborat, 2010)	38
Slika 18: Shema uporovnega točkovnega varjenja (Uporovno varjenje, 2010).....	39
Slika 19: Preizkus varjenja AAN alt (Batista, 2007)	40

KAZALO TABEL

Tabela 1: Nazivi delovnih mest.....	14
Tabela 2: Možne kritične operacije.....	15
Tabela 3: Prikaz zbranih podatkov.....	17
Tabela 4: Tehnični podatki.....	21
Tabela 5: Varjenje z električno energijo	22
Tabela 6: Varjenje z mehansko energijo.....	23
Tabela 7: Varjenje s kemijsko energijo.....	24
Tabela 8: Ostale oblike varjenja.....	25
Tabela 9: Mrežni diagram	28
Tabela 10: Načrt prodaje po družinah v številu kos/leto (Elaborat, 2010)	29
Tabela 11: Čas operacij na montažni liniji in pripravi statorja	30
Tabela 12: Časovni normativi (h/100kos).....	30
Tabela 13: Število ur delavca po družinah/leto obstoječe stanje	31
Tabela 14: Čas operacij na montažni liniji in pripravi statorja po investiciji	31
Tabela 15: Število ur delavca ali stroja/leto po investiciji	32
Tabela 16: Stroški dela obstoječe stanje (v EUR).....	32
Tabela 17: Stroški dela po investiciji (v EUR)	33
Tabela 18: Strošek spajke in fluksa pred investicijo.....	33
Tabela 19: Strošek spajke in fluksa po investiciji	34
Tabela 20: Investicijski program.....	34

Tabela 21: Ocena ekonomske upravičenosti.....	36
Tabela 22: Parametri varjenja (Batista, 2007).....	40

1 UVOD

V diplomskem delu smo obravnavali montažno linijo alternatorjev z notranjim ventilatorjem in se posvetili delovnemu mestu spajkanja oz. v bodočnosti avtomatizaciji varjenja. Trenutno odcepe statorja spajkamo z ušesci usmernika ročno, za kar potrebujemo dve delavki. Glavna težava pri spajkanju je, da spajka ne zdrži večjih temperatur, ki nastajajo pri alternatorjih z večjimi tokovi (200 A). Poleg tega spajka, ki jo uporabljamo, vsebuje 5 % kositra (Sn), 1,5 % srebra (Ag) in 93,5 % svinca (Pb), DIREKTIVA 2000/53/EC pa navaja, da gradiva in komponente, vgrajene v vozila, med drugim ne bodo vsebovala svinca.

Namen diplomskega dela je preučiti, kakšne alternative sedanjemu spajkanju statorskih odcepov z usmernikom poznamo, in med njimi izbrati najboljšo, tako iz ekonomskega in tehnološkega vidika. S prehodom iz ročnega spajkanja na avtomatizacijo le-tega odpravimo dve delovni mesti (zmanjšanje stroškov dela), ugodimo direktivi 2000/53/EC in odpravimo problem taljenja spajke pri močnejših alternatorjih.

Najprej smo analizirali obstoječe stanje na montažni liniji (opis operacije spajkanja) in nato s pomočjo literature opisali različne možnosti rešitve. Temu je sledila izbira ustrezne rešitve z analizo upravičenosti ter nato opis predvidene implementacije. Cilj diplomskega dela je prikazati oz. upravičiti smotrnost nove investicije.

Pri diplomskem delu smo uporabljali za analiziranje in prikaz raznih ugotovitev orodja systemskega inženiringa, kot so npr. Paretov diagram, mrežni diagram, z analizo stroškov in koristi smo upravičili potrebno investicijo. Pri teoretičnem delu smo si pomagali z razno literaturo, tako z internim gradivom, svetovnim spletom kot s strokovno literaturo.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA ISKRA AVTOELEKTRIKA

2.1 Zgodovina

Začetki delovanja Iskre Avtoelektrike, (IAE) segajo v leto 1960, ko je bila ustanovljena poslovna enota Avtoelektrike s sedežem v Šempetru pri Gorici, vanjo pa prenesena proizvodnja avtoelektričnih proizvodov. V svoji preteklosti so doživljali hiter razvoj, oblikovali so nas izzivi domačega in tujih trgov, na katere so bili usmerjeni od vsega začetka. Ob proizvodnji so se kasneje razvile spremljajoče dejavnosti, tako da danes v Iskri Avtoelektriki v celoti in samostojno obvladujejo vse poslovne procese.

Leta 1990 je IAE, začela poslovati kot družbeno podjetje, od leta 1991 pa je registrirana kot delniška družba. Leta 1997 je bilo zaključeno lastniško preoblikovanje podjetja. V letu 2004 pa je IAE, d. d. delnice uvrstila na organiziran trg vrednostnih papirjev na Ljubljanski borzi.

V matični družbi je zaposlenih 1500 ljudi, v celotni skupini pa skoraj 2500, kar jih uvršča med največje industrijske družbe. Danes realizirajo preko 94 % prodaje na razvitih trgih Evropske unije, Severne Amerike in ostalih razvitih in stabilnih trgih sveta. To jih uvršča med največje izvoznike v slovenskem prostoru. Z lastno prodajno mrežo in podjetji doma ter v tujini delovanje vse bolj globaliziramo (Intranet IAE, 2010).

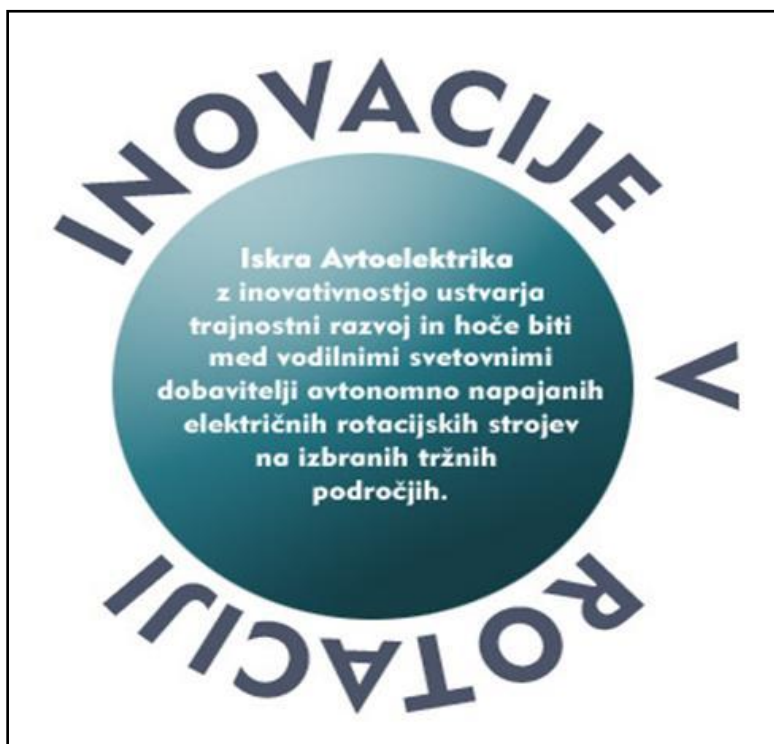
2.2 Poslanstvo

IAE, d. d. je globalna dobaviteljica zaganjalnikov in generatorjev za motorje z notranjim zgorevanjem, električnih pogonskih in mehatronskih sistemov ter delov. Te programe dopolnjuje še program proizvodni sistemi.

IAE, d. d. razvija, proizvaja in trži globalno z lastno proizvodno in prodajno-distribucijsko mrežo, ki poleg podpore industrijskim odjemalcem trži tudi širok izbor proizvodov za drugo vgradnjo. IAE, d. d. je prepoznavna po inovativnosti, trajnostnem razvoju, kakovosti proizvodov in procesov, poslovni odličnosti ter veliki

tržni in razvojni podpori svojim odjemalcem. Prepoznavnost temelji na kompetentnih ljudeh in prožnih poslovnih sistemih (Intranet IAE, 2010).

2.3 Vizija



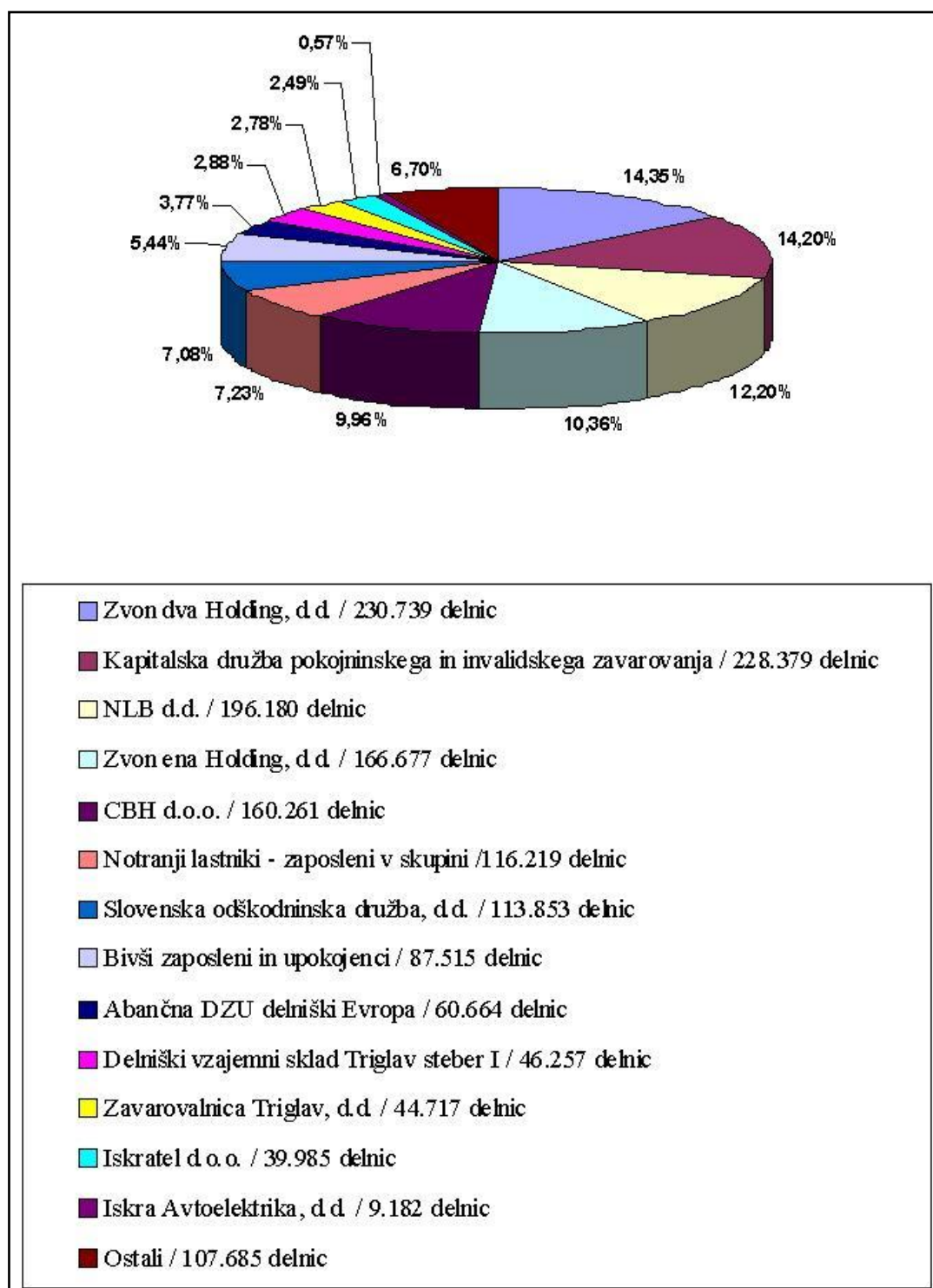
Slika 1: Inovacije v rotaciji (Intranet IAE, 2010)

2.4 Organiziranost podjetja

V IAE, d. d. pri delu uporabljamo izraze in pojme, ki se nam jih zdi smiselno predstaviti.

Delniška družba (okrajšava d. d.) je gospodarska družba, ki ima veliko lastnikov, imenovanih delničarji (slika 2). IAE, d. d., je torej najprej delniška družba. Vendar pa jo lahko imenujemo tudi obvladujoča družba ali pa kar »mati«, ker ima nekaj svojih »otrok«, ki jih imenujemo odvisne družbe, povezana podjetja ali pa kar hčerinske družbe. To so različna trgovska in proizvodna podjetja, ki poslujejo v Sloveniji in tujini. Vse odvisne družbe so v večinski lasti obvladujoče družbe, kar pomeni, da

IAE, d. d. samostojno upravlja z njimi. Celotni družbi oziroma skupini podjetij pravimo skupina Iskra Avtoelektrika (Intranet IAE, 2010).



Slika 2: Lastniška struktura IAE na dan 14. 5. 2010 (Internet Iskra, 2010)

IAE, d. d., sestavljajo naslednje organizacijske enote: uprava družbe, šest strateških poslovnih enot (PE), osem direktij in inštitut za električne rotacijske naprave.

Strateško poslovne enote so osrednje enote in so organizirane za obvladovanje ključnih procesov pridobivanja naročil, razvoja izdelkov in proizvodnje ter dobave izdelkov kupcem. PE-ji pokrivajo zaokrožen program izdelkov, kar povedo že njihova imena: PE Avtoelektrika, PE Pogonski sistemi, PE Mehatronika, PE Hibridni sistemi PE Sestavni deli in orodja. Z lastno prodajo so približane kupcem, z nabavno logistiko dobaviteljem, lastni razvoj v PE-ju pa deluje povezovalno med kupci, prodajo, tehnologijo in investicijami za nove proizvode. Proizvodni PE-ji prodajo svoje izdelke neposredno končnim kupcem za prvo vgradnjo, PE Trading pa pokriva in organizira prodajo vseh izdelkov kupcem druge vgradnje (slika 3).

Direkcije (Kakovosti, ravnanja z ljudmi, Prodaje, Nabave, Tehnike, Financ, Ekonomike, Organizacije in Informatike) in Inštitut za električne rotacijske sisteme opravljajo poslovne funkcije, ki so praviloma skupne za celotno IAE, d. d. (Intranet IAE, 2010).

V skupini Iskra Avtoelektrika so naslednja podjetja:

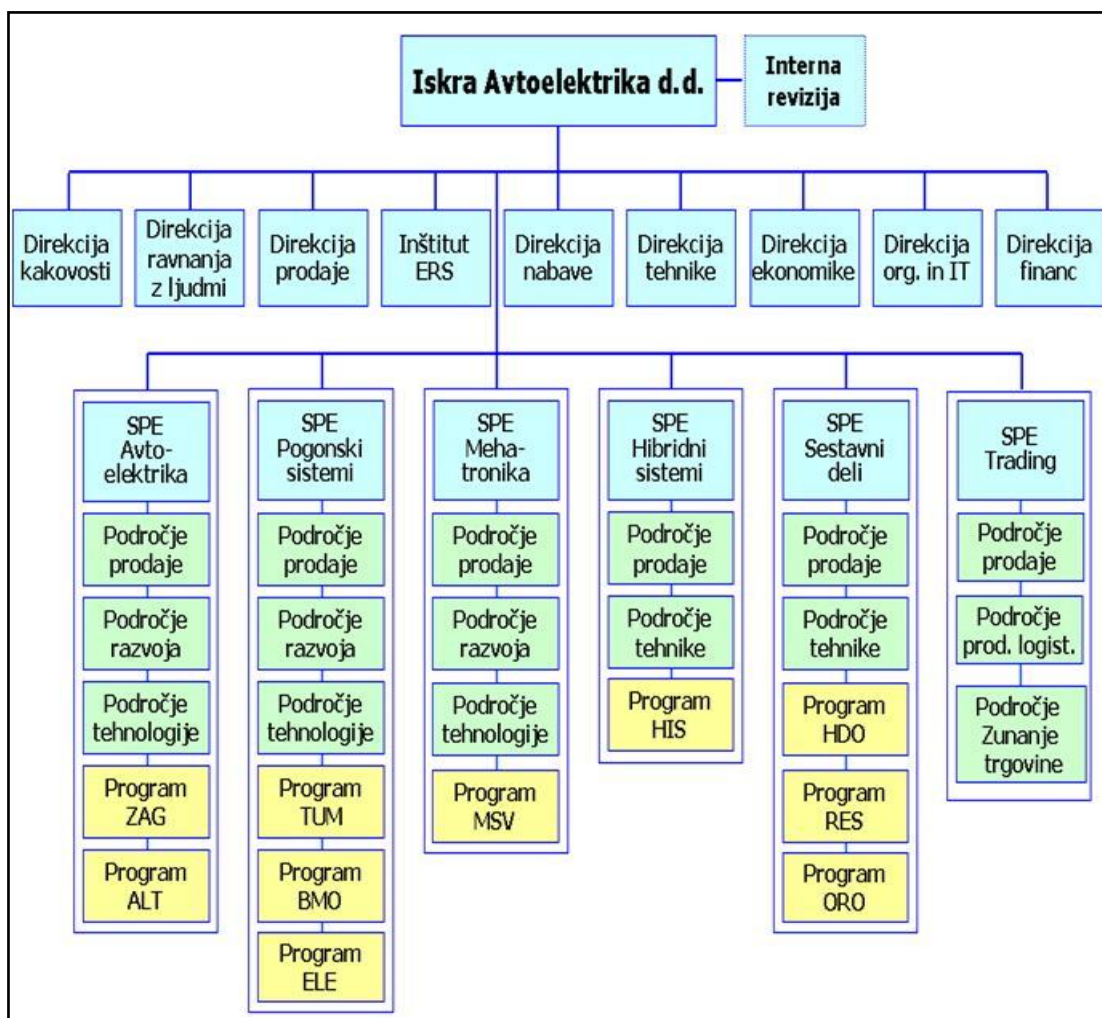
- Iskra Avtoelektrika d. d., Šempeter pri Gorici (kot obvladujoča družba),
- Iskra Avtoelektrika Avto deli, d. o. o., Bovec,
- Iskra Avtoelektrika Livarna, d. o. o., Komen,
- Iskra Avtoelektrika Asing, d. o. o., Šempeter pri Gorici.

V lasti skupine so naslednja proizvodna podjetja v tujini:

- Iskra AE Komponente, d. o. o., Bosna in Hercegovina,
- IskRa, d. o. o., Belorusija,
- Iskra Autoelectric, Ltd., Iran,
- Iskra Suzhou Autoelectric Co., Kitajska,
- Changchun Fawer Iskra, Ltd., Kitajska,
- Iskra do Brasil, Ltda., Brazilija.

V lasti skupine so naslednja trgovska podjetja v tujini:

- Iskra Autoelectrique S.A., Francija (in njena podružnica v Španiji),
- Iskra Autel S.r.l., Italija,
- Iskra Deutchland GmbH., Nemčija,
- Iskra UK, Ltd., Velika Britanija,
- Iskra AE, Inc., ZDA (Intranet IAE).



Slika 3: Organizacijska shema IAE (Intranet IAE, 2010)

3 PE AVTOELEKTRIKA – ALTERNATORJI

Moje diplomsko delo se bo nanašalo predvsem na program alternatorjev, ki spada pod poslovno enoto Avtoelektrika. Zato smo v nadaljevanju podrobneje opisali prav program alternatorjev.

Program zajema širok izbor alternatorjev, namenjenih vgradnji na vse vrste bencinskih in dizelskih motorjev. Posamezne družine in izvedbe alternatorjev so po konstrukciji prilagojene delovanju v pogojih, ki jih določa uporaba na osebnih in gospodarskih vozilih, avtobusih, traktorjih ter gradbeni in ostali mehanizaciji. Rezultat tehničnih inovacij so različne družine alternatorjev, ki so zasnovani v kompaktni izvedbi z notranjima ventilatorjema, v klasični izvedbi z zunanjim ventilatorjem ter tekočinsko hlajeni alternatorji z dodatnimi trajnimi magneti med krempljastimi poli, kar je prikazano na sliki 4 (Internet Iskra, 2010).



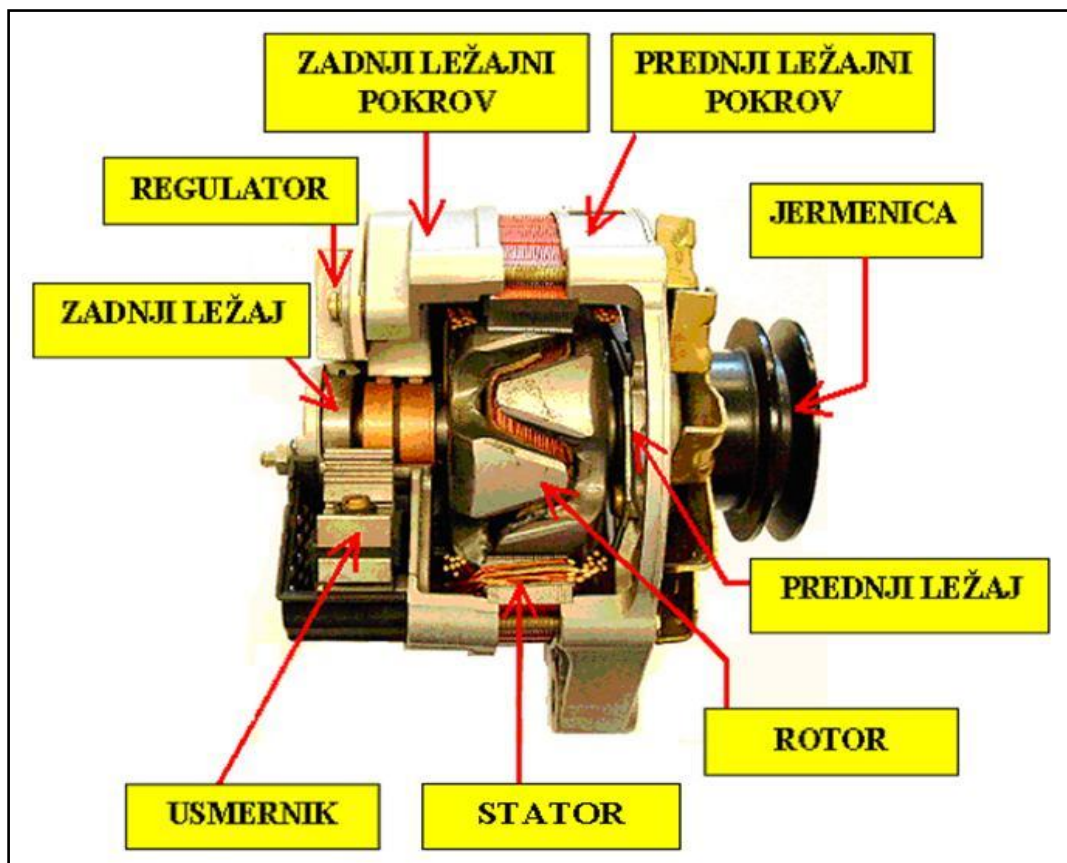
Slika 4: Tipi alternatorjev (Internet Iskra, 2010)

3.1 Opis proizvodnje

Trenutno imajo v programu alternatorjev (v nadaljevanju ALT) sedem osnovnih poslovnih enot (OPE), in sicer: OPE 7 Rotor, OPE 8 Stator, OPE 9 Elektronski deli, OPE 10 Montaža ALT, OPE 11 Montaža ALT – NV, OPE 12 LC generatorji in OPE 13 RD + CKD. Že ime prvih treh OPE-jev pove, da so to enote, ki proizvajajo podsestave za alternator, to so: stator, rotor in usmernik. Nadalje sta dve montažni liniji za sestavo končnih izdelkov (alternatorjev) OPE 10, to je montaža klasičnih ALT z zunanjim ventilatorjem tipa AAK in AAG, ter OPE 11, kjer se sestavlja alternatorje z notranjim ventilatorjem oz. kompaktni alternatorji tipa AAK-NV, AAG-NV in AAN-NV. OPE 12 sestavlja alternatorje tipa AAL, AAN tekočinsko hlajeni, AAP tekočinsko hlajeni in tip AAT, na OPE-ju 13 pakirajo izdelke oz. podsestave za rezervne dele in pakiranje podsestavov za naša proizvodna podjetja v tujini. Pri tipu alternatorja pomenita prvi dve oznaki (AA) Avtoelektrika-Alternatorji, zadnja črka pa jih razvršča glede na velikost premera statorskega paketa npr.: G-108 mm, K-125 mm, N-142 mm in T-165,5 mm. Dodatna oznaka NV pomeni, da je alternator z notranjim ventilatorjem.

Na sliki 5 so prikazani glavni deli alternatorja, ki predstavljajo 90 % vrednosti materiala končanega izdelka. V matičnem podjetju od glavnih podsestavov proizvajajo le še stator, rotor in usmernik, vse ostalo jim dobavljajo naši dobavitelji. Prav zaradi tega je planiranje in usklajevanje proizvodnje s pravočasnimi dobavami materiala še posebej zapleteno, saj imamo dobavitelje doma in v tujini.

Leta 2005 so uvedli informacijski sistem SAP, ki jim pomaga pri boljšem pregledu materiala, hitrejši odzivnosti, boljšem planiranju in odgovornosti posameznih oseb. V začetku so imeli kar nekaj težav, predvsem zato, ker niso upoštevali navodil SAP-a, ki zahteva disciplino in drugačno organizacijo predvsem zaradi pregleda odgovornosti posameznih oseb. V štirih letih, odkar imajo ta informacijski sistem, so marsikaj izboljšali, kar nekaj pa jih še čaka.



Slika 5: Prerez alternatorja in prikaz glavnih delov

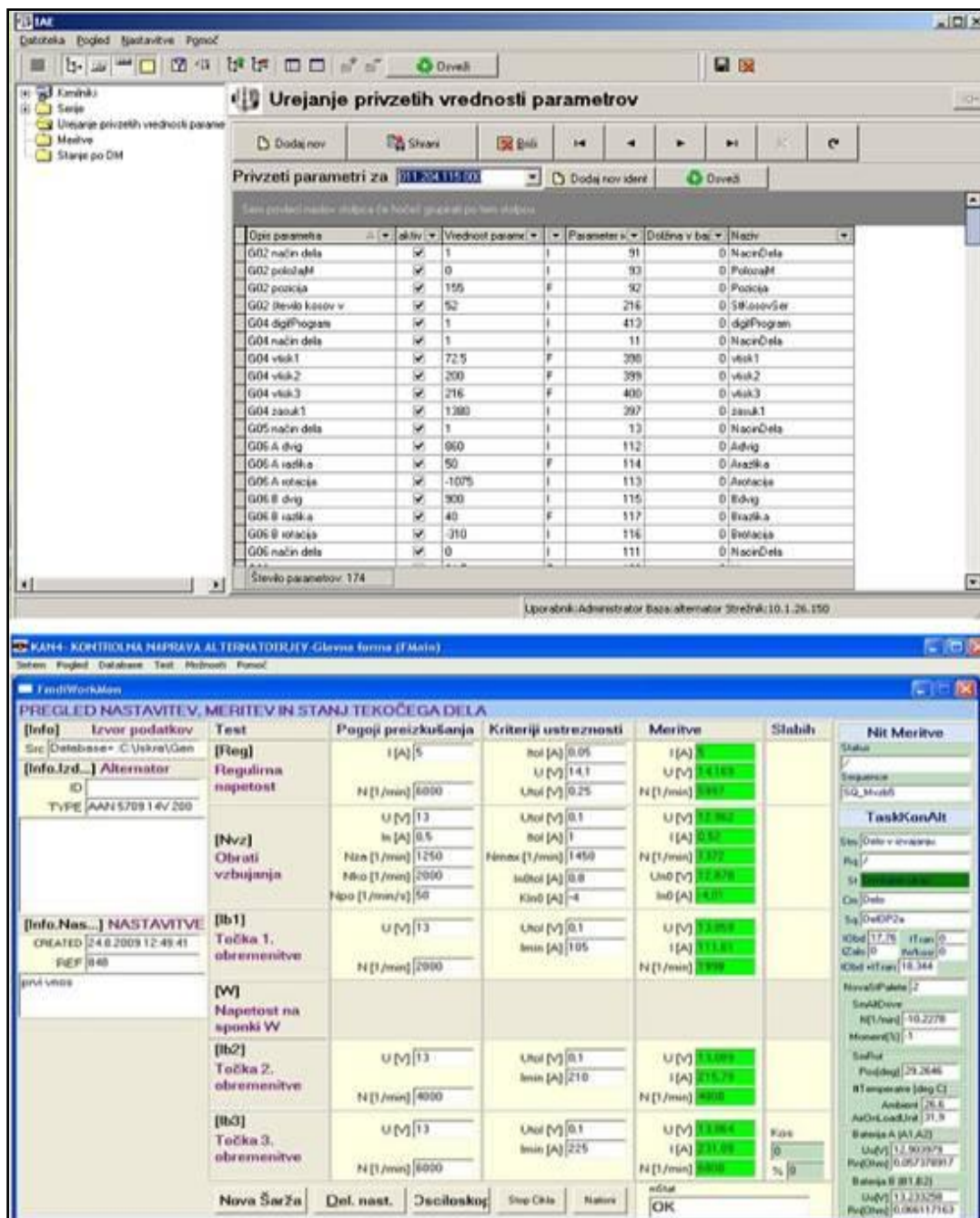
Planiranje proizvodnje se začne z naročilom, za katerega so odgovorni v službi prodaje, kjer se dogovarjajo o količini naročila in o datumu dobave. Naročilo sprejme planska služba, ki preko SAP-sistema naroči material za proizvodnjo in kreira delovne naloge, na podlagi katerih v proizvodnji tudi delajo. Vedno so potrebna še dodatna usklajevanja, za katera je odgovoren vodja programa z vodji OPE-jev. Potek proizvodnje je zapleten, saj delamo več različnih družin alternatorjev. Vsaka linija oz. OPE ima različne pogoje optimalne proizvodnje. Že vrsto let težijo k temu, da bi bila proizvodnja čim bolj vitka, kar jim delno uspeva, delno pa tudi ne in prav tu so še določene rezerve.

3.2 Montažna linija alternatorjev z notranjim ventilatorjem

Na grobo ločimo alternatorje na hlajenje z notranjim ventilatorjem in zunanji ventilatorjem, to pomeni, da je pri prvi izvedbi ventilator privarjen na kremplja rotorja, pri drugi pa je ventilator tik za jermenskim sklopom, torej izven ohišja

alternatorja. Montaža poteka na dveh ločenih montažnih linijah. Moje diplomsko delo se bo nanašalo na montažno linijo z notranjim ventilatorjem, na kateri se izdeluje družine AAK-nv, AAN-nv in AAG-nv.

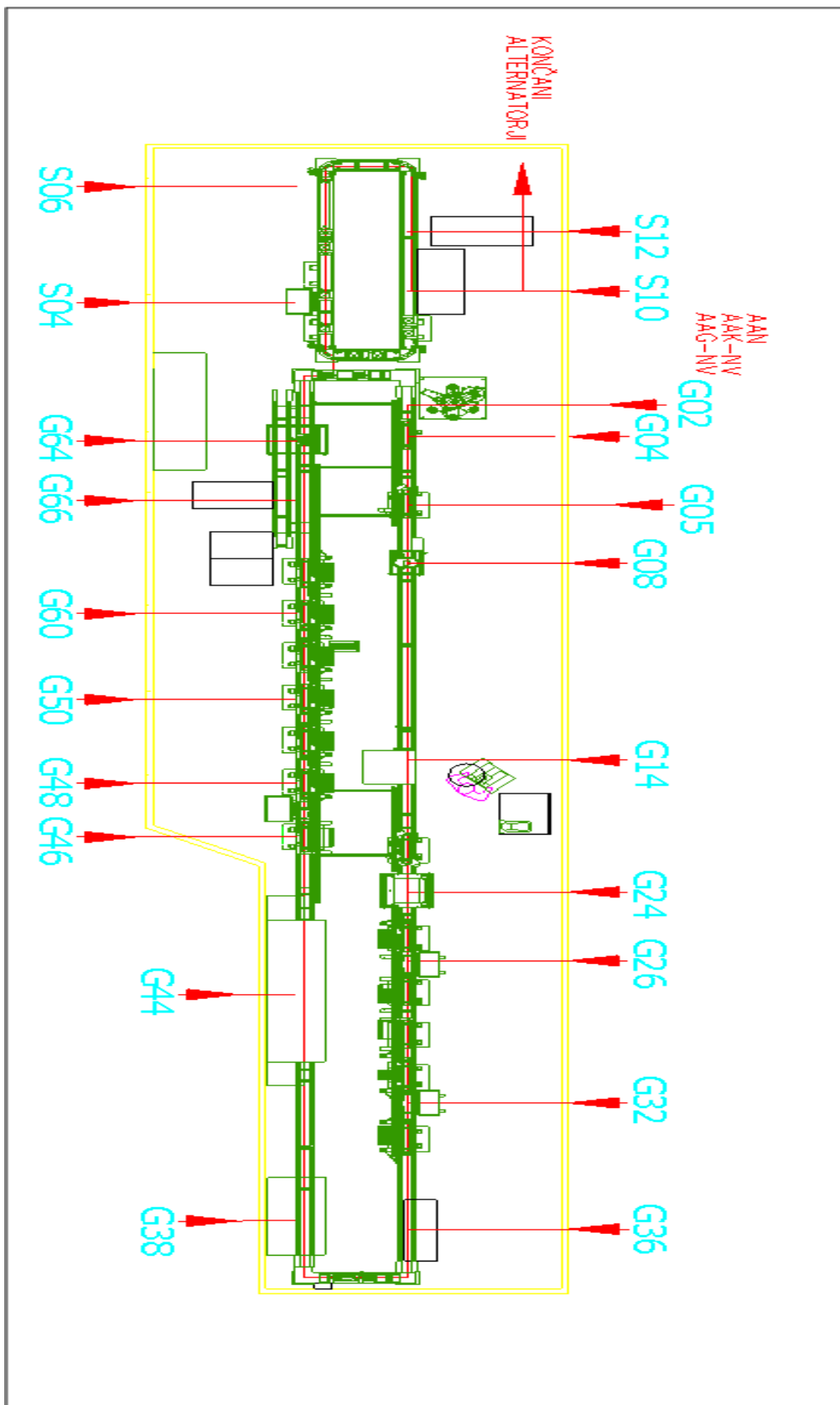
Linija spada med modernejše montažne linije. Za transport uporabljamo paletni sistem, več delovnih mest pa je avtomatiziranih. Vsi stroji in vsa ročna delovna mesta so povezani z glavnim računalnikom (baza podatkov). Prenos podatkov je možen tako iz stroja v bazo podatkov kot tudi iz baze podatkov na stroj, za kar skrbi program za prenos podatkov GPR. Vsaka paleta, na kateri je izdelek, ima svoj čip (moby), ki vsebuje naslednje podatke: kodo alternatorja, številko palete in datum začetka serije. Na (moby) je možno pisati in brisati, vendar samo na mestu popravila in na prvem delovnem mestu, kjer se serija začne. V bazi podatkov so shranjeni parametri nastavitve stroja za vsako kodo alternatorja in vsa zgodovina meritev na posameznih strojih in izdelanih serij. Pri vsakem preurejanju se za vsak stroj prenesejo parametri iz baze, tako da delavec, ki preureja, zamenja samo orodja, ki so potrebna pri različnih družinah alternatorjev. Zelo pomembno je shranjevanje napak, tako njihovo število kot tudi opis napake. Zato imajo v programu za pošiljanje palet iz mesta popravila šifrant napak, v katerem mora serviser najprej izbrati napako, ki jo je odpravil, šele nato lahko pošlje paletu na določeno delovno mesto. Nadzor končnih izdelkov je mehanski in električni, slednji nima povezave z bazo podatkov linije, temveč shranjuje podatke (meritve) v svojem programu za vsako kodo posebej (slika 6).



Slika 6: Primer prikaza parametrov v bazi podatkov in meritev el. Nadzora

4 ANALIZA PROBLEMOV NA MONTAŽNI LINIJI

Za sestavo končnega izdelka je potrebnih 15 delovnih operacij, od katerih so 3 popolnoma avtomatizirane, v sklopu traku pa je tudi delovno mesto popravila (slika 7). Vsako delovno mesto je označeno s črko G ali S in številko, na primer G02. Proces montaže se začne z operacijo natikanja ležajev v prednji ležajni pokrov (PLP) s privijanjem pritiskne ploščice. Delavka nastavi na stroj PLP potreben ležaj in pritiskno ploščico, stroj pa avtomatsko doda vijake in jih privije na nastavljen moment npr. 2,9–4,1 Nm. Sledi vstavljanje statorja v PLP G04. Delavka pregleda podsestav in ga vstavi v stroj v pravilni legi, stroj pa ga vtisne v PLP avtomatsko. Tretja operacija je vstavljanje rotorja, na katerem je vtisnjen zadnji ležaj, tako da mora delavec vstaviti rotor v PLP in pritisniti tipko za naslednjo operacijo. Sledi vtiskanje vijakov v ZLP in vtiskanje le-tega na zadnji ležaj oz. statorski paket. Delavka ročno nastavi ZLP na ležaj in vstavi štiri stojne vijake, potem se izvede avtomatsko natikanje z merjenjem natisne sile. Naslednja operacija je avtomatsko privijanje stojnih vijakov z električnimi vijačniki, s katerimi merimo pri vsakem privijanju tudi privijalni moment. V primeru, da na predhodni operaciji delavka pozabi vstaviti vijak, stroj paleto označi kot slabo, ta pa potuje do delovnega mesta popravila. Naslednji operaciji sta vstavljanje usmernika in regulatorja, ki pa sta ročni delovni mesti. Privijanje usmernika in regulatorja se izvede avtomatsko z merjenjem privijalnega momenta, podobno kot na operaciji privijanja stojnih vijakov. Ušesca na usmerniku je treba stisniti pred operacijo spajkanja in tudi ta operacija je avtomatizirana. Zaradi takta linije sta na tem stroju potrebni dve postaji. Nato sledi spajkanje usmernika s statorskimi odcepi, s katerim se bomo v nadaljevanju tudi podrobneje ukvarjali. Po tej operaciji je treba na alternator namestiti še zaščitni pokrov in namestiti ustrezne podložke ter matice na priključke, preden se izvede avtomatska električna kontrola. Če je po kontroli z alternatorjem vse v redu, se lahko izvede še zadnja operacija, in sicer sestava jermenskega sklopa. Ko delavec sestavi jermenski sklop, se izvede avtomatsko privijanje z merjenjem privitega momenta. Končan izdelek je treba še mehansko pregledati, za kar mora biti delavec posebno usposobljen. Pregledan izdelek se zapakira v za to namenjene embalažne enote. Zahtevnejše operacije so spajkanje, delovno mesto popravila (serviser) in mehanska kontrola (tabela 1).



Slika 7: Prikaz montažne linije (Elaborat, 2010)

Tabela 1: Nazivi delovnih mest

ZAP. ŠT.	NAZIV DELOVNEGA MESTA
G02	Vtisniti ležaj v PLP in priviti pritiskno ploščico
G04	Vstaviti stator v PLP
G05	Vstaviti rotorja
G08	Natikanje rotorja v PLP
G14	Namestiti ZLP na sestav in vstaviti stojne vijake
G24	Priviti stojne vijake
G26	Namestiti usmernik na sestav
G32	Namestiti regulator na sestav
G36	Priviti usmernik in regulator
G38	Stisniti zanke usmernika
G46	Ročno spajkati spoje
G48	Ročno spajkati spoje
G50	Namestiti zaščitni pokrov
G60	Namestiti jezičke, matice, podložke na priključke
G66	Popravilo
G64	Električna kontrola
S04	Namestiti jermenico
S06	Privijanje jermenice
S10	Mehanska kontrola
S12	Zapakirati alternator

4.1 Definicija problema montažne linije

Pri zagonu linije je bilo ogromno težav, še posebej zato, ker je linija precej avtomatizirana in kompleksna. Da je sedaj možno brez večjih težav izdelati število alternatorjev, za katero je bila skonstruirana, je bilo vložena veliko truda in več let dela. Sedaj je čas za izboljšanje delovnega procesa montažne linije, kot je npr. avtomatizacija delovnega mesta. Na celotni montažni liniji je po številu napak in zastojev še vedno nekaj kritičnih operacij (tabela 2), med katerimi določene predstavljajo večje izgube kot druge. Tu so vsa avtomatizirana delovna mesta, saj je pri le-teh za pravilno delovanje odvisnih več dejavnikov, kot je npr. neustrezna kakovost podsestavov. Poleg tega se tu napake odkrijejo in so na mestu popravila razmeroma lahko popravljive, kar ne predstavlja zastojev in stroškov kasnejših reklamacij. Drugače je pri napakah, kot je spajkanje, saj vsak slabo zaspajkan spoj predstavlja veliko dela za serviserja, večkrat je treba dele, ki so povezani s spajkanjem (stator, usmernik), tudi zamenjati, kar predstavlja določen strošek izmeta in to delov z veliko vrednostjo. Zelo težko, je odkriti slabo zaspajkan spoj, še posebej

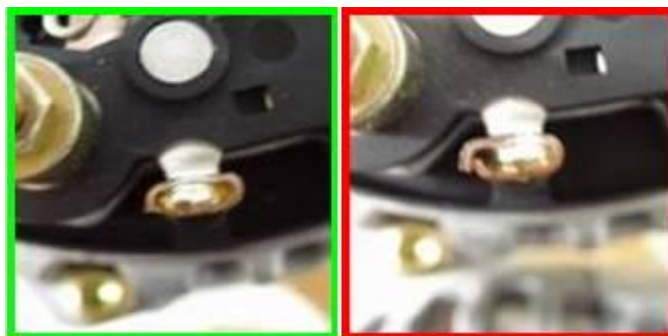
pri prehodu na 300°-spajko, kar prinaša stroške reklamacij. Prav stroški reklamacij so ponavadi najvišji, lahko pa privedejo tudi do izgube kupca, ki ga je kasneje težko pridobiti. Prav zaradi naštetih težav pri spajkanju ugotavljamo, da je trenutno na montažni liniji to glavna težava, ki jo je treba odpraviti, če hočemo zmanjšati stroške izmeta in reklamacij, povezanih z njim.

Tabela 2: Možne kritične operacije

G02	Privijanje pritisne ploščice
G24	Privijanje stojnih vijakov
G38	Stiskanje ušesc
G46, G48	Spajkanje

4.2 Opis operacije spajkanja

Po končani operaciji vstavljanja usmernika in regulatorja je treba odcepe statorja spojiti z ušesci na usmerniku alternatorja, kar trenutno izvajamo z operacijo spajkanja. Ta operacija se izvaja ročno z dvema delavkama, ki sta posebej usposobljeni za to operacijo, saj spada le-ta med zahtevnejše in za dolgo življenjsko dobo končnega izdelka zelo pomembno. Vsaka delavka spajka vse tri spoje na alternatorju v taktu 21 s, z upoštevanom vizualno kontrolo spoja oziroma samokontrolo. Spajkanje poteka takole: alternator, ki je postavljen vertikalno na paleti, se ustavi na delovnem mestu, kjer ga dvižna enota dvigne, tako da ima delavka možnost zasuka v levo ali desno smer za 360 stopinj, odvisno od položaja odcepov. Za spajkanje uporabljamo 300-stopinjsko spajko, ki je navita na kolut. Delavka prične s spajkanjem, ko si pripravi v eni roki spajko iz koluta in v drugi ročni spajkalnik, katerega spajkalno konico nasloni na čim večjo površino ušesca. Tako najprej ušesce segreje, šele nato dodaja spajko. Ko je spoj zaspajkan, ga vizualno pregleda (slika 8), če je spoj dober, pritisne tipko (dober) in izdelek gre na naslednjo operacijo, če pa ugotovi napako, ki je sama ne more odpraviti, pritisne tipko (slabo) in izdelek gre po transportnem traku do delovnega mesta popravila (slika 9).



Slika 8: Prikaz dobrega in slabega spoja



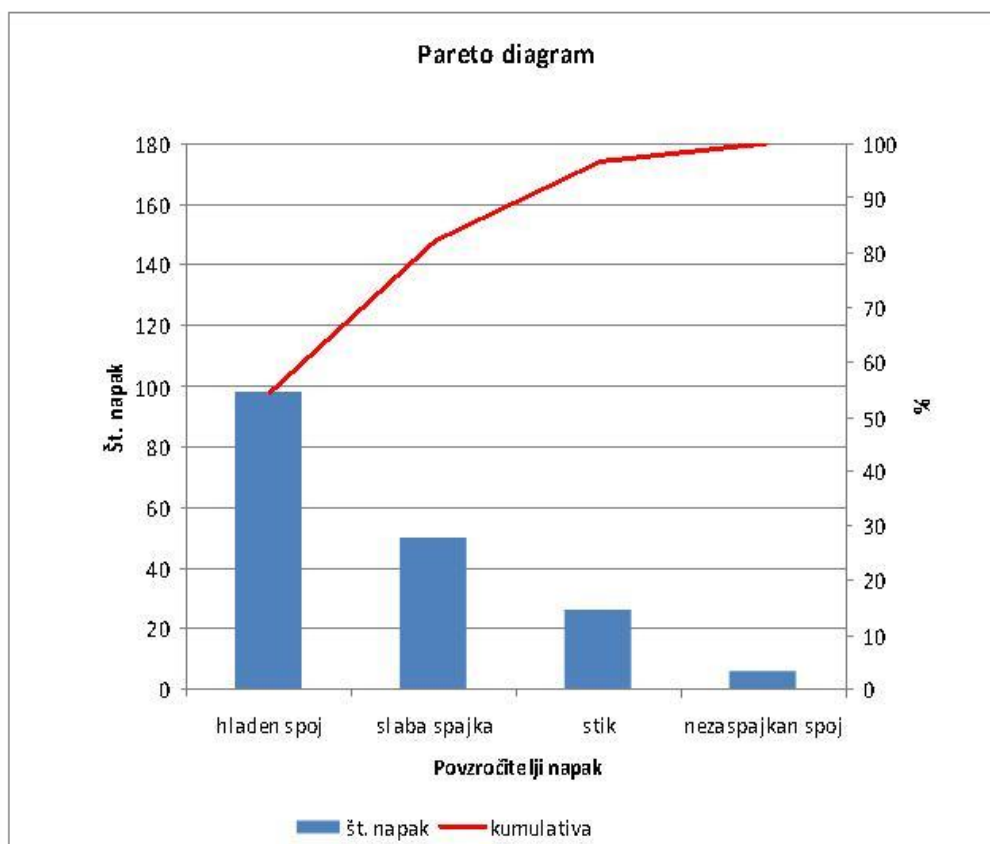
Slika 9: Prikaz funkcije določene tipke

4.3 Iskanje vzrokov za težave

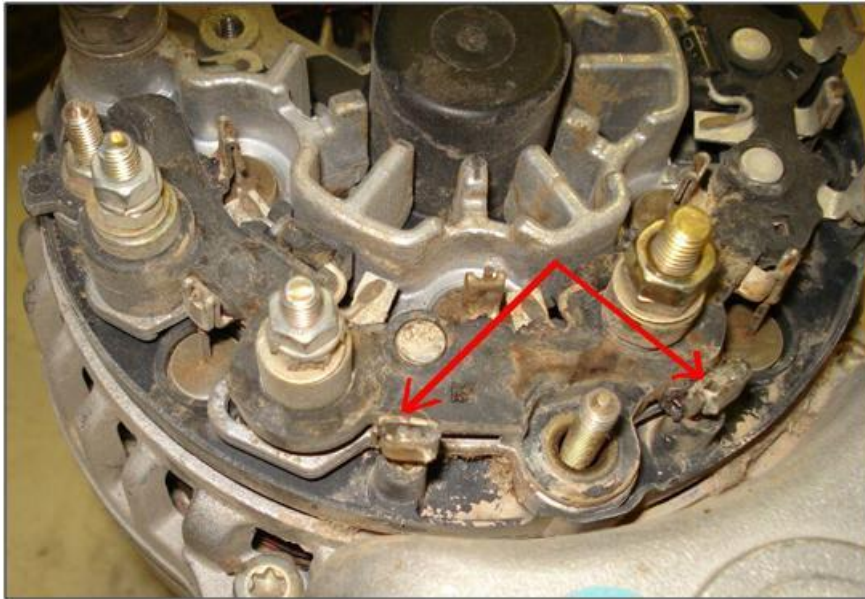
V preteklosti so uporabljali spajko s tališčem pri 230° C, dokler niso začeli izdelovati alternatorje z večjimi tokovi. Pri teh so prejeli reklamacije zaradi taljenja spajke, katerega vzrok so bile prevelike temperature na spojih zaradi večjih tokov. Zato so začeli uporabljati spajko z višjim tališčem, in sicer pri 300° C, kar jim je prineslo veliko težav pri operaciji spajkanja. Poskušali so z različnimi proizvajalci, ki so ta trenutek na trgu, a nobena spajka od preizkušenih ni dala optimalnih rešitev. Problemi so se pojavljali predvsem z zalivanjem spajke na mestu spoja, kar je pomenilo dolge čase segrevanja hladnih spojev, stikov zaradi delčkov spajke in pregrevanja spajkalnikov ter spajkalnih konic. Poleg naštetega se pri spajkanju ustvarja veliko več dima, ki je za delavko škodljiv. Z dolgim časom segrevanja se je podaljšal tudi takt operacije, s tem pa tudi celotne linije. Tabela 2 in slika 9 prikazujeta število najpogostejših napak opazovanih kosov v določenem obdobju. Za metodo smo si izbrali Pareto diagram (Tehnike reševanja problemov, 2010), ki nazorno pokaže, da več kot 80 % vseh napak povzroči hladen spoj ali slaba spajka (slika 10) in (tabela 3).

Tabela 3: Prikaz zbranih podatkov

Napake na spajkalnem mestu zbrane med 20. 5. in 26. 5. 2010 Opazovano število kosov je 3608		
NAPAKA IZ ŠIFRANTA	ŠTEVILO NAPAK	%
716 – nezaspajkan spoj	6	3,4
717 – slaba spajka	50	27,8
718 – stik	26	14,4
719 – hladen spoj	98	54,4
VSOTA	180	100



Slika 10: Prikaz napak v Pareto diagramu



Slika 11: Prikaz reklamacije zaradi taljenja spajke (Reklamacijski zapisnik, 2010)

Na sliki 11 je prikazana reklamacija zaradi taljenja spajke. V podjetju so opravili analizo zalivanja spajke na dveh spojih (levi in desni) alternatorja AAN s spajko, ki jo uporabljamo. Spoja so vložili v maso z vrhom navzgor. Tako pripravljena vzorca so postopno brusili (po 1 mm) in fotografirali. Na sliki 12 je razvidno, da se spajka med ušescem usmernika in odcepi statorja, pri obeh spojih ni enakomerno stalila, posledica pa je prazen prostor v spoju.



Slika 12: Prerez spoja spajkanega s spajko višjega tališča

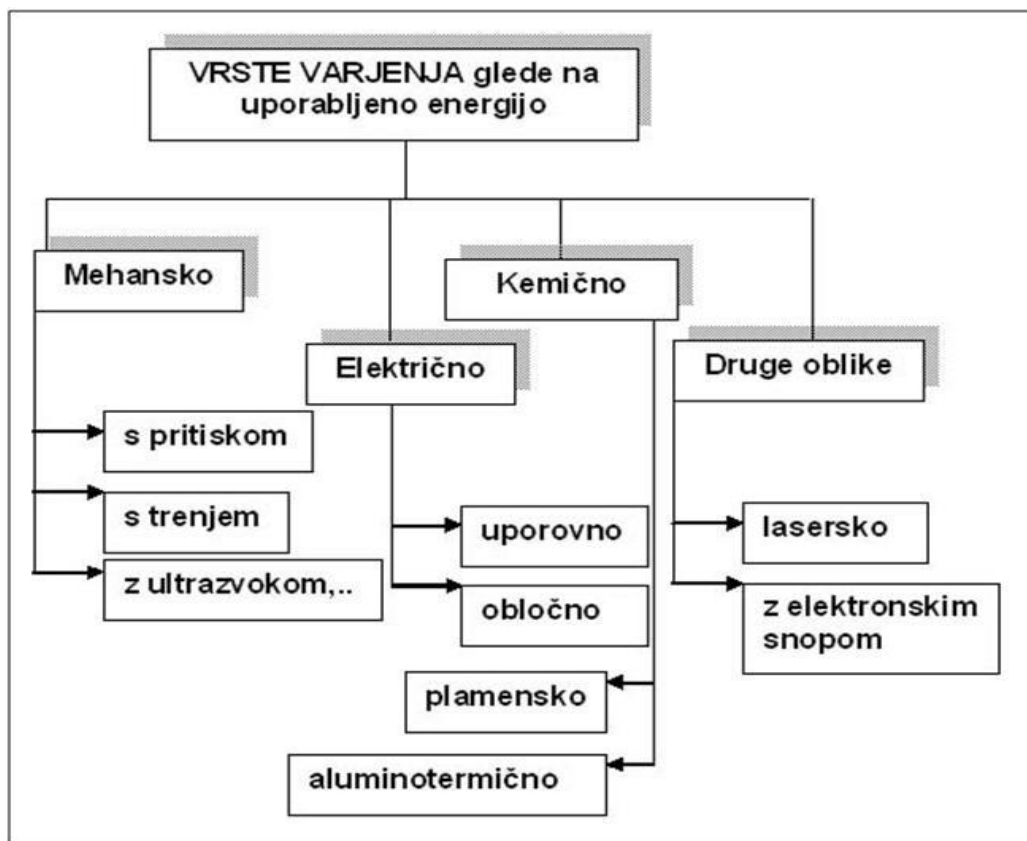
5 REŠEVANJE PROBLEMA NA MONTAŽNI LINIJI

Problem smo že identificirali in ugotovili, da je operacija spajkanja največja težava. Zato moramo najti primerno rešitev oz. primerno tehnologijo spajanja materialov, ki bo nadomestila spajkanje in odpravila težavo. Pri izbiri ustrezne tehnologije spajanja moramo upoštevati tehnološki in tudi ekonomski vidik.

Ker spajamo dve kovini, spoj pa mora biti dobro prevoden, je edina alternativa spajkanju varjenje, za katerega poznamo več načinov in s tem tudi različnih tehnologij. Dr. Janez Tušek definira razliko med spajkanjem in varjenjem; pravi, da je »spajkanje postopek spajanja materialov v neločljivo zvezo, pri katerem se raztali samo dodajni material, osnovni pa ostane neraztaljen. Varjenje pa spajanje materialov v nerazdružljivo celoto z uporabo energije« (Kuzman (ur.), 2010, str. 518). Ločimo več različnih vrst varjenja in glede na to tudi obstaja več delitev varilnih postopkov.

Tako lahko delimo postopke :

- glede na način nastanka zvara, tj. varjenje s taljenjem ali s pritiskom,
- glede na dovod toplote, potrebne za varjenje, pa poznamo varjenje z mehansko, električno, kemično ali drugo obliko energije. Opisana razdelitev je podana na sliki 13 (Vrste varjenja, 2010).



Slika 13: Vrste varjenja

»Varjenje ima danes v industrijski proizvodnji pomembno vlogo, saj je postalo zaradi učinkovitosti in ekonomičnosti eden glavnih tehnoloških postopkov pri proizvodnji in vzdrževanju kovinskih delov, predvsem zaradi učinkovitosti in ekonomičnosti. Med seboj varimo enake ali različne kovinske materiale, plastične materiale, keramiko in steklo, pa tudi različne materiale, npr. jeklo-keramika, jeklo-Al« (Čretnik, 1999).

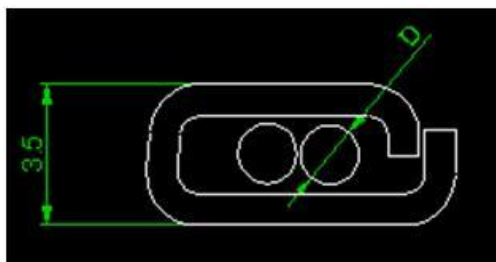
Če hočemo izbrati pravo tehnologijo oz. rešitev, moramo najprej vedeti, kaj bomo varili (material, debelina varjenca, število varov, itn.). V našem primeru imamo štiri zanke na usmerniku, ki jih avtomatsko stisnemo z odcepi statorja (slika 14). Tako stisnjeno zanko K32 (komercialna oznaka proizvajalca) E-Cu58 (bakrova zlitina 99,9 % bakra) bomo varili z odcepi statorja, tehnični podatki varjenih materialov so opisani v tabeli 4 in prikazani na sliki 15. Ker hočemo postopek varjenja avtomatizirati, je zelo pomembno vključiti v izbiro prave tehnologije omogočanje avtomatizacije le-te.



Slika 14: Stisnjena zanka z odcepoma statorja (Reklamacijski zapisnik, 2010)

Tabela 4: Tehnični podatki

AAN-nv	
D	1,4 mm ali 1,5 mm ali 1,6 mm
Število žic	2
Takt linije	20s
Število odcepov	4
Material odcepa	Cu
Material zanke	K32 E-Cu58 (ISO 2768-mk)



Slika 15: Postavitev statorskih odcepov po stisnjenih zankah

5.1 Tehnologije varjenja

Danes imamo na voljo veliko tehnologij varjenj. Kot je prikazano v prejšnjem poglavju na sliki 13, jih lahko razdelimo glede na vrsto uporabljene energije. Glede

na to, da je v osnovi naša zahteva po tehnološkem postopku takšna, da se lahko avtomatizira, obenem pa tudi dovolj hitra, saj moramo zagotoviti ustrezen čas cikla, niso vse oblike tehnologij primerne za naš tehnološki proces. Zato bomo že pri osnovnih zahtevah tehnološkega postopka lahko izbrali le nekaj primernih in ugotovili, kateri med njimi je za nas najprimernejši s tehnološkega in ekonomskega vidika.

V tabeli 5 so naštetih postopki za varjenje z električno energijo, ki jih delimo na obločno in elektroporovno varjenje. Razlika med obema je ta, da pri obločnem varjenju ustvarimo varilni oblok, skozi katerega se prevaja električni tok. Okoli obloka deluje elektromagnetno polje. V obloku se električna energija zaradi upornosti z disociacijo molekul in ionizacijo nevtralnih atomov pretvori v toploto, ki jo uporabimo za taljenje dodatnega in osnovnega materiala. Pri elektroporovnem varjenju pa izkoriščamo toplotno energijo, ki se razvije ob prevajanju električnega toka skozi dva ali več varjenčev (julova toplota).

Tabela 5: Varjenje z električno energijo

	VRSTA VARJENJA	PRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK	NEPRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK
OBLOČNO VARJENJE	Varjenje z oplasčeno elektrodo		Varjenje je možno samo ročno.
	Varjenje MAG (metal activ gas)/MIG (metal inert gas)		Postopek uporabljamo predvsem za varjenje vseh vrst konstrukcijskih jekel. Skoraj vedno uporabljamo dodatne materiale v obliki žice.
	Varjenje TIG (tungensten inert gas)	Majhna deformacija osnovnega materiala, primerna hitrost varjenja, kontrolirano vodenje obloka, nobenih škodljivih ostankov na varjencu, lep videz vara, med varjenjem ni brizganja.	
	Plazemsko varjenje		Je posebej namenjeno za mehanizirano varjenje legiranega jekla.
	Varjenje pod praškom (EPP)		Dolg pripravljalni čas, mogoče je variti le v vodoravni legi

UPOROVNO VARJENJE	Uporovno točkovno varjenje	Je primeren postopek predvsem za serijsko proizvodnjo. Enostaven proces spajanja, majhen vpliv vnesene toplote na osnovni material, dodatni materiali niso potrebni, visoka produktivnost.	
	Uporovno bradavično varjenje		Namenjeno je predvsem tam, kjer potrebujemo več zvarnih mest zvariti istočasno. Potrebna bi bila rekonstrukcija ušesc usmernika.
	Kolutno varjenje		Je primeren postopek za spajanje pločevin normalne velikosti v velike ploskve, kakršne potrebujemo za gradnjo karoserij, vagonov itd.
	Sočelno obžigalno varjenje		Postopek uporabljamo za varjenje členkov verig, jeklenih profilov za armiran beton, zvarjenje gredi in zobnikov, varjenje platišč avtomobilskih koles, železniških tirov itd.
	Visokofrekvenčno uporovno varjenje		Uporablja se izključno za varjenje cevi.

Naslednja vrsta varjenja glede na uporabljeno energijo je varjenje z mehansko energijo. Obstoječe vrste teh varjenj so prikazane v tabeli 6. Varjenje z mehansko energijo je varjenje, pri katerem se pridobi potrebno energijo, da lahko spojimo dva dela materiala v enega s pomočjo mehanske energije, kot je npr. pritisk, trenje, udarci itd. Nastala energija je zadosti velika, da na koncu dobimo kakovosten zvar (Vrste varjenja, 2010).

Tabela 6: Varjenje z mehansko energijo

VRSTA VARJENJA	PRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK	NEPRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK
Varjenje z ultrazvokom	To varjenje uporabljamo za zvarjenje tanjših in manjših kovinskih elementov. Najpogostejši so električni kontakti iz bakra .	
Vibracijsko varjenje		Postopek uporabljamo za termoplaste ustreznih lastnosti.

Varjenje z gnetenjem		Najpogosteje ga uporabljamo za zvarjenje aluminija in magnezija ter njunih zlitin
Difuzijsko varjenje		Večinoma uporabljamo za spajanje unikatnih izdelkov ali pa izdelkov v majhnih serijah za elemente v letalski, vesoljski in drugih podobnih industrijah.

Dr. Janez Tušek opisuje varjenje s kemijsko energijo tako, da s kemijsko reakcijo v plinastem ali trdnem stanju dobimo toplotno energijo za varjenje (plamensko varjenje), pri nekaterih drugih reakcijah dobimo toplotno energijo in mehansko silo, ki jo uporabimo za spajanje (eksplozijsko varjenje), in pri tretjih reakcijah dobimo toplotno energijo ter dodajni material v primernem agregatnem stanju, s primerno kemijsko sestavo in primerno temperaturo (aluminotermično varjenje) (Kuzman (ur.), 2010). Kratak opis in razdelitev varjenja s kemijsko energijo je prikazan v tabeli 6.

Tabela 7: Varjenje s kemijsko energijo

VRSTA VARJENJA	PRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK	NEPRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK
Plamensko varjenje		Plamensko varimo predvsem konstrukcijska jekla. Uporabljamo ga pri montažnih delih, pri gradnji cevovodov različnih premerov, pri inštalacijskih delih itd.
Aluminotermično varjenje (termitno)		Uporabljamo za zvarjenje in navarjenje debelejših zvarjencev brez uporabe električne energije. Najpogosteje za zvarjenje železniških tirov na terenu.

Poznamo še nekatere druge oblike varjenja, kot je lasersko varjenje in varjenje z elektronskim snopom (tabela 7).

Tabela 8: Ostale oblike varjenja

VRSTA VARJENJA	PRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK	NEPRIMERNO ZA ZAHTEVAN TEHNOLOŠKI POSTOPEK
Lasersko varjenje	Struktura osnovnega materiala se ne spremeni. Največ ga uporabljamo v elektrotehniki, elektroniki in mikrotehniki za varjenje tankih lističev, žic, kontaktov in podobno	
Varjenje z elektronskim žarkom		Elektronski snop uporabljamo za spajanje debelejših zvarjencev iz jekla, tudi do debeline 300 mm. Zelo primeren je za spajanje slabo varivih materialov, kot so volfram, tantal, titan, cirkonij, molibden in podobni.

Kot je razvidno iz tabel 5, 6, 7 in 8, smo ugotovili, da so primerne oblike varjenja za naš tehnološki postopek predvsem lasersko varjenje, ultrazvočno varjenje, uporovno varjenje in TIG-varjenje. Po podrobnejšem opisu vseh varjenj se bomo odločili za najprimernejše. Naj omenim, da v našem podjetju že uporabljajo TIG-varjenje, uporovno in ultrazvočno varjenje, slednje je namenjeno manjšim serijam. Lasersko varjenje v tem podjetju še ni znano.

5.1.1 Lasersko varjenje

Laser predstavlja izvor monokromatskega (samo ena valovna dolžina) paralelnega elektromagnetnega valovanja. Začetki laserja segajo v leto 1960. Izraz laser je kratica in pomeni Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (ojačitev svetlobnega toka z vzbujenim sevanjem). Varjenje z laserjem je talilno varjenje, pri katerem se uporablja kot izvor toplote monokromatski, koherentni snop polariziranega valovanja, ki je z lečami ostro fokusiran. Za taljenje potrebna toplota se sprošča v materialu po absorpciji laserskih valov. Za oddajanje laserskega valovanja je treba prenesti ione, ki so v nekaterih kristalnih mrežah, ali atome v primernem plinu oziroma mešanici plinov na povišan energijski nivo z

elektromagnetnim sevanjem. Ob simuliranem vračanju teh delcev na osnovni nivo pride do oddajanja energijsko močnega koherentnega sevanja (Čretnik, 1999).

5.1.2 Ultrazvočno varjenje

Ultrazvočno varjenje poznamo že več kot pol stoletja. Danes je njegova raba zelo razširjena in ga uporabljamo za varjenje kovin in termoplastov. Osnovni tehnološki princip varjenja je za omenjene materiale dokaj različen. Pri varjenju dveh kovinskih elementov moramo med ploskvama, ki ju varimo, ustvariti klasično trenje (mikrotrenje), pri katerem se razvije toplota in s katerim pride do mikrodeformacij, do razkroja oksidov in nečistoč, do povišanja temperature, do tvorjenja medatomskih in medmolekularnih sil in s tem do mehanskega spoja. Osnovne značilnosti ultrazvoka so, da je ultrazvok mehansko valovanje elastičnega medija s frekvenco nad 16 kHz, kar pomeni, da za človeško uho ni slišno. Za industrijsko uporabo pa ultrazvok najpogosteje dobimo z magnetostrikcijo ali piezoeffektom. Magnetostrikcijski pretvornik je izdelan iz jedra, ki ga sestavljajo tanke (0,1–0,3 mm) med seboj izolirane pločevine (magnetna). To jedro je obdano z navitjem, po katerem teče tok visoke frekvence. Zaradi medsebojnega učinka električnega in magnetnega pretoka začne jedro nihati in oddajati mehansko valovanje (ultrazvok) z enako frekvenco, kot jo ima električni tok, ki teče skozi navitje. To nihanje prenašamo preko sonotrode (akustični spojnik) do materiala, ki ga varimo, kjer ga izrabimo za varjenje. Piezo efekt temelji na dejstvu, da nekateri kristali, najbolj znan je kristal kremena, oddajajo električni naboj, če jih mehansko obremenimo. Učinek je tudi obraten, kar pomeni, da kristal spremeni svoj volumen, če ga obremenimo z električno napetostjo. Kremenov kristal ima sposobnost, da se razteza in krči, če ga obremenimo z izmenično napetostjo. Frekvenca mehanskega nihanja je enaka frekvenci izmeničnega električnega toka. V veliki večini primerov se danes uporablja piezoeffekt (Kuzman (ur.), 2010).

5.1.3 Uporovno varjenje

Pri uporovnem varjenju izkoriščamo toploto, ki nastaja zaradi upornosti pri prehodu električnega toka skozi osnovni material. Nastala toplota Q (julova toplota) je sorazmerna jakosti toka, upornosti in času varjenja, ki jo izračunamo po enačbi (1):

$$Q = I^2 \cdot R \cdot T \text{ (J)} \quad (1)$$

Varimo z visokimi jakostmi toka, posebno pri dobro prevodnih kovinah in z nizkimi napetostmi. Razdelitev toplote pri procesu varjenja je odvisna od celotnega sistema upornosti, ki jo izračunamo po enačbi (2):

$$R(R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) \quad (2)$$

kar pomeni upornost med elektrodo in osnovnim materialom, upornost osnovnega materiala in upornost med dvema osnovnima materialoma. Varilni elementi so varilni tok, pritisk elektrode na osnovni material in čas posameznih ciklusov varjenja (Čretnik, 1999).

5.1.4 Volframov inertni plinski proces - TIG-varjenje

V vseh obločnih varjenjih toploto za taljenje materialov dobimo v varilnem obloku iz električne energije. Skozi varilni oblok se prevaja električni tok. Okoli obloka deluje elektromagnetno polje. V obloku se električna energija zaradi upornosti z disociacijo molekul in ionizacijo nevtralnih atomov pretvori v toploto, ki jo uporabimo za taljenje dodatnega in osnovnega materiala. Oblok lahko gori med elektrodo in zvarjencem ali pa med dvema zvarjencema. Elektroda je lahko taljiva ali netaljiva in služi le za vzdrževanje gorenja obloka, kot je to pri TIG (tungsten inertion gas) - postopku varjenja. Volframova elektroda služi pri TIG-postopku za vzdrževanje gorenja obloka med elektrodo in zvarjencem. Pri varjenju TIG za zaščito obloka uporabljamo nevtralne pline. Od teh najpogosteje argon, ki ga dobimo iz zraka, v katerem ga je okoli 0,9 %. Argon je za 38 % težji od zraka, kar pri varjenju v vodoravni legi ugodno vpliva. Z vidika varnosti pa je argon zelo neugoden. Ko varimo v majhnih zaprtih prostorih, argon iz njega izrine zrak in lahko pride do varilčeve zadušitve (Kuzman (ur.), 2010).

5.2 Izbira ustrezne rešitve

Za izbiro ustrezne rešitve smo si izbrali metodo mrežnega diagrama »(Gider F., 2010)«, pri kateri smo upoštevali šest najpomembnejših faktorjev in jim določili ustrezno težo. Za nas so med pomembnejšimi stroški investicije, produktivnost,

zanesljivost vara, varnost, enostavnost procesa in dosedanje poznavanje tehnologije oz. procesa. Vrsto varjenja smo za vsak faktor ocenili od 1–5 in nato pomnožili s težo ter vse skupaj sešteli. Za najustreznejšo rešitev se je izkazalo uporovno varjenje, kot je prikazano v tabeli 9.

Tabela 9: Mrežni diagram

	FAKTOR 1	FAKTOR 2	FAKTOR 3	FAKTOR 4	FAKTOR 5	FAKTOR 6	SKUPAJ
TEŽA	3	4	6	2	5	1	
LASERSKO VARJENJE	2	4	4	5	1	0	61
ULTRAZVOČNO VARJENJE	2	4	3	5	2	1	61
UPOROVNO VARJENJE	4	5	4	5	5	4	95
TIG-VARJENJE	3	4	5	2	3	3	77
FAKTOR 1	INVESTICIJSKI STROŠKI IN OBRATOVALNI STROŠKI						
FAKTOR 2	PRODUKTIVNOST						
FAKTOR 3	ZANESLJIVOST VARA						
FAKTOR 4	VARNOST						
FAKTOR 5	ENOSTAVNOST PROCESA						
FAKTOR 6	DOSEDANJE POZNAVANJE PROCESA						

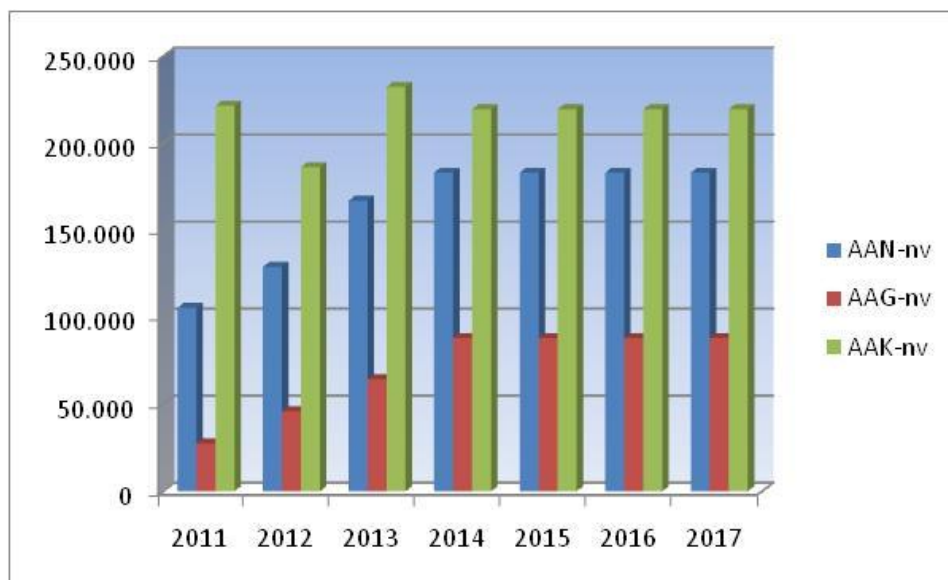
5.3 Upravičenost predlagane rešitve

5.3.1 Tržna predvidevanja

Tržna predvidevanja za obdobje do 2013 predvidevajo povečanje količin alternatorjev AAN-nv in AAG-nv, medtem ko se količina alternatorjev AAK-nv ne bo povečala. Uspeh prodaje je odvisen tudi od cenovne konkurenčnosti teh izdelkov, ki jo bomo z optimiziranjem procesov izdelave in posodabljanjem tehnologij povečali. Opazno je tudi povečanje razmerja količin prve vgradnje proti drugi vgradnji ter CKD-jem. Delež prve vgradnje se povečuje, druga vgradnja pa ostaja v enakem obsegu. Povečan delež prve vgradnje zahteva stabilne proizvodne procese, ki zagotavljajo visoko kakovost izdelkov. Tržna predvidevanja v številu izdelkov na leto so prikazani v tabeli 10 (Tržna predvidevanja, 2010).

Tabela 10: Načrt prodaje po družinah v številu kos/leto (Elaborat, 2010)

Družina	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AAN-nv	105.390	128.934	166.977	183.059	183.059	183.059	183.059
AAG-nv	27.500	45.900	64.400	88.000	88.000	88.000	88.000
AAK-nv	221.528	186.253	232.392	219.569	219.569	219.569	219.569
SKUPAJ	354.418	361.087	463.769	490.628	490.628	490.628	490.628



Slika 16: Tržna predvidevanja (Elaborat, 2010)

5.3.2 Časovni normativi – obstoječe stanje

Časovni normativ oziroma časovna norma je čas, v katerem se pri predpisanih pogojih in ob upravičenih časovnih izgubah opravi določeno delo (Časovni normativ, 2010).

Pri obstoječem načinu spajanja odcepov satorja z usmernikom (spajkanje), je treba na liniji satorja odcepe spajkati, kar pri predvideni investiciji varjenja ne bo več potrebno. Zato smo vključili normative spajkanja na montažni liniji in pripravi satorja. Tabela 11 nam prikazuje obstoječe stanje časa operacij in število potrebnih delavcev na omenjenih linijah. Za kasnejši lažji izračun predvidenih števil potrebnih ur delavca na leto smo za vsako operacijo izračunali časovni normativ, ki je v h/100kos. Uporabili smo enačbo (3):

$$T_n = T_0 \cdot (1 + Kd) \cdot \text{št. del.} \cdot \frac{100}{3600_s} \quad (3)$$

pri čemer je časovna norma T_n , T_0 je čas operacije in K_d izračunan glede na odobrene izgube ter (št. del.) potrebno število delavcev za izvedbo operacije. Pri osemurnem delavniku je razpoložljiv čas dela 7,5 ur, kar je 450 min, če upoštevamo samo čas malice. Po odobritvi uprave imajo še dvakrat po 10 min pavze, pripravo na delo in čiščenje, kar znaša skupaj 40 min. Teh 40 min (T_i) smo upoštevali kot odobrene izgube po enačbi (4):

$$K_d = \frac{T_i}{450_{min} - T_i} = \frac{40_{min}}{450_{min} - 40_{min}} = 0,097 \quad (4)$$

Končni izračun za vsako operacijo in družino je prikazan v tabeli 12.

Tabela 11: Čas operacij na montažni liniji in pripravi statorja

Operacija spajkanja na montažni liniji	Delavcev	čas /kos
Vizualna kontrola, da so odcepi v zankah	2	4,5
Spajkanje odceпов		12,0
Vizualna kontrola, da so odcepi dobro zaspajkani		4,5
Skupaj	2	21,0
Takt celotne linije		21,0
Operacija spajkanja pri AAG-nv in AAK-nv (pri pripravi statorja)	Število delavcev	Porabljen čas/kos
Potop odceпов v fluks	1	2,0
Potop odceпов v spakjo		2,0
Skupaj	1	4,0
Operacija spajkanja pri AAN-nv (pri pripravi statorja)	Število delavcev	Porabljen čas/kos
Spajkanje statorja	1	19,5
Skupaj	1	19,5

Tabela 12: Časovni normativi (h/100kos)

Operacija spajkanja (na montažni liniji)	Norm.del. (h/100)	Norm. str. (h/100)
Spajkanje statorskih odceпов na montaži	1,28	0,58
Operacija spajkanja pri AAG-nv in AAK-nv (pri pripravi statorja)	Norm. del. (h/100)	Norm. str. (h/100)
Spajkanje statorskih odceпов pri pripravi statorja	0,12	0,11
Operacija spajkanja pri AAN-nv (pri pripravi statorja)	Norm. del. (h/100)	Norm. str. (h/100)
Spajkanje statorskih odceпов in tulk pri pripravi statorja	0,59	0,54

Na podlagi izračunanih časovnih normativov za obe operaciji lahko izračunamo s pomočjo načrta prodaje do leta 2017 (tabela 10) potrebno število ur delavca na leto pri obstoječem stanju, kar nam prikazuje tabela 13.

Tabela 13: Število ur delavca po družinah/leto obstoječe stanje

Družine	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.
ŠTEVILO UR DELAVCA/LETO NA MONTAŽNI LINIJI (SPAJKANJE)														
AAN-nv	1673	0	2046	0	2650	0	2905	0	2905	0	2905	0	2905	0
AAG-nv	436	0	728	0	1022	0	1397	0	1397	0	1397	0	1397	0
AAK-nv	3516	0	2956	0	3688	0	3485	0	3485	0	3485	0	3485	0
ŠTEVILO UR DELAVCA/LETO PRI PRIPRAVI STATORJA (SPAJKANJE)														
AAG-nv	42	0	69	0	97	0	133	0	133	0	133	0	133	0
AAK-nv	335	0	282	0	351	0	332	0	332	0	332	0	332	0
AAN-nv	777	0	950	0	1230	0	1349	0	1349	0	1349	0	1349	0
SKUPAJ	6778	0	7031	0	9039	0	9600	0	9600	0	9600	0	9600	0

5.3.3 Časovni normativi – po investiciji

Za celotno operacijo varjenja smo predvideli tudi časovne normative (tabela 14). Prav tako smo razporedili tudi delovne ure človeških virov in delovnih strojev (tabela 15).

Tabela 14: Čas operacij na montažni liniji in pripravi statorja po investiciji

Operacija spajkanja na montažni liniji	Delavcev	čas /kos
Vizualna kontrola, da so odcepi v zankah	2	4,5
Spajkanje odcepov		12,0
Vizualna kontrola, da so odcepi dobro zaspajkani		4,5
Skupaj	2	21,0
Takt celotne linije		21,0
Operacija spajkanja pri AAG-nv in AAK-nv (pri pripravi statorja)	Število delavcev	Porabljen čas/kos
Potop odcepov v fluks	1	2,0
Potop odcepov v spakjo		2,0
Skupaj	1	4,0
Operacija varjenja (na montažni liniji)	Število delavcev	Porabljen čas/kos
Varjenje odcepov	0	21,0
Skupaj	0	21,0
Takt celotne linije		21,0

Tabela 15: Število ur delavca ali stroja/leto po investiciji

Družine	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.	ur del.	ur str.
ŠTEVILO UR DELAVCA ALI STROJA/LETO NA MONTAŽNI LINIJI														
AAN-nv	0	615	0	752	0	974	0	1068	0	1068	0	1068	0	1068
AAG-nv	0	160	0	268	0	376	0	513	0	513	0	513	0	513
AAK-nv	3516	0	2956	0	0	1356	0	1281	0	1281	0	1281	0	1281
ŠTEVILO UR DELAVCA/LETO PRI PRIPRAVI STATORJA (SPAJKANJE)														
AAG-nv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AAK-nv	335	0	282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AAN-nv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SKUPAJ	3850	775	3237	1020	0	2705	0	2862	0	2862	0	2862	0	2862

5.3.4 Predvideni stroški dela pred in po investiciji

Predvidene stroške dela za vsako leto in vsako družino smo dobili tako, da smo pomnožili že izračunane ure delavca na leto (seštevek ur na montažni liniji in pri pripravi statorja) in pomnožili s postavko delavca na uro.

Iz tabel 16 in 17 je razvidno, da zaradi odločitve postopnega uvajanja nove tehnologije ostajajo stroški delavca samo pri družini AAK-nv. Za to družino smo se odločili, ker imamo najmanj težav z reklamacijami spajkanja. Alternatorji AAK-nv imajo namreč manjše tokove, zato do taljenja spajke ne prihaja.

Tabela 16: Stroški dela obstoječe stanje (v EUR)

Stroški dela obstoječe stanje							
Družina	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AAN-nv	36.026	44.074	57.078	62.576	62.576	62.576	62.576
AAG-nv	7.031	11.736	16.466	22.500	22.500	22.500	22.500
AAK-nv	56.640	47.621	59.418	56.139	56.139	56.139	56.139
SKUPAJ	99.697	103.431	132.962	141.215	141.215	141.215	141.215
Postavka delavca v EUR/uro = 14,71							

Tabela 17: Stroški dela po investiciji (v EUR)

Stroški dela po investiciji							
Družina	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AAN-nv	0	0	0	0	0	0	0
AAG-nv	0	0	0	0	0	0	0
AAK-nv	56.640	47.621	0	0	0	0	0
SKUPAJ	56.640	47.621	0	0	0	0	0
Postavka delavca v EUR/uro = 14,71							

5.3.5 Predvideni stroški materiala pred in po investiciji

Predvidene stroške materiala smo dobili tako, da smo pomnožili število kosov na leto, normo porabljene spajke oz. fluksa in ceno materiala. Iz tabele 18 in 19 je razvidno, da ostajajo samo še stroški po investiciji pri družini AAK-nv prvi in še to samo v letih 2011 in 2012.

Tabela 18: Strošek spajke in fluksa pred investicijo

Strošek spajke v EUR/leto - obstoječe stanje							
Družina	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AAN-nv	8.214	10.049	13.014	14.268	14.268	14.268	14.268
AAG-nv	2.143	3.577	5.019	6.859	6.859	6.859	6.859
AAK-nv	17.266	14.517	18.113	17.113	17.113	17.113	17.113
Strošek fluksa v EUR/leto - obstoječe stanje							
AAN-nv	344	421	546	598	598	598	598
AAG-nv	90	150	210	287	287	287	287
AAK-nv	724	608	759	717	717	717	717
SKUPAJ	28.781	29.323	37.661	39.842	39.842	39.842	39.842
Normirana poraba spajke v kg/kos =				0,0045	Cena v EUR/kg =		17,32
Normirana poraba fluksa v l/kos =				0,0009	Cena v EUR/l =		3,63

Tabela 19: Strošek spajke in fluksa po investiciji

Strošek spajke v EUR/leto - obstoječe stanje							
Družina	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
AAN-nv	0	0	0	0	0	0	0
AAG-nv	0	0	0	0	0	0	0
AAK-nv	17.266	14.517	0	0	0	0	0
Strošek fluksa v EUR/leto - obstoječe stanje							
AAN-nv	0	0	0	0	0	0	0
AAG-nv	0	0	0	0	0	0	0
AAK-nv	724	608	0	0	0	0	0
SKUPAJ	17.990	15.125	0	0	0	0	0
Normirana poraba spajke v kg/kos =				0,0045	Cena v EUR/kg =		17,32
Normirana poraba fluksa v l/kos =				0,0009	Cena v EUR/l =		3,63

5.3.6 Investicijski program

Investicijski program zajema stroške, povezane z obstoječim in novim osnovnim sredstvom, in sicer tako, da smo za vsako leto sešteli skupne stroške in jih med seboj odšteli. Tako smo dobili bruto in neto dobiček, ki ga dobimo z novo investicijo (tabela 20).

Tabela 20: Investicijski program

Stroški povezani z obstoječim osnovnim sredstvom v EUR							
LETO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Stroški dela	99.697	103.431	132.962	141.215	141.215	141.215	141.215
Stroški vzdrževanja in rezervnih delov	400	400	400	400	400	400	400
Stroški porabe dodatnega materiala	28.781	29.323	37.661	39.842	39.842	39.842	39.842
Skupaj	128.878	133.153	171.023	181.457	181.457	181.457	181.457
Stroški povezani z novim osnovnim sredstvom v EUR							
LETO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Amortizacija	12.524	37.571	37.571	37.571	37.571	37.571	37.571
Stroški dela	56.640	47.621	0	0	0	0	0
Stroški rezervnih delov	0	500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Stroški vzdrževanja	0	400	400	400	400	400	400
Stroški porabe dodatnega materiala	17.990	15.125	0	0	0	0	0
Skupaj	87.154	101.217	38.971	38.971	38.971	38.971	38.971
Bruto in neto dobiček							
LETO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Bruto dobiček (prihranek)	41.725	31.936	132.052	142.486	142.486	142.486	142.486
Neto dobiček	32.128	24.910	104.321	113.989	113.989	113.989	113.989

5.3.7 Celotna ocena ekonomske upravičenosti

V teoriji delimo metode za ocenjevanje investicijskih projektov na statične in dinamične. Osnovni kriterij za delitev je vključenost časovne dimenzije denarja v presojo projekta. Statični kriteriji povsem zanemarjajo časovno komponento ali pa jo upoštevajo samo delno in/ali posredno, pri dinamičnih metodah pa z diskontiranjem bodočih donosov (ali »doplačil«) na začetni trenutek naredimo zneske primerljive. Zato bomo pri naši oceni ekonomske upravičenosti uporabljali dinamične metode, in sicer z neto (čisto) sedanjo vrednostjo (NSV) ter notranjo (interno) stopnjo donosa (Investicije 2006).

Eno od najpogosteje uporabljenih meril za presojanje smiselnosti investicijskega projekta je njegova neto sedanja vrednost ali čista sedanja vrednost. Originalna angleška kratica, ki jo dostikrat srečamo namesto NSV, je NPV (net present value). To dobimo tako, da vse bodoče donose D_k z uporabo izbrane obrestne mere oziroma diskontne stopnje i reduciramo na začetni trenutek in od tako dobljene vrednosti odštejemo investicijski vložek I_0 , kar bi v zapisu pomenilo:

$$NSV = \frac{D_1}{1+i} + \frac{D_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{D_n}{(1+i)^n} - I_0 \quad (5)$$

Za naš primer, ko imamo samo en vložek na začetku življenjske dobe investicije se NSV izračuna po enačbi (5) (Investicije, 2006).

Iz tabele št. 20 je razvidno, da smo z upoštevanjem vseh neto denarnih tokov (D_1, D_2, D_3, \dots) in upoštevano zahtevano stopnjo donosa 15 % (i) do leta 2017 dobili neto sedanjo vrednost (NSV) 235.180 EUR, kar nam pove, da bodo bodoči donosi več kot pokrili sedanji investicijski vložek. Večja kot je NSV, bolj je investicija upravičena. Če bi imeli NSV negativen, se nam investicija ne bi povrnila.

Očitno mora obstajati tudi neka mejna diskontna stopnja (i), pri kateri je NSV investicije ravno enaka 0. To stopnjo imenujemo notranja ali interna stopnja donosa (internal return of investment oz. ROI). Pri tej stopnji je vsota vrednosti donosov, reduciranih (diskontiranih) na današnji trenutek, natanko enaka investicijskemu vložku, ki dospeva v istem trenutku (oziroma vsoti diskontiranih investicijskih vložkov, če je teh več in dospevajo v različnih časih). Če spet označimo donose v posameznih letih (natančneje: ob koncu posameznega leta) z D_k in z I_0 začetni vložek, dobimo interno stopnjo donosa i^* kot rešitev nelinearne enačbe:

$$\frac{D_1}{1+i^*} + \frac{D_2}{(1+i^*)^2} + \dots + \frac{D_n}{(1+i^*)^n} - I_0 = 0 \quad (6)$$

Pri izračunu neto sedanje vrednosti po enačbi (5) in interne stopnje donosa po enačbi (6) smo si pomagali s funkcijami v programskem paketu MS Excelu (NPV in ROI). Tako smo dobili interno stopnjo donosnosti 48 %, kar je precej več od zahtevane. Iz vsega navedenega lahko sklepamo, da je investicija varjenja več kot upravičena (tabela 21).

Tabela 21: Ocena ekonomske upravičenosti

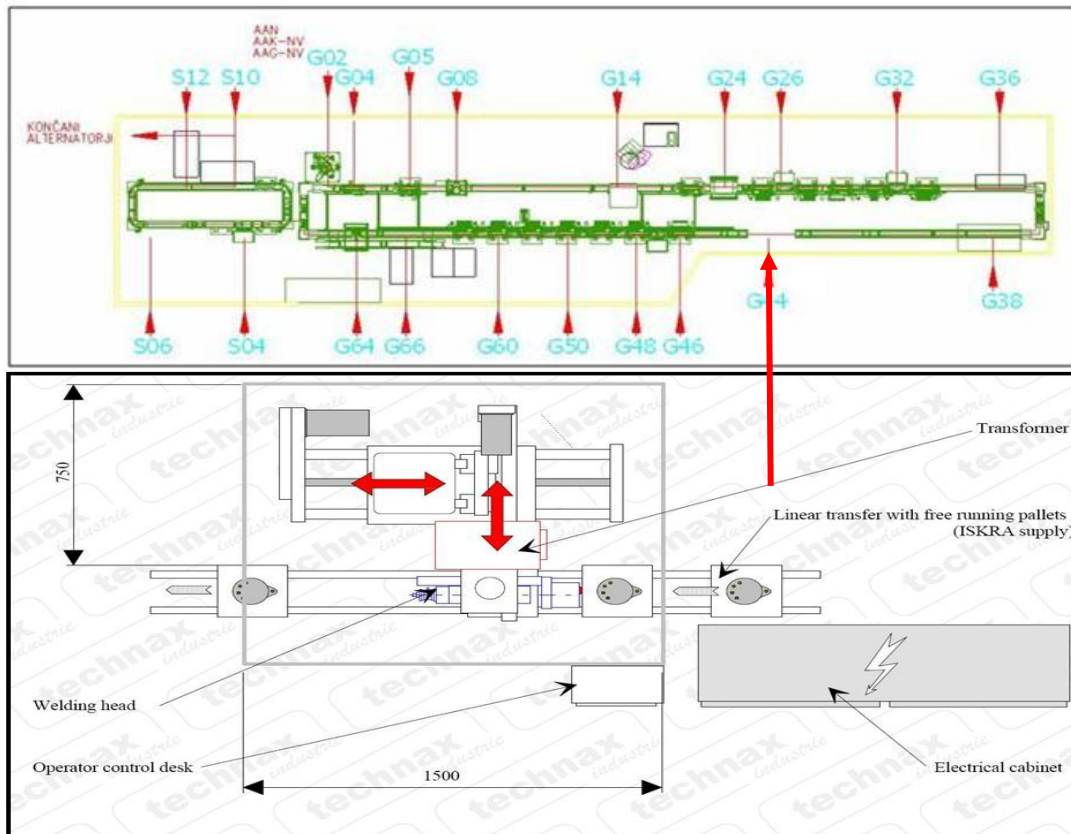
Denarni tok v EUR							
LETO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Investicijski izdatki	-263.000	0	0	0	0	0	0
Gradbena dela	3.000	0	0	0	0	0	0
Investicijski izdatek za novo OS	260.000	0	0	0	0	0	0
Denarni tokovi iz poslovanja	44.652	62.481	141.892	151.560	151.560	151.560	151.560
Neto dobiček	32.128	24.910	104.321	113.989	113.989	113.989	113.989
Amortizacija	12.524	37.571	37.571	37.571	37.571	37.571	37.571
Skupaj neto denarni tokovi	-218.348	62.481	141.892	151.560	151.560	151.560	151.560
Neto sedanja vrednost	235.180						
Interna stopnja donosa	48%						
Zahtevana stopnja donosa	15%						

6 AVTOMATIZACIJA VARJENJA ODCEPOV

6.1 Realizacija izbrane rešitve

Stroj bo del montažne linije na delovnem mestu za strojem stiskanja ušesc (slika 17). Takt stroja ne sme presegati 21 sekund, kar razumemo kot čas znotraj neprekinjene serije med dokončanjem dveh zaporednih alternatorjev. Stroj bo delal dve izmeni, to je 16 ur delovanja vsak delovni dan. Deloval bo avtomatsko in koračno (ročno), s tem da bo združljiv z montažno linijo. Omogočeno mora biti varjenje vsakega vara posebej ter samo izbranega, npr. varjenje samo tretjega zvara. Krmiljen bo iz krmilnika v sklopu stroja.

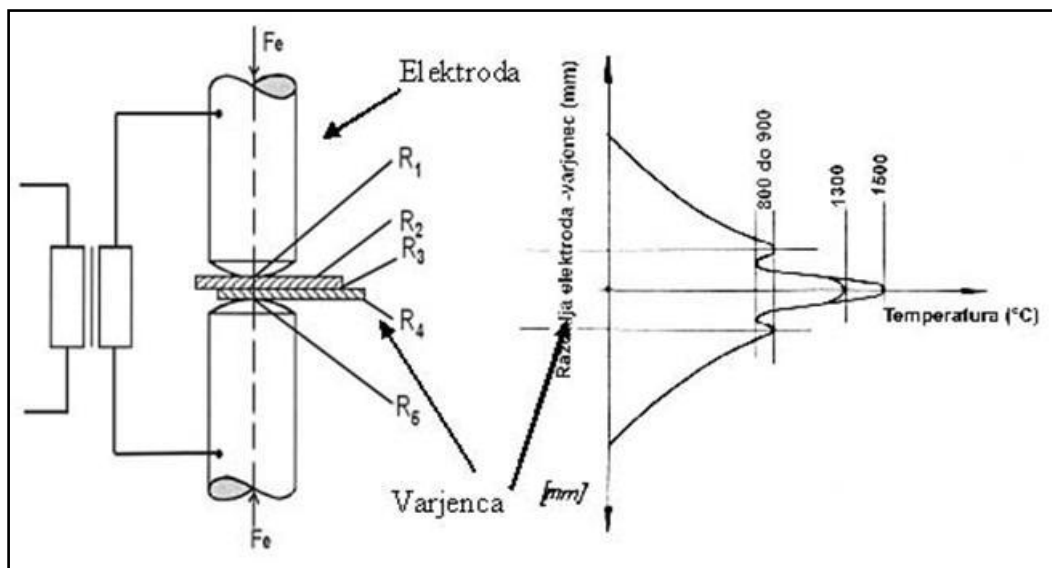
Nastavitveni parametri za varjenje so shranjeni v bazi podatkov, ki jo vsebuje stroj. Vnos in popravljanje parametrov mora biti enostavno, dostop do parametrov pa zaščiten z geslom ali z varnostno ključavnico. Poimenovanje parametrov in zgled vnosnih tabel se uskladi z naročnikom pred podpisom pogodbe. Omogočeno mora biti nastavljanje parametrov varjenja za vsak spoj posebej. Vsi parametri se morajo zabeležiti v bazo podatkov montažne linije. Izredni dogodki, kot je izpad električne energije, ne smejo imeti za posledico izgubo podatkov o nastavljenih parametrih, načinu delovanja in poškodbi kakšnega dela na stroju.



Slika 17: Razmestitev novega stroja (Elaborat, 2010)

6.1.1 Opis varjenja

Pri uporovnem varjenju se dobi potrebno toploto za varjenje s pomočjo električne energije. Varjenje poteka tako, da se zvarjenca vstavi v napravo za varjenje. Ko je naprava izpostavljena napetosti, se zvarjeno mesto segreje zaradi upornosti, ki se razvije v sekundarnem tokokrogu. Pri tem prehaja električni tok iz zgornje elektrode na prvi zvarjenec in iz njega skozi zvarni stik na drugi zvarjenec, od tam pa na spodnjo elektrodo. Tako je sekundarni krog tokokroga sklenjen. Očiščena zvarjenca položimo v varilni stroj, kjer sta elektrodi, od katerih je ena toga vpeta, druga pa se prosto giblje. Z elektrodami se zvarjenca stisneta. Ob zadostnem pritisku se vključi še električni tok. Pride do segretja zvarjencev na stičnih ploskvah elektroda – zvarjenca – elektroda. Pri tem se razvije tolikšna toplota, da se zvarjenca zmečkata in zaradi pritiska zvarita. Na sliki 18 je prikazano uporovno varjenje (Uporovno varjenje, 2010).



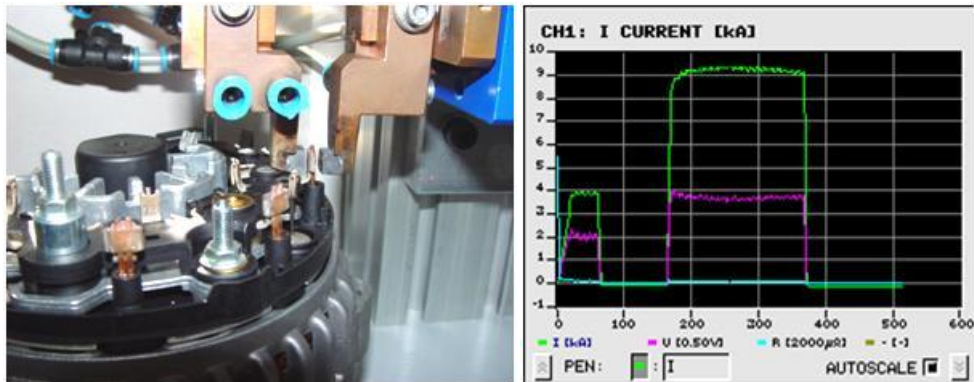
Slika 18: Shema uporovnega točkovnega varjenja (Uporovno varjenje, 2010)

6.1.2 Avtomatizacija varjenja

Avtomatizacija varjenja mora potekati tekoče brez ustavljanj zaradi mehanskih ali programskih nepravilnosti. Med postopkom ne sme prihajati do poškodbe alternatorja. Alternator se na paleti pripelje po transportni liniji do stroja za varjenje, kjer se ustavi. Nato sledi dvig palete na delovno pozicijo, na kar se izvede spust držala usmernika. Ko se izvede spust držala usmernika, se paleta zasuka na določeno pozicijo (mesto varjenja). Varilna glava se s hitrim gibom spusti do pozicije varjenja. Začne se postopek varjenja statorskega odcepa z usmernikom in varilna glava se s hitrim gibom vrne v osnovni položaj. Postopek se ponavlja, dokler ni zavarjen zadnji, tretji spoj. Sledi zasuk palete v osnovni položaj in spust palete na tekoči trak. Paleta gre nato na naslednjo operacijo.

6.2 Preizkus predlagane rešitve

Preizkus uporovnega varjenja smo opravili pri alternatorjih AAN, in sicer z varilnim strojem, ki smo ga imeli na razpolago z varilnim tokom maksimalno 9,1 kA. Preizkus nam je pokazal, da je varjenje uspešno, vendar pod pogojem večjih varilnih tokov (od 11–14 kA). Parametri varjenja so prikazani na sliki 19 in v tabeli 22.



Slika 19: Preizkus varjenja AAN alt (Batista, 2007)

Tabela 22: Parametri varjenja (Batista, 2007)

Varilni parameter	Alternator AAN-NV
Up slope 1(ms)	20
Čas varjenja W1 (ms)	70
Varilni tok W1(kA)	4,0
Down slope W1(ms)	00
Cool – čas ohlajanja med pulzi	100
Up slope 2(ms)	00
Čas varjenja W2 (ms)	200
Varilni tok W2(kA)	9.1
Down slope W2(ms)	00
Št. pulziranj W2	1
Način kontrole varilnega toka	Sekundarni tok CTRL 1
Varilni pritisk (bar/N)	1200 N (6 bar)
Elektrodni material	TZM (Mo + 0,5 % Ti + 0,1 % Zr)

7 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu smo ugotovili, da je najboljša rešitev za odpravo problema operacije spajkanja uporovno varjenje. Nov tehnološki postopek nam prinaša več prednosti. Z avtomatizacijo odpravimo dve delovni mesti, s tem pa zmanjšamo stroške dela. Ker smo z novo tehnologijo odpravili operacijo spajkanja, smo ugodili direktivi 2000/53/EC, ki navaja, da gradiva in komponente, vgrajena v vozila, med drugim ne bodo vsebovala svinca. Operacija spajkanja povzroča dim, ki je škodljiv za delavko, zato nam nova naložba prinaša tudi zdravstvene prednosti. Do reklamacij prihaja zaradi taljenja spajke, kar z novo tehnologijo varjenja ni več možno, zato se z novo naložbo odpravi veliko število reklamacij, s tem pa bomo posledično zmanjšali možnost izgube kupca.

Z nadzorom vhodnih in izhodnih tokov bo možen nadzor spoja. Vsi parametri se shranjujejo v bazo podatkov, zato bo z novo investicijo lažji pregled kvalitete zvarov. Raziskava ekonomske upravičenosti, ki smo jo naredili na podlagi tržnih predvidevanj za naslednjih sedem let, nam prinaša interno stopnjo donosnosti 48 % in neto sedanjo vrednost 235.000 EUR, kar pomeni, da je naložba upravičena. Pokazali smo, da je predlagana rešitev upravičena po ekonomski in tudi tehnološki plati in izvedljiva v danih razmerah.

8 LITERATURA

Batista, E. (2007). Preizkusi uporovnega varjenja. Interno gradivo. Šempeter pri Gorici: Iskra avtoelektrika d. d..

Časovni normativ (2010). Interno gradivo. Šempeter pri Gorici: Iskra avtoelektrika d. d..

Čretnik, D (1999). Tehnologija spajanja in preoblikovanja. Ljubljana: Tehniška založba slovenije.

Elaborat (2010). Interno gradivo. Šempeter pri Gorici: Iskra avtoelektrika d. d..

Intranet (2010). Interno gradivo. Šempeter pri Gorici: Iskra avtoelektrika d. d..

Investicije Jože Andrej Čibej (2006). Pridobljeno 3. 11. 2010 s svetovnega spleta: http://www.erevir.si/Moduli/Clanki/JAC_ppo/JAC_E-EVIR_060516_Investicije.pdf

Cikajlo I, Gider F., (2010) Tehnike reševanja problemov. Nova Gorica: Univerza, 2010

Iskra Avtoelektrika – Alternatorji. Pridobljeno 15. 5. 2010 s svetovnega spleta: <http://www.iskra-ae.com/slo/alternators.php>

Kuzman, K. (2010). Moderno proizvodno inženirstvo. Grosuplje: Grafis Trade.

Reklamacijski zapisnik (2010). Interno gradivo. Šempeter pri Gorici: Iskra Avtoelektrika

Tehnike reševanja problemov. Pridobljeno 21. 7. 2010 s svetovnega spleta: <http://www2.arnes.si/~sspjeme/Tehnike%20reševanja%20problemov.pdf>

Tržna predvidevanja (2010). Interno gradivo. Šempeter pri Gorici: Iskra avtoelektrika d. d..

Uporovno varjenje. Pridobljeno 11. 11. 2010 s svetovnega spleta: http://www.sc-nm.com/e-gradivo/SIV/uporovno_varjenje.html

Vrste varjenja. Pridobljeno 15. 8. 2010 s svetovnega spleta: http://www.sc-nm.com/e-gradivo/SIV/vrste_varjenja.html