

PRIMJENA STROJEVA ZA POVRŠINSKU MONTAŽU ELEKTRONIČKIH KOMPONENATA NA TISKANE PLOČICE - SITUACIJA U REGIJI

APPLICATION OF THE MACHINES FOR THE SURFACE MOUNT OF ELECTRONIC COMPONENTS ONTO THE SURFACE OF PRINTED CIRCUIT BOARDS - SITUATION IN THE REGION

Borko Jurač, Veselko Tomljenović

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

Sažetak

U radu se opisuje trenutno stanje tehnologije površinske montaže elektroničkih komponenta na tiskanu pločicu u regiji bivše Jugoslavije. Napravljeno je istraživanje o kompanijama u regiji koje koriste automatske i poluautomatske strojeve za polaganje SMD (Surface Mounted Devices) komponenta na tiskanu pločicu. Analizirani su dobiveni rezultati. Prikazane su dobre prakse privlačenja stranih investitora, te uspoređene s lošim primjerima. Pokazano je da je Slovenija glavni lider u regiji što se proizvodnje elektronike tiče. Hrvatska bi se, pošto se isto nalazi u EU i odlično je locirana, trebala ugledati u Sloveniju i sustavno poticati proizvodnju elektronike. S druge strane, Srbija i Makedonija koje nisu u EU, se okreću proizvodnji i privlačenju stranih investitora raznim državnim poticajima radi manjka svojeg kapitala. Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Kosovo imaju vrlo visok stupanj nesređenosti te trenutno ne rade značajno na poticaju proizvodnje elektronike.

Ključne riječi: *tiskana pločica; površinska montaža; elektroničke komponente; regija*

Abstract

This paper describes the current state of the surface mount technology (for producing electronic circuits in which the components are mounted or placed directly onto the surface of printed circuit boards) in the former Yugoslavia region. A survey was conducted on companies in the region that use automatic and semi-automatic machines for placing SMD components onto a printed circuit board. The obtained results were analyzed. Good practices of attracting foreign investors are shown and compared with bad examples. It is shown that Slovenia is the regional leader of

electronic production. Croatia, as it is located in the EU and is well positioned, should look upon Slovenia and systematically encourage electronics production. On the other hand, Serbia and Macedonia, which are not in the EU, are turning to the production and attracting foreign investors by various state incentives because of the shortage of their own capital. Bosnia and Herzegovina, Montenegro and Kosovo have a very high degree of unsteadiness and are currently not working significantly on encouraging electronics production.

Keywords: *printed circuit board; surface mounting; electronic components; region*

1. Uvod

1. Introduction

U ovom radu prikupljeni su podaci [1], [2] o kompanijama u regiji koje koriste automatske i poluautomatske strojeve za polaganje SMD komponenta na tiskanu pločicu. Pod regijom se podrazumijeva zemlje bivše Jugoslavije: Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija, Crna Gora, Makedonija, Kosovo.

Segmentacija po kompanijama, tipovima strojeva i tipovima proizvodnje radi se za države sa značajnijom proizvodnjom zasebno, kako bi se dobila bolja slika o proizvodnji elektronike u tim zemljama [3].

2. Tipovi strojeva za polaganje SMD komponenta na tiskanu pločicu

2. Types of machines for placing SMD components on a printed circuit board

Stroj za polaganje SMD komponenta na tiskanu pločicu, popularno nazvan engleski „Pick and Place“ stroj (skraćeno P&P stroj) služi za

automatsko polaganje SMD komponenata iz dodavača komponenata na stroju na tiskanu pločicu. Stroj tu radnju izvodi velikom brzinom i visokom preciznošću i ponovljivošću, te u proizvodnoj liniji P&P stroj predstavlja najbitniju kariku koja dik-tira brzinu proizvodne linije.

Prema izvedbi, P&P stroj se može podijeliti na dva tipa:

- a) izvan linijski P&P stroj
- b) linijski P&P stroj.

2.1. Izvan linijski P&P stroj

2.1. *Offline P&P machine*

Izvan linijski P&P stroj je predviđen za korištenje samostalno, tj. izvan automatizirane proizvodne linije. On nije povezan sa strojem prije ili strojem poslije njega u proizvodnoj liniji, već operater ručno postavlja i podešava tiskanu pločicu u stroj. Takvi P&P strojevi se koriste za proizvodnju manjih količina tiskanih pločica i prototipnu proizvodnju. Prednost izvan linijskog P&P stroja je visoka fleksibilnost te veliki broj dodavača komponenata pošto stroj nema ugrađeni transportni linijski trak. Glavni nedostatak izvan linijskog P&P stroja je manja brzina polaganja komponenata koja se uglavnom kreće do 15.000 komponenata na sat.



Slika 1. Izvan linijski P&P stroj švicarskog proizvođača Essmtec, model Cobra

Figure 1. Offline P & P machine of the Swiss manufacturer Essmtec, the Cobra model

2.1. Linijski P&P stroj

2.1. *Inline P&P machine*

Linijski P&P stroj je predviđen za korištenje

unutar automatizirane proizvodne linije, opremljen je automatskim transportnim trakom i komunikacijom sa strojem prije i poslije njega. Linijski P&P stroj se također može koristiti i izvan linijski tj. samostalno, te naknadno instalirati u automatiziranu proizvodnu liniju. Linijski P&P strojevi postižu vrlo visoke brzine polaganja komponenti te se dodatno dijele u dvije grupe:

b1) linijski P&P strojevi srednjih brzina (do 50.000 položenih komponenata na sat)

b2) linijski P&P strojevi visokih brzina (iznad 50.000 položenih komponenata na sat).

Linijski P&P strojevi srednjih brzina su donekle fleksibilni što se tiče raspona komponenata kojeg mogu polagati, dok linijski P&P strojevi visokih brzina su specifično opremljeni za polaganje komponenata pojedinih dimenzija. U jednoj automatiziranoj proizvodnoj liniji pretežno se instalira nekoliko linijskih P&P strojeva visokih brzina koji zajedno pokrivaju širok spektar dimenzija komponenata.



Slika 2. Linijski P&P strojevi visokih brzina japanskog proizvođača Fuji, model NXT

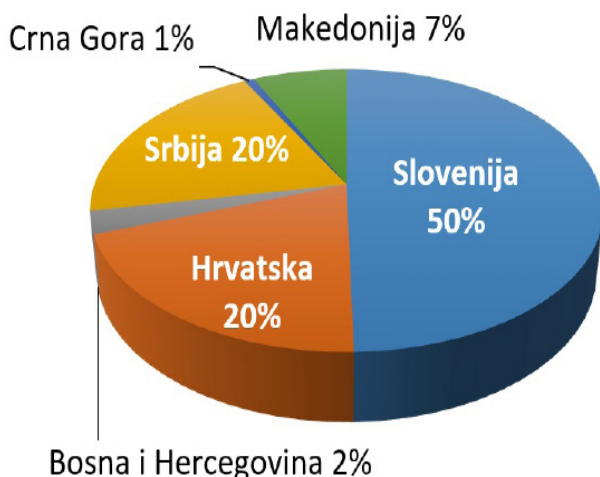
Figure 2. High-speed inline P & P machine of the Japanese manufacturer Fuji, the NXT model

2.1. Linijski P&P stroj

2.1. *Inline P&P machine*

Stanje u regiji što se tiče broja instaliranih P&P strojeva je slijedeće (slika 3):

- Slovenija: 133
- Srbija: 54
- Hrvatska: 53
- Makedonija: 19
- Bosna i Hercegovina: 7
- Crna Gora: 2
- Kosovo: 0



Slika 3 Udio instaliranih P&P strojeva po zemljama u regiji
Figure 3 Share of installed P & P machines by country in the region

3.1. Slovenija 3.1. Slovenia

Zanimljivo je primijetiti kako Slovenija koja ima samo 2 milijuna stanovnika ima instalirano 50% svih P&P strojeva u regiji, preciznije 133 stroja. Slovenija je daleko najrazvijenija od svih država u regiji što se tiče proizvodnje elektronike te prati trendove u industriji i potiče proizvodnju raznim poreznim olakšicama i bespovratnim sredstvima prilikom investicija u nove strojeve. Razina znanja u proizvodnji elektronike u Sloveniji je puno veća nego u ostalim zemljama bivše Jugoslavije, što se prvenstveno može povezati s kompanijom Iskra koja je bila vrlo moćna i napredna u elektronici do početka devedesetih godina prošlog stoljeća. Raspadom Jugoslavije raspala se i kompanija Iskra čak u tridesetak manjih, privatnih kompanija koje su i dan danas zadržale poznato ime Iskra (IskraTEL, Iskraemeco, Iskra Sistemi, Iskra Medical, Iskra Zaštite, Iskra Semič itd.). Jedan dio ljudi koji su radili u Iskri do devedesetih godina prošlog stoljeća otvorili su svoje male privatne kompanije koje su do danas narasle i koje su vrlo renomirane u svijetu proizvodnje elektronike. Tako na primjer kompanija Elrad International danas broji preko tisuću zaposlenih u proizvodnim pogonima u Sloveniji, Srbiji i Kini. Dodatna dva glavna razloga za izniman rast proizvodnje elektronike u Sloveniji su izostanak rata, te fokus na izvoz u razvijene zemlje zapadne Europe kao što su Njemačka, Austrija i Italija. Slovenske kompanije uglavnom se ne ograničavaju na proizvodnju isključivo za države u regiji.



Slika 4 Segmentacija instaliranih P&P strojeva u Sloveniji po tipu instaliranog stroja
Figure 4 Segmentation of installed P & P machines in Slovenia by type of installed machine

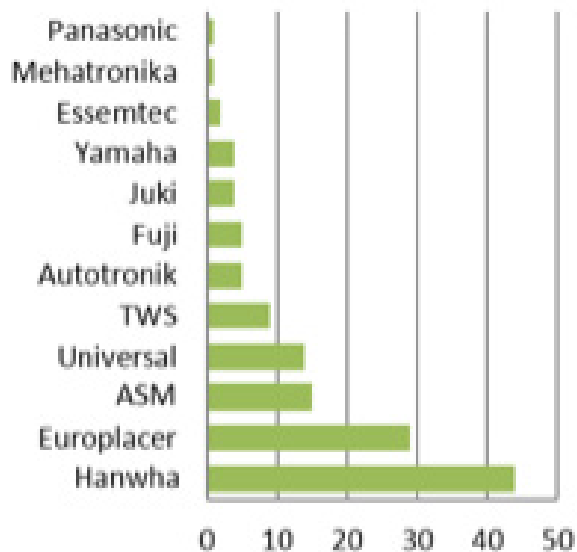
Kao što se može vidjeti (slika 4), najviše instaliranih P&P strojeva u Sloveniji su linijski strojevi srednjih brzina, pošto je najveći broj manjih i srednjih kompanija koje traže najbolji omjer fleksibilnosti uz razumne brzine strojeva.

Od ukupno 48 kompanija koje posjeduju P&P stroj u Sloveniji skoro polovica se bavi uslužnom asemblažom, na engleskom electronics manufacturing services (EMS). Sve takve kompaniju uslugu asemblaže nude i izvan regije, najviše u zemlje zapadne Europe. Kao još jedna od posljedica velike kompanije Iskra, 11 kompanija se bavi raznom industrijskom elektronikom, dok je sve veći broj kompanija koje se bavi proizvodnjom elektronike za automobilsku i LED industriju.

Tablica 1 Segmentacija instaliranih P&P strojeva u Sloveniji po tipu instaliranog stroja
Table 1 Segmentation of installed P & P machines in Slovenia by type of installed machine

Uslužna asemblaža (EMS)	23
Industrijska elektronika	11
Automobilska elektronika	5
LED proizvodi	4
Prototipovi	2
Ostalo (medicina, solarna i sl.)	3

Najpopularniji proizvođač P&P strojeva u Sloveniji je Hanwha Techwin (slika 5).



Slika 5 Broj instaliranih P&P strojeva u Sloveniji segmentiran po proizvođačima

Figure 5 Number of installed P & P machines in Slovenia segmented by the manufacturers

Hanwha je južnokorejska tvrtka koja je otkupila Techwin dio Samsunga 2015. godine, a time i kompletnu proizvodnju i razvoj P&P strojeva. Svoj visoki udio tržišta u regiji Hanwha može zahvaliti dugogodišnjoj odličnoj lokalnoj podršci i servisu kojeg izvodi regionalni distributer Hanwha P&P strojeva, firma Amtest s uredima u Hrvatskoj, Sloveniji i Srbiji.

Drugi najpopularniji proizvođač P&P strojeva u Sloveniji je engleski Europlacer koji je sa svojim vrlo fleksibilnim P&P strojevima osvojio ozbiljan dio tržišta u Sloveniji. Slijede dva proizvođača linijskih P&P strojeva visokih brzina, njemački ASM i američki Universal sa 15 tj. 14 instaliranih P&P strojeva u Sloveniji. Japanski Panasonic, koji je u svijetu među tri vodeća proizvođača P&P strojeva, na zadnjem je mjestu sa samo jednim vrlo starim strojem. Razlog tomu je nedostatak lokalne servisne podrške i neaktivnost Panasonica u ovom dijelu Europe.

3.2. Srbija 3.2. Serbia

Drugo mjesto dijele Srbija i Hrvatska sa 54 odnosno 53 instalirana P&P stroja. Srbija ima dosta svjetliju budućnost u proizvodnji elektronike pošto privlači velike strane investitore i kompanije. Naime, Srbija potiče izgradnju novih proizvodnih hala stranih investitora besplatnim ili drastično umanjenim troškovima zemljišta, infrastrukture i

radne snage u prvih nekoliko godina. Jedini uvjet koji se postavlja investitoru je da mora zaposliti 80-90% srpskog lokalnog stanovništva u takvoj proizvodnoj hali. Ako uzmemo u obzir iznimno niske minimalne plaće radne snage (pogotovo na jugu Srbije), i taj jedini uvjet ide investitoru u korist. Za primjer, prosječna visina plaće jednog inženjera elektrotehnike na jugu Srbije je u 2017. godini niža od prosječne plaće inženjera elektrotehnike u okolici Šangaja u Kini. Tako se danas može vidjeti kako kineski proizvođač elektronike Johnson Electric otvara svoje proizvodne hale na jugu Srbije. Dalo bi se zaključiti kako je ovo čisto korištenje vrlo povoljne radne snage bez posebnih koristi za državu, no razina znanja te radne snage tijekom vremena raste, kao i u Kini, pa će tako i inženjer elektrotehnike u Srbiji tijekom vremena zahtijevati i dobiti sve veća primanja. Dodatno se otvaraju i manje lokalne kompanije koje nude razne usluge velikim proizvodnim investitorima (logistika, materijali, održavanje, prehrana, hoteli i sl.).



Slika 5 Broj instaliranih P&P strojeva u Sloveniji segmentiran po proizvođačima

Figure 5 Number of installed P & P machines in Slovenia segmented by the manufacturers

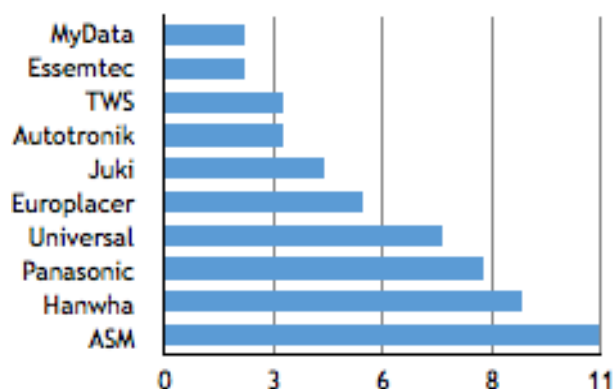
Kao i u Sloveniji, i u Srbiji je najviše instaliranih fleksibilnih linijskih P&P strojeva srednjih brzina, slika 6, no bitno je napomenuti kako je većina strojeva starijeg godišta te da je broj linijskih P&P strojeva visokih brzina u naglom porastu pošto strani investitori pretežno preferiraju proizvodnje takvog tipa.

Tablica 1 Segmentacija instaliranih P&P strojeva u Sloveniji po tipu instaliranog stroja

Table 1 Segmentation of installed P & P machines in Slovenia by type of installed machine

Uslužna asemblaža (EMS)	11
Industrijska elektronika	4
LED proizvodi	3
Automobilska elektronika	1
Prototipovi	1
Ostalo (medicina, solarna i sl.)	1

Očekivano, od 21 kompanije koje koriste P&P strojeve u Srbiji više od polovice se bavi uslužnom asemblažom (tablica 2), koja se između ostalog izvozi i na rusko tržište, pošto Srbija nema carinske troškove s Rusijom. I ovdje se nalazi nekoliko kompanija koje se bave proizvodnjom industrijske elektronike, visoka razina znanja je ostala iz nekadašnjih kompanija Pupina, Čajavca te nekad vrlo jake industrijske zone u Nišu. Danas se ta industrijska zona obnavlja i postaje atraktivno središte za strane investitore.



Slika 7 Broj instaliranih P&P strojeva u Srbiji segmentiran po proizvođačima

Figure 7 Number of installed P & P machines in Serbia segmented by manufacturers

Kao što se može vidjeti (slika 7), najzastupljeniji proizvođač P&P strojeva u Srbiji je ASM sa svojim linijskim P&P strojevima visokih brzina. Razlog tome je uslužna proizvodnja koja je generalno fokusirana na brzinu izrade istog ili sličnog

produkta. Kad je riječ o fleksibilnijim proizvodnjama, Hanwha i Europlacer su vodeći dobavljači P&P strojeva. Brojka od 8 Panasonic P&P strojeva nije realna pošto se radi o svih 8 P&P strojeva instaliranih u Panasonic-ovoj proizvodnoj tvornici LED rasvjetnih tijela u Svilajncu. Američki Universal je prisutan u dvije kompanije, no u zadnje dvije godine mu popularnost naglo opada radi loših izvedbi novih strojeva, skupih rezervnih dijelova i skupih servisnih posjeta.



Slika 8 Linijski P&P stroj visokih brzina američkog proizvođača Universal, model Fuzion

Figure 8 High-speed inline P & P machine of the US manufacturer Universal, the Fuzion model

3.3. Hrvatska

3.3. Croatia

Što se Hrvatske tiče, situacija u proizvodnji elektronike je lošija. Kompanije koje se već tradicionalno bave proizvodnjom elektronike ne napreduju, ne šire svoj fond znanja, te se baziraju na proizvodnji isključivo za domaće tržište ili tržište u regiji. Veće kompanije koje koriste P&P strojeve se pretežno oslanjaju na državne i gradske kompanije (ZET i HEP) o čijoj sudbini upravlja politika, dok manje kompanije koje koriste P&P strojeve u biti preživljavaju. Postoji nekoliko iznimaka u Istri i okolici Zagreba, no cjelokupna situacija je dosta loša. Od kada je Hrvatska ušla u EU 2013. godine na raspolaganju su nam razni poticaji i bespovratna sredstva za P&P strojeve i ostalu opremu koje do danas kompanije vrlo slabo koriste. Glavni problem su pretjerana državna birokracija i dokumentacija, nesređeni i nelogični zakoni o nabavi, umiješanost politike i ekstremni nepotizam. Ovakvim pristupom Hrvatska država

ne potiče proizvodnju već ju sustavno uništava, te nije interesantna stranim investitorima.

Od ukupno 53 P&P stroja instalirana u Hrvatskoj čak 20 ih je izvan linijskih P&P strojeva starije generacije (slika 9), te se može primijetiti kako u Hrvatskoj nije instaliran niti jedan linijski P&P stroj visokih brzina. Čak i 33 instalirana linijska P&P stroja srednjih brzina su u prosjeku dosta starijih godišta, kupljeni rabljeno ili su na zalasku svojeg radnog vijeka. Ova statistika potvrđuje opće loše stanje u proizvodnji elektronike u Hrvatskoj.



Slika 9 Segmentacija instaliranih P&P strojeva u Hrvatskoj po tipu instaliranog stroja

Figure 9 Segmentation of installed P & P machines in Croatia by type of installed machine

U Hrvatskoj postoji nekoliko pionira u proizvodnji elektronike:

- SMD-MICRO ELEKTRONIKA (Zagreb)
- ELMAR Electronic (Split)
- Končar INEM (Zagreb)
- RIZ Odašiljači i Brojila (Zagreb)
- Data-Link (Bjelovar).

Ove kompanije se već tradicionalno dugu niz godina bave proizvodnjom elektronike koristeći P&P strojeve, no njihov osnovni problem je što se fokusiraju isključivo na domaće ili regionalno tržište. Radi siromašne potražnje na domaćem ili regionalnom tržištu, ove kompanije se ne razvijaju ili se razvijaju vrlo sporo.

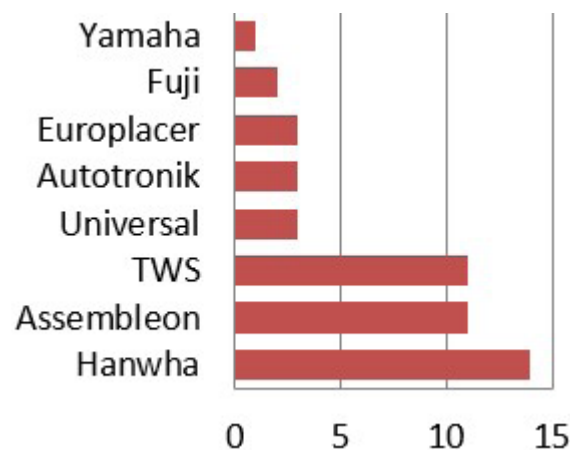
Uslužna asemlaža (EMS)	12
LED proizvodi	5
Industrijska elektronika	4
Automobilska elektronika	2
Prototipovi	2
Ostalo (SMART rješenja i sl.)	2

Tablica 3 Segmentacija kompanija koje koriste P&P strojeve u Hrvatskoj prema tipu proizvodnje

Table 3 Segmentation of companies using P & P machines in Croatia by type of production

U Hrvatskoj se nalazi i nekoliko kompanija koje koriste P&P strojeve i fokusiraju se pretežno na napredna tržišta zapadne Europe ili Sjeverne Amerike, ili su u potpunom stranom vlasništvu:

- A-Elektronik (Buzin)
- Vlado Elektronika (Raša)
- Carel Adriatic (Labin)
- Desse Elettronica (Novigrad).



Slika 10 Broj instaliranih P&P strojeva u Hrvatskoj segmentiran po proizvođačima

Figure 10 Number of installed P & P machines in Croatia segmented by manufacturers

Ove kompanije se odlično razvijaju, rastu, grade nove proizvodne hale i zapošljavaju sve veći broj ljudi. Glavni razlog tome je fokus na bogatija i razvijena tržišta Njemačke, Italije, Austrije i SAD-a.

Kao i u cijeloj regiji tako i u Hrvatskoj dominira južnokorejski proizvođač P&P strojeva Hanwha Tecwhin sa 14 instaliranih P&P strojeva (slika 10). Iza njega s 11 strojeva slijedi proizvođač Assembleon, koji je bio vrlo popularan proizvođač P&P strojeva u prošlosti, no danas je na rubu propasti. Assembleon je bivši nizozemski Phillips koji je adaptirao i prodavao P&P strojeve japanskog proizvođača Yamaha na europskom tržištu. Kada je 2013. godine Yamaha odlučila krenuti samostalno na europsko tržište, Assembleon je počeo naglo propadati.



Slika 11 Linijski P&P stroj srednjih brzina južnokorejskog proizvođača Hanwha, model DECAN F2

Figure 11 Medium speed inline P & P machine of South Korean manufacturer Hanwha, the DECAN F2 model

Vrlo popularan izvan linijski P&P stroj u Hrvatskoj je bio talijanski TWS sa čak 11 instaliranih strojeva svojeg modela Quadra. No, ti strojevi su sada vrlo stari te se u principu ne prodaju novi TWS strojevi. Glavni razlozi tome su što TWS vrlo tromo razvija svoje strojeve, te je postalo isplativije investirati u linijske P&P strojeve srednjih brzina koji su fleksibilniji i dugotrajniji.



Slika 12 Izvan linijski P&P stroj talijanskog proizvođača TWS, model Quadra Laser

Figure 12 Offline P & P machine of the Italian manufacturer TWS, model Quadra Laser

3.4. Makedonija, Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Kosovo

3.4. Macedonia, Bosnia and Herzegovina, Montenegro and Kosovo

Zemlja koja je poticaje gradnje novih proizvodnih hala podignula na još veću razinu od Srbije je Makedonija, gdje je prosječna plaća jednog operatera na P&P stroju oko 150-200 EUR mjesečno. U Makedoniji je trenutno instalirano 19 P&P strojeva te je ta brojka u konstantnom porastu radi odličnih uvjeta za strane investitore. Za primjer, Makedonija je u zadnje dvije godine ponudila besplatna zemljišta u bescarinskim zonama što je privuklo velike proizvođače u automobilskoj industriji (Delphi, Marquardt, Kostal). Sudeći po broju gradilišta u navedenim zonama, broj takvih kompanija će se uskoro drastično povećati. Od 19 instaliranih P&P strojeva u Makedoniji čak 18 ih potpuno novih P&P strojeva visokih brzina proizvođača ASM. ASM (bivši Siemens) je uz Fuji i Panasonic najveći i najnapredniji proizvođač P&P strojeva na svijetu te je broj 1 proizvođač P&P strojeva u Europi.



Slika 13 Linijski P&P strojevi visokih brzina njemačkog proizvođača ASM, modeli TX

Figure 13 High speed inline P & P machine of the German manufacturer ASM, TX models

Na začelju liste po broju instaliranih P&P strojeva u regiji se nalaze Bosna i Hercegovina sa 7 P&P strojeva, Crna Gora sa 2 P&P stroja i Kosovo koji nema niti jedan instaliran P&P stroj. Ove tri zemlje trenutno nemaju razvijenu industriju proizvodnje elektronike te se ne vidi tendencija za napredak u bližoj budućnosti.

4. Zaključak 4. Conclusion

Slovenija je regionalni lider po proizvodnji elektronike te bi se Hrvatska, koja je isto odlično locirana, trebala ugledati u Sloveniju i sustavno poticati proizvodnju elektronike. Nakon ulaska Hrvatske u EU očekivanja su bila vrlo velika što se tiče pokretanja proizvodnje. No danas nakon 4 godine, postalo je jasno da se očekivanja ne ostvaruju, ne koriste se EU poticaji za proizvodnju u omjeru koji je to Slovenija koristila kada je ušla u EU, te je općenito stanje u proizvodnji elektronike isto ili lošije nego što je to bilo prije ulaska Hrvatske u EU. Proizvodnja bilo kakve vrste bi trebala biti glavni pokretač ekonomije u Hrvatskoj. Prema današnjoj situaciji i smjeru u kojem se Hrvatska kreće - to je obratno. S druge strane, Srbija i Makedonija koje nisu u EU, se okreću proizvodnji i privlačenju stranih investitora raznim državnim poticajima radi manjka svojeg kapitala. Takav pristup funkcionira te se trenutno otvara i gradi veliki broj novih proizvodnih hala stranih investitora, ne samo u industriji proizvodnje elektronike, već i u ostalim industrijama poput proizvodnje kabela, metalurgije i drvne industrije. Ove dvije države imaju puno većih problema koje im dodatno otežavaju razvoj, poput nestabilne političke situacije i visokog stupnja korupcije, no usprkos tim problemima bi uskoro mogle prestići Hrvatsku što se znanja i razvoja u proizvodnji elektronike tiče. Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Kosovo imaju vrlo visok stupanj nesređenosti te trenutno ne rade značajno na poticaju proizvodnje elektronike.

5. References

5. Reference

- [1] Amtest d.o.o. – interna baza podataka
- [2] Službene internetske stranice poduzeća Amtest: www.amtest-smt.com
- [3] Borko Jurač, “Strojevi za polaganje SMD komponenata na tiskanu pločicu”, diplomski rad br. E770, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, 2017.

AUTORI . AUTHOR

Borko Jurač rođen je 5. listopada 1983. godine u Zagrebu. Zbog zanimanja za tehniku upisuje Prvu tehničku školu „Nikola Tesla“ u Zagrebu. Daljnje školovanje nastavlja na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, gdje najprije završava stručni studij, smjer Automatizacija i procesno računarstvo, a potom Politehnički specijalistički diplomski studij, specijalizacija Elektrotehnika. U vrijeme izrade ovog rada bio je zaposlen u tvrtki Amtest d.o.o. Zagreb, što mu je omogućilo dobar uvid u stanje na regionalnom tržištu strojeva za polaganje SMD komponenata na tiskanu pločicu.

Veselko Tomljenović je diplomirao i magistrirao na Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu zaposlen je od 1988. godine. Između ostalog bavi se i podučavanjem električnih strojeva.

Korespondencija

veselko.tomljenovic@tvz.hr