

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO

Tilen Mokič

Uvedba sledljivosti izdelkov v proizvodnji Iskratel Electronics

DIPLOMSKO DELO UNIVERZITETNEGA ŠTUDIJA

Mentor: doc. dr. Boštjan Murovec

Ljubljana, april 2008

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Boštjanu Murovcu za nadvse koristne nasvete, pripombe, napotke ter potrpežljivo pregledovanje diplomskega dela.

Za izkazano pomoč in razumevanje pri razporeditvi dela se zahvaljujem vsem sodelavcem in nadrejenim v podjetju Iskratel Electronics.

Zahvaljujem se tudi profesorjem, s katerimi sem se srečal na svoji študijski poti, še posebej na študijski smeri avtomatika-robotika.

In nenazadnje, hvala tudi družini, Jerci in prijateljem za podporo, spodbudo in tudi nekaj priganjanja v času mojega študija.

Povzetek

V diplomski nalogi je podan pregled in koncept uvedbe sledljivosti izdelkov v proizvodnji Iskratel Electronics. Sledljivost se dandanes pospešeno uveljavlja kot orodje za izboljšavo delovnih procesov, pomoč pri odpravljanju napak in kot dodatna ponudba kupcem.

Delo je razdeljeno na dva dela. Prvi del podrobneje obravnava gradnike sistemov sledljivosti, kot so uveljavljena črna koda, njena naslednica dvodimenzionalna koda in novinka med oznakami, radio frekvenčna identifikacija. Predstavljeni so različni načini za označevanje izdelkov in prebiranje oznak. Izbrana je najbolj primerna kombinacija oznake in načina označevanja, ki ustreza opisanim željam in zahtevam v proizvodnji.

V drugem delu je izdelana in predstavljena pilotska programska oprema za shranjevanje, obdelavo in prikaz različnih informacij o proizvodnjih operacijah in izdelkih. Nakazane so smernice za razvoj celovite programske rešitve, saj razvoj le-te presega meje naloge.

Ključne besede: sledljivost, črna koda, dvodimenzionalna koda, matrična koda, radio frekvenčna identifikacija, tiskanje, lasersko označevanje, podatkovna baza, spletni vmesnik.

Abstract

In this thesis are described main principles of product traceability and its implementation in Iskratek Electronics production. Nowadays traceability is becoming necessary tool for work processes optimization, help in problem solving and as additional offer to customers.

Thesis is divided into two parts. First part in detail looks into principles of traceability such as: well known bar code, its successor two-dimensional code and a newcomer to markings, radio frequency identification. Different options for product marking and reading of markings are presented. The most convenient combination of marks and product marking option is selected, that suits described demands and requests in production.

In second part, we made and described a pilot software, necessary for saving, handling and presenting different information about work processes and products. Some guidelines for development of whole software are pointed out, because development of it exceeds boundaries of this thesis.

Keywords: traceability, barcode, two-dimensional code, data matrix, radio frequency identification, printing, laser marking, database, web interface.

Kazalo vsebine

1	Uvod.....	1
2	Sledljivost.....	5
3	Predstavitev proizvodnje Iskratel Electronics	7
3.1	Linije za površinsko montažo komponent	8
3.2	Obstoječe stanje sledljivosti	9
4	Unikatno označevanje tiskanih vezij.....	13
4.1	Tipi oznak.....	14
4.1.1	Črtna koda v kombinaciji z alfanumerično oznako.....	15
4.1.2	Dvodimenzionalna koda.....	16
4.1.3	Radio frekvenčna identifikacija	22
4.2	Označevanje izdelkov in prebiranje oznak.....	24
4.2.1	Tiskalniki.....	25
4.2.2	Lasersko označevanje.....	29
4.2.3	Radio frekvenčna identifikacija	33
4.2.4	Oznake v tiskanem vezju.....	34
4.2.5	Prebiranje oznak.....	34
4.3	Izbira oznake in označevanja	36
5	Programska oprema.....	40
5.1	Podatkovna baza.....	40
5.1.1	Obstoječe podatkovne baze na SMT linijah.....	47
5.2	Spletni vmesnik za vnos podatkov	48
5.3	Spletni vmesnik za prikaz podatkov.....	57
6	Zaključek.....	63
7	Literatura	64
8	Spletni viri	67

Kazalo slik

Slika 1: Shema proizvodnih sklopov.....	7
Slika 2: Prerez linije Bled.....	8
Slika 3: Prerez linije Celje.....	9
Slika 4: Prerez linije Domžale.....	9
Slika 5: Identifikacijska nalepka	10
Slika 6: Izpolnjen spremni list.....	11
Slika 7: Nekaj primerov nalepk.....	12
Slika 8: Več izdelkov na skupnem tiskanem vezju	14
Slika 9: Primeri črtnih kod	15
Slika 10: Primer črtne kode tipa Code 128B.....	16
Slika 11: Primeri 2D kod.....	17
Slika 12: Poškodovane oznake	18
Slika 13: Različne velikosti kode Data Matrix.....	21
Slika 14: Primerjava med 1D kodo in 2D kodo	22
Slika 15: RFID oznaka	22
Slika 16: Kompaktna RFID oznaka	24
Slika 17: Zebra tiskalniki	26
Slika 18: Tiskalnik Domino A100 in X–Y označevalni sistem Ema.....	27
Slika 19: Tiskalniki Linx.....	28
Slika 20: Asys BA 01 in ABA 04 napravi za tiskanje in montažo nalepk.....	28
Slika 21: Shematični prikaz naprave za lasersko označevanje.....	29
Slika 22: Primera oznak na tiskanih vezjih	30
Slika 23: Primera oznak na tiskanih vezjih z uporabo črnila	30
Slika 24: Naprava za lasersko označevanje Domino S300+	31
Slika 25: Napravi za lasersko označevanje, Linx SL301 in Smartlase 130i.....	31
Slika 26: Delovna postaja TruMark Station 7000 proizvajalca Trumpf.....	32
Slika 27: Avtomatska naprava za lasersko označevanje Asys ALS 03.....	33
Slika 28: Shema čitalnika enodimenzionalne kode.....	35
Slika 29: Shema čitalnika dvodimenzionalne kode.....	36
Slika 30: Dvodimenzionalna koda velikosti 14×14	37
Slika 31: Asys WS 01, naprava za obračanje tiskanega vezja	39

Slika 32: Povezovanje tabel v bazi podatkov, "eden z več"	42
Slika 33: Povezovanje tabel v bazi podatkov, "več z več"	42
Slika 34: Spletni vmesnik, administratorska stran	48
Slika 35: Spletni vmesnik za vnos uporabnikov	49
Slika 36: Uporabniški vmesnik za vnos operacij	50
Slika 37: Spletni vmesnik za določanje povezav med uporabniki in operacijami	51
Slika 38: Spletni vmesnik za vpisovanje delovnih nalogov	52
Slika 39: Uporabniški vmesnik za vnos izdelkov	53
Slika 40: Spletni vmesnik za vpis podatkov o operacijah na izdelku	54
Slika 41: Izsek PHP kode za vnos novega uporabnika	54
Slika 42: Izsek PHP kode za prenos vnosa v podatkovno bazo MySQL	55
Slika 43: Izsek PHP kode za prikaz vsebine podatkovne baze	55
Slika 44: Izsek PHP kode za popravljanje vnosa	56
Slika 45: Izsek PHP kode za vpis sprememb v podatkovno bazo	56
Slika 46: Izsek PHP kode za brisanje vnosa v podatkovni bazi	57
Slika 47: Uporabniški vmesnik za pregled mesečne zasedenosti operacije	58
Slika 48: Uporabniški vmesnik za pregled dnevne zasedenosti operacije	59
Slika 49: Izsek MySQL kode za pridobitev skupnega časa trajanja operacij za posamezen dan	59
Slika 50: Uporabniški vmesnik za pregled trajanja obdelave po delovnih nalogih	60
Slika 51: Uporabniški vmesnik za pregled trajanja operacij na izdelku	61
Slika 52: Izsek MySQL kode za pridobitev skupnega časa trajanja operacij za posamezen izdelek	61
Slika 53: Izsek MySQL kode za pridobitev podatkov o izvedenih operacijah na izdelku	62

Kazalo tabel

Tabela 1: Dolžina segmenta numeričnega zapisa [38].....	18
Tabela 2: Dolžina segmenta alfanumeričnega zapisa z velikimi črkami [38].....	19
Tabela 3: Velikosti in pripadajoče kapacitete kod Data Matrix [I5].....	20
Tabela 4: Podatkovna tabela "Statusi"	43
Tabela 5: Podatkovna tabela "Operacije"	43
Tabela 6: Podatkovna tabela "Uporabniki"	44
Tabela 7: Podatkovna tabela "UporabnikiOperacije"	44
Tabela 8: Podatkovna tabela "Delovni nalogi"	45
Tabela 9: Podatkovna tabela "Izdelki"	45
Tabela 10: Podatkovna tabela "Mac"	46
Tabela 11: Podatkovna tabela "IzdelkiOperacije"	46
Tabela 12: Podatkovna tabela "Komponente"	47

1 Uvod

Podjetje Iskratel Electronics, d.o.o., Kranj [I1] je samostojno podjetje s približno 300 zaposlenimi, ki deluje od leta 2001 in je v popolni lasti podjetja Iskratel, d.o.o., Kranj. Dejavnost obsega proizvodne storitve in svetovanje s področja elektronike. V najbolj enostavni obliki je to montaža elektronskih komponent, dobavljenih od kupca, na tiskana vezja. V kompleksnejših oblikah se storitvi montaže dodajajo ostale storitve v dobaviteljski verigi, kot so sočasno načrtovanje, nabava komponent, integracija sistemov, testiranje, popravila in distribucija. Iskratel Electronics nudi strankam široko izbiro možnosti za realizacijo proizvoda. Glavni cilj je pomagati stranki od ideje do proizvoda, kar pomeni spremljanje razvoja proizvoda od začetne zamisli do končne sestave in naprej do nudenja poprodajne podpore.

V zadnjem času se podjetje sooča z naraščajočimi pričakovanji kupcev po sledljivosti materiala [1]. Včasih je bila sledljivost zahtevana samo pri visoko-zanesljivostnih sistemih, dandanes pa postaja stalnica na vseh področjih. Tržni pritiski po izboljšanju kakovosti produkta skupaj z nižanjem stroškov diktirajo višje zahteve po kontroli proizvodnih operacij in uporabljenih materialov. Kar je bilo včasih zahtevano zgolj v avtomobilski, letalski in medicinski industriji, se danes pričakuje tudi od telekomunikacijske in računalniške industrije.

Poleg tega se znotraj podjetja pojavljajo želje po natančnejšem beleženju delovnih procesov, s čimer bi lažje optimirali proizvodnjo. Delne rešitve beleženja procesov so trenutno že implementirane, a so med seboj večinoma nepovezane, nepopolne in tehnološko zastarele.

Za ohranitev dobrega ugleda podjetja in za doseg lastnih ciljev (boljši in hitrejši pregled nad dogajanjem v proizvodnji ter njena optimizacija) je potrebno vpeljati oziroma na nekaterih delih posodobiti sledenje znotraj podjetja, tako v smislu sledenja komponentam od vhoda do izhoda, kot tudi sledenje izdelkom v proizvodnji. Nekatere trenutne rešitve beleženja procesov omogočajo zgolj sledenje celotni seriji izdelkov (delovni nalog), kar je potrebno nadgraditi z možnostjo sledenja vsakemu izdelku posebej.

Z vpeljavo oziroma posodobitvijo sledenja želimo pridobiti odgovore na naslednja vprašanja:

- na kateri operaciji se nahaja določen izdelek,

- kakšen odstotek naročila (glede na delovni nalog) je končan in na katerih operacijah se nahaja preostanek,
- katere operacije zadržujejo ostalo proizvodnjo (ozko grlo),
- katere operacije oziroma delovna mesta so premalo izkoriščena,
- katere operacije (z morebitnimi končnimi rezultati, nastavitvenimi parametri, na katerem delovnem mestu) so se izvajale na izdelku,
- kdo je izvajal določeno operacijo (delavec pri ročnem delu oziroma operater pri strojnem),
- katere komponente sestavljajo izdelek (tip, proizvajalec, datum dobave).

Odgovori na prva štiri vprašanja nam omogočijo boljši pregled nad dogajanjem v proizvodnji, kar je tudi osnova za njeno optimizacijo. Z informacijami lahko olajšamo načrtovanje in prodajo kapacitet proizvodnje, izboljšamo povratne informacije tehnologom, ki skrbijo za nemoteno delovanje proizvodnje, ter poskrbimo za posodobitve operacij, ki se izkažejo za kritične. Tako lahko optimalno povečamo kapaciteto proizvodnje, saj se z izboljšavo kritičnih operacij (nakup dodatnega stroja, odprtje dodatnih delovnih mest, dodatno izobraževanje zaposlenih) poveča tudi izkoristek preostalih, predhodno slabše izkoriščenih, operacij.

Preostala tri vprašanja se neposredno nanašajo na želje naših kupcev, izboljšano po-prodajno podporo ter sledenje trendom v industriji. Ker vedno obstaja določen delež izdelkov, ki zaradi različnih razlogov ne delujejo pravilno, nam odgovori na ta vprašanja, olajšajo iskanje napak pri posameznem izdelku ter odkrivanje morebitnega skupnega razloga za odpoved večjega števila izdelkov. V preteklosti se je že izkazalo, da je lahko določena komponenta problematična (slaba serija pri proizvajalcu). Poleg problematičnih komponent obstaja tudi možnost napake v postopku (napačne nastavitve, posebno ob spreminjanju tehnologije, kot je prehod na spajkanje brez svinca) oziroma do človeške napake (napačen ali izpuščen določen del postopka), saj so komponente različno občutljive na temperaturo, fizično obremenitev in vlago. S podatki, ki so ta trenutek na voljo v podjetju, je nemogoče natančno določiti, na katere izdelke (ki so že prodani oziroma na terenu) takšna slaba serija vpliva, saj nikjer ni zabeležen podatek, iz katere serije oziroma celo od katerega proizvajalca je vgrajena komponenta v izdelku. Podobnih primerov bo predvidoma v prihodnosti vedno več, saj želja po nižjih stroških in miniaturizacija, vodi podjetja v izdelavo komponent, katerih parametri so na meji sprejemljivih.

Ne smemo pa tudi pozabiti na željo po prehodu iz papirnatih dokumentov na elektronske ter čimvečjo avtomatizacijo vnosa podatkov vključno z vnosi, ki se že izvajajo. Nesmiselno je papir uporabljati za vmesno stopnjo, saj je za kakršnokoli obdelavo podatkov potrebno vse vnesti v računalnik. Pri tem nastane dodatno tveganje zaradi napačnega vnosa, medtem ko lahko ob direktnem vnašanju v računalnik operater svoj vnos takoj preveri. Poleg tega je obdelava hitrejša in rezultati bolj ažurni.

Pred dejansko vpeljavo izboljšav je potrebna tudi odločitev o primerni strojni opremi. Da bi dosegli vse zastavljene cilje, je nujno potrebno vzpostaviti univerzalen sistem unikatnega označevanja vsakega izdelka na začetku proizvodnje, posodobiti označevanje materiala (ločevanje po proizvajalcih in datumu dobave) in vpeljati več kontrolnih mest v proizvodnji (avtomatizirano, kjer je možno). Zato je predviden nakup naprave za unikatno označevanje tiskanih vezij skupaj z vso dodatno opremo za prebiranje oznak (v proizvodnji in na terenu).

Rešitev je uporabna zgolj, če so pridobljeni podatki točni in popolni, zato stremimo k popolnoma avtomatiziranem vnosu, kar zna precej otežiti načrtovanje optimalnega sistema, zaradi različnih produktov v proizvodnji. Rešitev tudi ne sme opazno podaljšati časa obdelave oziroma izdelave, se mora prilagajati zahtevam kupcev (prostor na tiskanih vezjih je omejen) in ne sme otežiti dela po-prodajni podpori (delo na terenu). Poleg tega mora biti rešitev odprtokodna in pripravljena na morebitne izboljšave v prihodnosti, kot tudi na prilagoditve željam kupcev.

Z opisanim pristopom dobimo minimalno osnovo za zagotavljanje točnih podatkov, katere potrebujemo za računalniško obdelavo in prikaz sledljivosti v proizvodnji. Zaradi zahtevnosti in obsega programskih rešitev je v prvi fazi vpeljave izdelana samo pilotska verzija, ki obsega le podmnožico zelenih prikazov. S pilotskim sistemom bomo preverili konceptno delovanje predlagane rešitve pred izdelavo končne specifikacije. Ustrezna programska rešitev je ključni del naloge, saj brez dobre obdelave podatkov ne moremo izluščiti relevantnih informacij.

Implementacija v proizvodnjo bo potekala v več fazah, ločeno glede na izdelke in področja sledenja. Najprej bodo zajeti izdelki iz lastnega razvoja (IskraTel), kasneje pa bomo rešitev ponudili tudi drugim kupcem (pri izdelavi tiskanih vezij bo potrebno upoštevati določene omejitve oziroma zahteve). Prav tako bo sledenje najprej implementirano na linijah za

površinsko montažo komponent (ang.: surface mount technology, SMT), kjer bo popolnoma avtomatizirano, in kasneje na ročnih delovnih mestih.

2 Sledljivost

Beseda sledljivost (ang.: traceability) [1, 12] se v grobem nanaša na zbirko informacij o opravljenih operacijah v procesni verigi. Predstavlja zmožnost preverjanja zgodovine, lokacije in/ali obdelave izdelka z zabeleženimi parametri.

Metrološka sledljivost nam zagotavlja natančno merjenje veličin po določenem standardu [12]. V logistiki se sledljivost nanaša na sledenje izdelku v distribucijski verigi, od surovin do končnega izdelka. Posebej pomembna je sledljivost v avtomobilski in prehrambeni industriji. Poznamo še sledljivost materialov (kjer z določenimi testi na vzorcu materiala zagotovimo predpisane parametre), programske opreme (spremembe, verifikacije), sledljivost v medicini (vzorci krvi in tkiv morajo imeti povezavo na pacienta) in podobno.

V podjetju Iskratel Electronics z besedo sledljivost zajamemo sledenje izdelkom oziroma polizdelkom v proizvodnji (logistika znotraj podjetja) in beleženje zgodovine uporabljenih komponent (materiali oziroma logistika nabave).

Glavni vzroki za povečano zahtevo po sledljivosti so [1, 2]:

- delitev proizvodnje med več podjetij (ang.: outsourcing); zaradi geografsko porazdeljene proizvodnje imamo večjo potrebo po natančni identifikaciji vzroka problema,
- okvare na produktih; poleg cenovnega udara je problematična tudi izguba ugleda pri kupcu, kar se precej omili, če obstajajo točne informacije za identifikacijo napake. Brez tega je pogosto potrebno privzeti najbolj neugoden scenarij (ang.: worst-case) menjave celotne serije izdelkov, pri čemer prihaja do nepotrebnih stroškov,
- pogodbene obveznosti po katerih mora proizvajalec zagotavljati pravilno izvedene operacije na produktu po prejetih specifikacijah in v skladu z industrijskimi standardi,
- prehod na tehnologijo brez svinca [3, 4] prav tako pomembno prispeva k povečanju zahtev po sledljivosti, saj so roki uvedbe različni glede na uporabo proizvoda. Poleg sledljivosti uporabljenih komponent je zahtevana sledljivost uporabljenih materialov pri izvajanju operacij (spajkalna pasta, povezovalne žice),
- občutljive komponente (ang.: moisture-sensitive devices, MSD), pri katerih je potrebno natančno sledenje časa izpostavljenosti zunanjim vplivom.

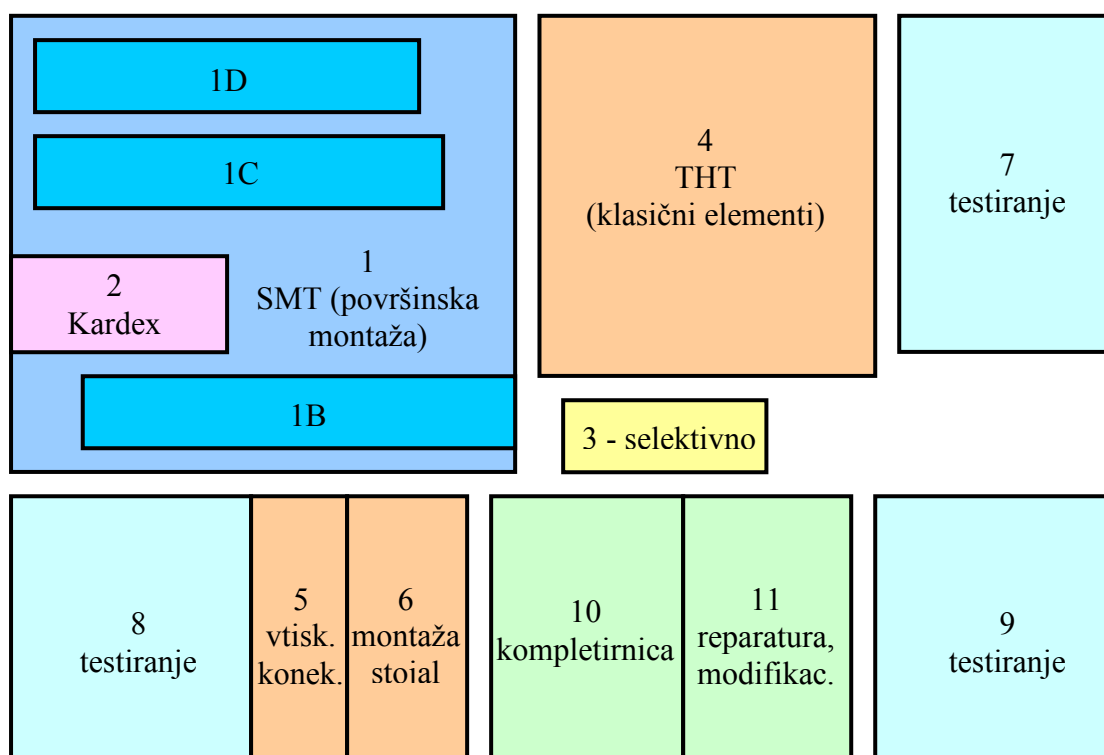
Pri načrtovanju sistema sledljivosti je potrebno razmisliti, kakšen sistem resnično potrebujemo:

- naj zagotavljamo sledljivost za vse izdelke, ali samo za dražje,
- sledimo komponentam, ki so položene samo na polagalnikih SMT ali tudi ostalim: ročno vstavljene komponente (ang.: through-hole technology, THT), komponente uporabljene pri reparaturi, modifikacijah,
- katerim uporabljenim materialom pri izvajanju operacij sledimo (spajkalna pasta, tekočina za spajkanje - flux, čistila),
- ali naj beležimo operaterje (delavce) pri izvajanju operacij,
- ali naj sistem omogoča beleženje ostalih parametrov, kot so serijska številka šablone (ang.: stencil), temperature v peči, orodje na ročnih postajah in podobno.

Sodobni polagalniki SMT zaradi preverjanja pravilnosti postopka in za namene sledljivosti omogočajo natančno beleženje položenih komponent [2]. Zaradi tega je vpeljava sledljivosti lažja in že avtomatizirana, vkolikor zagotovimo pravilno razpoznavo posameznega izdelka. Nasprotno je pri ročnem vstavljanju komponent, reparaturi in modifikacijah potrebno poskrbeti za naknaden vpis komponent, kar močno podaljša čas operacije. Poleg tega je razmerje med uporabljenimi SMT in THT komponentami močno na strani SMT, kar se bo v prihodnosti le še stopnjevalo.

3 Predstavitev proizvodnje Iskratel Electronics

Proizvodnja Iskratel Electronics vsebuje tako visoko tehnološke stroje (polagalniki SMT), kot tudi preprosta delovna mesta za ročno spajkanje, rezanje priključkov in podobno. Poleg tega da znatni delež kupcev še vedno posega po cenejši in bolj preverjeni THT montaži elementov, je slednja v nekaterih primerih še vedno nenadomestljiva (transformatorji, kondenzatorji) in veliko lažja za popravila. V grobem lahko proizvodnjo razdelimo na nekaj sklopov [5], kot je prikazano na sliki 1.



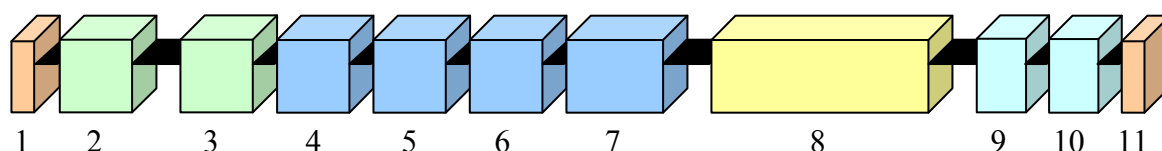
Slika 1: Shema proizvodnih sklopov

Znotraj sklopa za površinsko montažo (SMT, 1), so tri linije (1B, 1C in 1D) ter Kardex skladišče (2), v katerem so elektronske komponente za montažo na vseh treh linijah. Katere operacije sledijo obdelavi na SMT liniji, je odvisno od proizvoda. Možno je selektivno spajkanje posameznih komponent (3), obdelava znotraj sklopa za montažo klasičnih elementov (THT, 4), ki vsebuje optične polagalne mize, delovna mesta za ročno vstavljanje in peč za valno spajkanje (ang.: wave soldering); vtiskovanje konektorjev (5), montaža stoial (6), testiranje (7, 8 in 9, glede na proizvod oziroma naročnika), kompletirnica (10) in reparatura skupaj z modifikacijami (11).

3.1 Linije za površinsko montažo komponent

Najbolj avtomatiziran del proizvodnje so tri linije za površinsko montažo komponent (poimenovane Bled, Celje in Domžale) z različnimi kapacitetami. Vse tri delujejo 24 ur dnevno, vse dni v tednu. Naprave na liniji so medsebojno povezane z avtomatskim transportnim trakom [6] (če izdelek obteži na določeni operaciji, to vpliva na vse izdelke na liniji za njim). Takt linije tako določajo polagalniki SMT komponent [13], med katere je delo optimalno razdeljeno (optimizacija se izvede avtomatsko ob pisanju programa za polaganje).

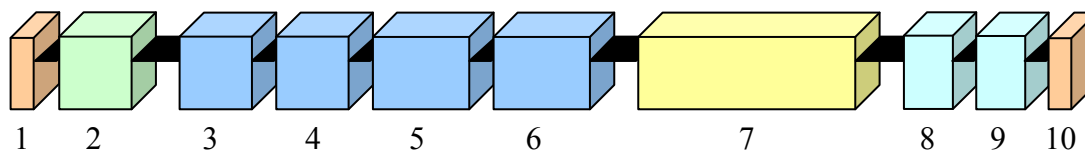
Linija Bled (na sliki 2) vsebuje pet polagalnikov SMT komponent (prvi se uporablja za nanos lepila), ima teoretično hitrost polaganja 55.000 komponent na uro in omogoča polaganje 310 različnih elementov (310 podajalnikov [7, 8], ang.: feeder).



Slika 2: Prerez linije Bled

1. zalogovnik Asys AES 03D [I4],
2. tiskalnik spajkalne paste DEK 265 [9],
3. nanos lepila SIPLACE 80G,
4. polagalnik SIPLACE 80S20 [10, 11, 12],
5. polagalnik SIPLACE 80S20 [10, 11, 12],
6. polagalnik SIPLACE 80F4 [10, 11, 12],
7. polagalnik SIPLACE HF3 [13, 14],
8. peč ERSA Hotflow 9 [15, 16, 17],
9. AOI ViT (avtomatska optična kontrola) [18, 19],
10. reparaturna postaja [18] in
11. zalogovnik Asys AES 03D [I4].

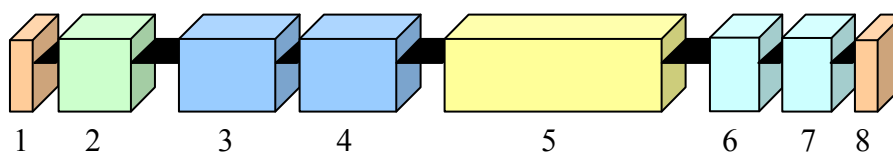
Linija Celje (na sliki 3) vsebuje štiri polagalnike SMT, ima teoretično hitrost polaganja 75.000 komponent na uro in omogoča prav tako 310 različnih elementov [7, 8].



Slika 3: Prerez linije Celje

1. zalogovnik Asys AES 03D [I4],
2. tiskalnik spajkalne paste in lepila DEK 265 [9],
3. polagalnik SIPLACE 80S20 [10, 11, 12],
4. polagalnik SIPLACE 80S20 [10, 11, 12],
5. polagalnik SIPLACE X4 [20, 21, 22],
6. polagalnik SIPLACE HF [13, 14],
7. peč Vitronics Soltec MyReflow 930 [23, 24, 17],
8. AOI ViT (avtomatska optična kontrola) [18, 19],
9. reparaturna postaja [18] in
10. zalogovnik Asys AES 03D [I4].

Linija Domžale (na sliki 4) vsebuje dva polagalnika SMT, zato omogoča polaganje manjšega števila različnih elementov (240 [7, 8]) in ima teoretično hitrost polaganja 62.000 komponent na uro.



Slika 4: Prerez linije Domžale

1. zalogovnik Asys AES 03D [I4],
2. tiskalnik spajkalne paste in lepila EKRA X4 [25, 26],
3. polagalnik SIPLACE X4 [20, 21, 22],
4. polagalnik SIPLACE X4 [27, 21, 22],
5. peč REHM VX734 [28, 29],
6. AOI ViT (avtomatska optična kontrola) [30, 31],
7. reparaturna postaja [18] in
8. zalogovnik Asys AES 03D [I4].

3.2 Obstoječe stanje sledljivosti

Naročene elektronske komponente se v vhodni kontroli označijo z identifikacijsko številko (črtna koda in numerični zapis; slika 5). Koda je unikatna za določen tip komponente, ne pa

tudi za posamičnega proizvajalca (obstajajo alternativni proizvajalci) in posamično dobavo. Tako ima lahko določen tip komponente, določene dimenzije oziroma v določenem ohišju, enako identifikacijsko številko (primer: SMD upor, 10 ohmski, dimenzije 0402 ima identifikacijsko številko 610575003000), ne glede na to kdaj je bil dobavljen in od katerega proizvajalca oziroma dobavitelja je. Določeni elementi imajo celo enake oznake, kljub drugačnim dimenzijam (višji oziroma nižji SMD elementi, kjer oznaka dimenzije označuje samo površino).



Slika 5: Identifikacijska nalepka

Na identifikacijski nalepki sta sicer prisotna številka ter datum prevzema, vendar se pri skladiščenju (Kardex) oziroma uporabi komponent, pregleduje, beleži in uporablja samo identifikacijska številka. Tako sta datum in številka prevzema uporabljena samo v vhodni kontroli.

Na začetku SMT linije se delovnemu nalogu (ki pokriva celotno serijo enakih izdelkov; pri pilotskih projektih je to samo nekaj kosov, pri večjih serijah lahko tudi več 100 kosov) doda list za popis nastavitvenih parametrov linije [32], kjer delavci s svojim podpisom zagotavljajo pravilne nastavitve na liniji. Nastavitve vključujejo program na polagalnikih, program za tiskanje spajkalne paste, temperaturni profil v peči in program za avtomatsko optično kontrolo (vse naštetu za vsako stran tiskanega vezja posebej). Poleg se dodajo še spremni listi izdelka [33] (obrazec 73-109g, slika 6), na katere se vpisujejo podatki za do 10 tiskanih vezij skupaj. Odvisno od velikosti se jih na koncu linije za nadaljni transport spravlja v zabojnike po 5 do največ 10 skupaj, tako da vsak zabojnik dobi svoj spremni list. Na list se vpisujejo nekatere opravljene operacije pri izdelavi kot tudi pri preverjanju skladnosti izdelka. Operacije se vpisujejo glede na šifrant operacij, s črkovno oznako, kateri vedno sledi številka delavca, ki je operacijo izvedel. Na voljo je tudi prostor za zapis morebitne ugotovljene napake. Po vseh končanih operacijah delavka izpolnjene spremne liste (slika 6) vnese v računalnik.

SPREMNI LIST IZDELKA

KODA IZDELKA: UTA605088030 DELOVNI NALOG: 110665 KOLIČINA: 50 kos
 DATUM IZDELAVE: 17.12.2007 SMT LINIJA: BLED CELJE
 SERIJSKE ŠTEVILKE OD: _____ DO: _____

AOI KONTROLA: A stran (št. kontrolorja) B stran 193 (št. kontrolorja) valno spajkanje (št. kontrolorja)

Serijska št. izdelka	Proizv. operacije	Kontrolne operacije	NAPAKE				Material
<u>20354</u>	<u>YN</u>	<u>KG</u>	Material	<u>11</u>			1 - upor
			Pozicija	<u>T2.1</u>			2 - kondenzator
			Napaka	<u>S2.8</u>			3 - dioda
			Kontrolor	<u>KG</u>			4 - tranzistor
<u>20355</u>	<u>YN</u>	<u>KG</u>	Material				5 - hibridno v.
			Pozicija				6 - integrirno v.
			Napaka				7 - preklopnik
			Kontrolor				8 - opto el., lead
<u>20356</u>	<u>YN</u>	<u>KG</u>	Material				9 - varistor
			Pozicija				10 - R-vezje
			Napaka				11 - TRF-tuljava
			Kontrolor				12 - rele
<u>20357</u>	<u>YN</u>	<u>KG</u>	Material	<u>B7.7.7.7</u>			13 - konektor
			Pozicija	<u>B7.7</u>			14 - stik
			Napaka	<u>E10</u>			15 - prekinitiv
			Kontrolor	<u>YN</u>			16 - ostalo
<u>20358</u>	<u>YN</u>	<u>KG</u>	Material	<u>11</u>			OPOMBA:
			Pozicija	<u>T2.3</u>			za ostale napake
			Napaka	<u>S2.8</u>			vpisi naziv
			Kontrolor	<u>KG</u>			materiala
			Material				z besedo
			Pozicija				
			Napaka				
			Kontrolor				
			Material				
			Pozicija				
			Napaka				
			Kontrolor				
			Material				
			Pozicija				
			Napaka				
			Kontrolor				
			Material				
			Pozicija				
			Napaka				
			Kontrolor				

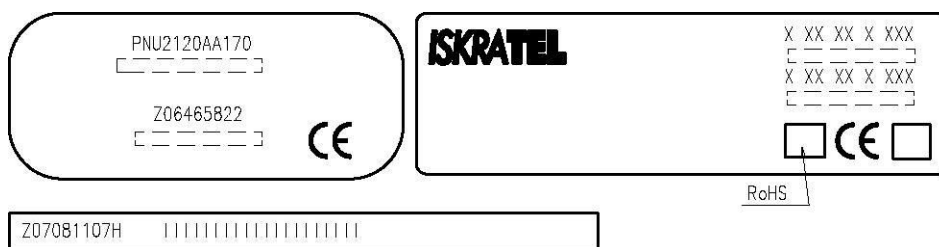
Navodilo za izpolnjevanje obrazca:

Koda izdelka: vpisi kodo izdelka
 Delovni nalog: vpisi številko delovnega naloga
 Količina: vpisi število izdelkov na delovnem nalogu
 Datum izdelave: vpisi datum začetka izdelave na SMT liniji, THT liniji
 SMT linija: obkroži, na kateri liniji se izdeluje izdelek
 Serijske številke: vpisi prvo in zadnjo serijsko številko za delovni nalog
 AOI kontrola: žig AOI kontrole

Obr.:73-109g

Slika 6: Izpolnjen spremni list

Običajno se na koncu SMT linije izdelke označi tudi z nalepkami (slika 7), katerih število in oblika se razlikujeta glede na produkt oziroma želje kupca. Prav tako je zaradi različnih oblik, dimenzij in opremljenosti tiskanih vezij mesto lepljenja različno. Na nalepkah je več vrst informacij, poleg tehničnih (MAC naslov) in skladnostnih oznak (proizvodnja brez svinca), tudi alfanumerična koda izdelka (primer: PNU2120AA170) ter serijska številka izdelka. Slednja vključuje podatek o lokaciji, letu in tednu izdelave ter zaporedno številko znotraj tedna (primer: Z07081107) [34]. Obe oznaki (koda in serijska številka izdelka) imata tudi pripadajočo črtno kodo.



Slika 7: Nekaj primerov nalepk

Nalepka s serijsko številko izdelka (slika 7, spodaj) ima tudi prazen prostor, predviden za označevanje opravljenih operacij (žigosanje; glede na predpis [33] se opravljene operacije označujejo na spremni list in/ali na nalepko). Pri produktih, ki te nalepke nimajo, se pomembnejše operacije označi z žigom direktno na tiskano vezje.

Časi izdelka v proizvodnji se beležijo glede na celoten delovni nalog in zgolj na dveh mestih (konec SMT linije, konec izdelave). To je še posebej problematično pri večjih serijah, saj je možno, da je precej izdelkov končanih, medtem ko ostali čakajo znotraj proizvodnje na obdelavo, zaradi različnih zakasnitev (zamuda pri dobavi materiala, prioriteta drugih izdelkov in drugo). Tako ni jasno in hitro razvidno, kolikšen del naročila je v nekem trenutku že izveden in kateri deli proizvodnje so trenutno zaposleni s katerim produktom. Prav tako za večino operacij ni zabeležen niti dejanski čas obdelave določene serije izdelkov.

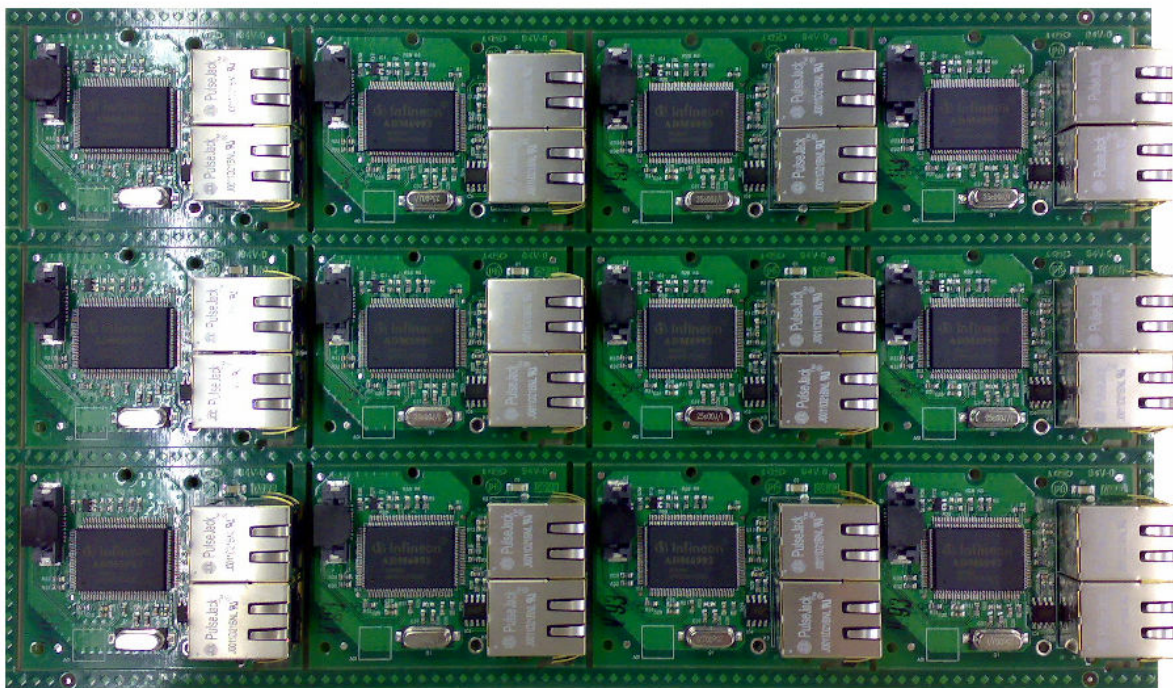
Vsak odpremljen izdelek se zabeleži v bazo podatkov, pri nekaterih se shrani tudi lokacija implementacije (predvsem izdelki podjetja Iskratel). To informacijo uporabi oddelek za popravila, saj se z namenskim programom tako lažje optimira število potrebnih rezervnih enot za določeno področje [35]. Poleg tega program omogoča sledenje vsem popravilom z beleženjem izvedenih dejavnosti na vsakem vrnjenem izdelku (datum popravila, tip popravila, opravljeni testi) [36]. Možno je tudi iskanje problematičnih komponent (pogosto odpovedovanje).

4 Unikatno označevanje tiskanih vezij

Zahtevana stopnja sledljivosti (vsak izdelek posebej, podrobnosti o izdelku) je možna zgolj ob uvedbi unikatnega označevanja tiskanih vezij. Označevanje mora biti izvedeno na osnovni gradnik (tiskano vezje) pred izvajanjem ostalih operacij, saj le tako lahko zagotovimo točnost in popolnost vseh vpisanih podatkov. Oznaka mora biti dovolj odporna, da se ne poškoduje med obdelavo izdelka, in hkrati dovolj prilagodljiva, da jo lahko dodamo na vse izdelke.

Zahteve za oznako so tako enake kot za ostale elektronske komponente na tiskanem vezju. Oznaka mora biti:

- temperaturno obstojna, saj pri pretaljevanju v peči temperature dosega do 265 °C (odvisno od nastavitve),
- mehansko odporna; poškodbe lahko nastanejo zaradi krivljenja plošč (večje plošče se ojača s kovinskimi prečkami) ob transportu, običajni uporabi, kjer krivljenje lahko povzroči vstavljanje konektorjev, ali pri nepazljivem ravnanju, zaradi katerega oznaka ne sme postati neuporabna (manjše praske, prstni odtisi). Predvsem manjši izdelki so pogosto izdelani na skupnem tiskanem vezju, in se jih po obdelavi na SMT liniji razreže na posamezne izdelke (slika 8). Elementi blizu roba reza so tako izpostavljeni določenim obremenitvam zaradi krivljenja plošč,
- brez vpliva na ostale komponente oziroma na delovanje izdelka; pri elektronskih oznakah lahko pride do interference z ostalimi komponentami. Nekatere oznake za pritrditev uporabljajo lepilo, slednje ne sme kvarno vplivati na tiskano vezje oziroma na premaze na njem,
- dovolj majhna; prostor na tiskanem vezju je dragocen,
- cenovno ugodna; mesečno je narejenih okoli 20.000 izdelkov. Manjši operativni stroški za posamezen izdelek hitro upravičijo morebitno večjo začetno investicijo v opremo,
- zanesljiva; kot že večkrat omenjeno, poleg točnosti podatkov je kritična tudi njihova popolnost.



Slika 8: Več izdelkov na skupnem tiskanem vezju

Alternativna možnost je označevanje takoj po montaži površinskih elementov (izognemo se zahtevam po temperaturni odpornosti oznake), vendar s tem nastane problem sledenja na liniji. Podatke je potrebno začasno shranjevati brez točno določene povezave z izdelkom (samo glede na vrstni red na liniji) in jih zapisati v bazo podatkov takoj, ko izdelek pridobi unikatno oznako. V praksi to ni izvedljivo, saj lahko pride do napake na določenem izdelku in se le-tega zadrži, izloči oziroma postavi na začetek linije, s čimer se spremeni vrstni red na enem ali več strojih na liniji. Posledično bi bilo razvrščanje pravih podatkov za določen izdelek izredno težavno, saj bi morali slediti vsem ročnim posegom na liniji, s čimer se poveča možnost napačnega vnosa. Zato se bomo osredotočili samo na oznake, ki zadostijo temperaturnim zahtevam SMT linije.

4.1 Tipi oznak

Trendi v industriji kažejo na prehod z nekdanj običajne enodimenzionalne (1D) črtne kode na dvodimenzionalno (2D) matrično kodo (ang.: Data Matrix). Slednja je priporočena s strani Združenja elektronskih proizvajalcev (ang.: Electronic Industries Association, EIA) za označevanje manjših elektronskih komponent [37].

Uvedba novega označevanja oziroma sprememba obstoječega vpliva tudi na spremembe pri prebiranju oznak. Poleg tega in zaradi težavnosti ponovne spremembe označevanja (zagotavljanje podpore za starejše oznake) mora biti odločitev dobro premišljena. V podjetju smo pregledali več možnih tipov oznak z namenom izbrati za naše okolje najprimernejšega.

4.1.1 Črtna koda v kombinaciji z alfanumerično oznako

Črtna koda (ang.: barcode) je sestavljena iz vrste temnih črt in svetlih razmikov med njimi [38]. Širina črt in razmikov je odvisna od tipa zapisa kode [15]. Lahko si jo predstavljamo kot slikovno verzijo Morsejeve kode, kjer tanke črte predstavljajo kratek znak (pika) in široke dolg znak (črta).

Obstaja več uveljavljenih zapisov, med najbolj uporabljanimi so Code 128 [38], EAN-13 (ang.: European Article Number) [38] in UPC-12 (ang.: Universal Product Code) [38]. Dovoljeni znaki so odvisni od tipa zapisa, nekateri podpirajo samo numerične znake, omejeno število posebnih znakov ali pa celoten ASCII nabor znakov. Na sliki 9 so predstavljeni zapisi: Code 128 (levo zgoraj), EAN-13 (desno zgoraj), UPC-12 (UPC-A) (v sredini) in Postnet (spodaj) [16].



Slika 9: Primeri črtnih kod (generirano s pomočjo [16])

Dolžina je lahko konstantna ali variabilna. Pri slednji je maksimalna dolžina kode pogojena z velikostjo končne kode oziroma z omejitvami čitalnika. Poleg dolžine nam čitalnik omejuje

tudi ločljivost kode, saj zahteva dobro definirane prehode med temnimi črtami in svetlimi razmiki. Temu ustrezno moramo poskrbeti za primeren tiskalnik črtne kode (primerna je večina sodobnih tiskalnikov) in ustrezno podlago za tiskanje kode. Kode ne smemo tiskati na material, kjer bi se oznaka razlivala, hitro zbledela ali kako drugače poškodovala.

Poglavitna prednost črtne kode je omogočanje avtomatskega, zanesljivega, hitrega in točnega vpisovanja podatkov [39]. Študije ugotavljajo, da se ob uporabi črtne kode pojavi zgolj ena napaka na milijon [38] do tri milijone znakov [17]. Ob ročnem vnašanju je napačen kar vsak tristoti vpisani znak [38]. Poleg tega nam avtomatsko vpisovanje podatkov omogoča spremljanje le-teh v realnem času, kar je pri ročnem vpisovanju redkost, saj se običajno ročno vnašajo podatki za pretekle, že zaključene dogodke. Zapis je relativno neobčutljiv na poškodbe, a zgolj v horizontalni smeri (lahko odrežemo polovico kode, ki bo še vedno berljiva). Nasprotno je v vertikalni smeri koda zelo občutljiva in poškodba lahko hitro privede do napačno prebranih podatkov oziroma postane koda neberljiva.

V našem podjetju je označevanje s črtno kodo že močno razširjeno in se uporablja v kombinaciji z alfanumerično oznako. S takšnim označevanjem omogočamo branje in vpisovanje kode avtomatsko preko čitalnika, kot tudi ročno. Trenutno so v uporabi črtne kode za označevanje kode izdelka, serijske številke izdelka in za označevanje identifikacijske številke materiala. Vse tri oznake uporabljajo tip zapisa Code 128 oziroma Code 128B [34, I6] (slika 10).



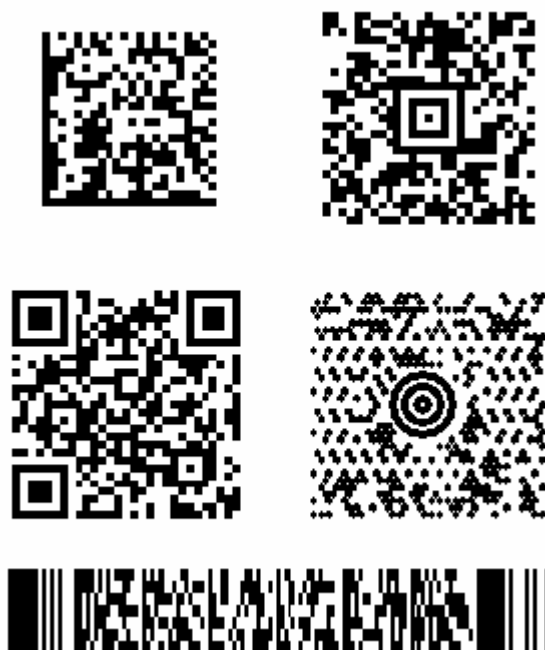
Sledljivost v Iskratel Electronics

Slika 10: Primer črtne kode tipa Code 128B (generirano s pomočjo [I6])

4.1.2 Dvodimenzionalna koda

Dvodimenzionalna koda (2D) je pravzaprav posebna verzija črtne kode, kjer podatki niso zapisani zgolj v eni vrstici, ampak so predstavljeni s temnimi kvadrati na svetli podlagi, razporejenimi v kvadrat [38]. Obstaja več tipov zapisov 2D kode. Najbolj razširjeni so predstavljeni na sliki 11, in sicer Data Matrix in Aztec v zgornji vrstici, QR Code in

MaxiCode v srednji ter PDF417 v spodnji vrstici (v vseh kodah je vpisana enaka vsebina) [I8].



Slika 11: Primeri 2D kod (generirano s pomočjo [I8])

Pri označevanju majhnih izdelkov je najbolj razširjena koda Data Matrix, pri kateri je zopet možnih več različnih zapisov. V industriji se kot standard uveljavlja zapis ECC 200 (ang.: error correcting code), saj podpira Reed-Solomonov način odprave napak. Slednji je že vrsto let v uporabi na zgoščenkah (ang.: Compact Disc, CD), pri mobilni tehnologiji, digitalni televiziji, xDSL (ang.: digital subscriber line) tehnologiji in drugje [I9]. Označevanje s kodo Data Matrix nam zagotavlja pravilno prebiranje tudi poškodovane kode, kot je predstavljeno na sliki 12. Površina kode je lahko opraskana, prečrtana, slabo vidna (odboj svetlobe pri avtomatskem prebiranju kode) a še vedno berljiva. Pri določenih pogojih (nizek kontrast, specifični materiali) lahko del kode prekrije oziroma poškoduje celo prstni odtis. Kolikšen del kode (površinsko) je lahko poškodovan, nam določa število redundantnih oznak v kodi in je odvisno od izbrane velikosti. Teoretično lahko določene velikosti kod prebiramo tudi, če so poškodovane do 60 % [I10]. V praksi je dovoljena poškodba kode do 20 % [37].



Slika 12: Poškodovane oznake (generirano s pomočjo [18])

Zapis Data Matrix ima nekaj značilnih delov. Največji je podatkovni del, kjer so zapisani kodirani podatki s temnimi in svetlimi kvadrati. Spodnji rob in levo stran kode, označuje neprekinjena črta. Nasproti (zgornji in desni rob) sta prekinjena robova (izmenjujoči temni in svetli kvadrati). Tako označeni robovi nam omogočajo pravilno prebiranje oznake, ne glede na njen zasuk glede na čitalnik. Okoli kode je obvezen prazen prostor enake širine, kot so široki kvadrati [15].

Za zapis podatkov je v uporabi več različnih načinov zapisa oziroma naborov znakov: numerične vrednosti (števke), velike črke (ang.: uppercase), alfanumerični znaki z velikimi črkami (števke in velike črke), alfanumerični z velikimi črkami in dodatnimi znaki, 7 bitni ASCII nabor in 8 bitni ISO nabor [38].

Pri numeričnem zapisu števke posamezna števka ne zaseda nujno štiri bite, ampak v en segment lahko združimo več števk. Posamični segment je omejen na 21 bitov, v katere lahko zapišemo do šest števk. Tako prihranimo nekaj kapacitet (tri bite za vsakih šest števk). Kompresijo dosežemo tako, da posamezni števki najprej prištejemo 1. Tako dobljene števke označimo z oznakami od C_1 do C_6 . Združevanje v segment poteka po enačbah, predstavljenih v tabeli 1. Zapise, daljše od šest števk, razbijemo na posamezne dele in zapišemo vsakega posebej (šest števk ali manj).

število števk	enačba	dolžina segmenta v bitih
1	C_1	4
2	$(11 \times C_2) + C_1$	7
3	$(121 \times C_3) + (11 \times C_2) + C_1$	11
4	$(1.331 \times C_4) + (121 \times C_3) + (11 \times C_2) + C_1$	14
5	$(14.641 \times C_5) + (1.331 \times C_4) + (121 \times C_3) + (11 \times C_2) + C_1$	18
6	$(161.051 \times C_6) + (14.641 \times C_5) + (1.331 \times C_4) + (121 \times C_3) + (11 \times C_2) + C_1$	21

Tabela 1: Dolžina segmenta numeričnega zapisa [38]

Zapis z uporabo alfanumeričnih znakov z velikimi črkami uporablja 37 različnih znakov: 26 črk angleške abecede, 10 števk in presledek. V posamezni segment, ki je prav tako omejen na 21 bitov, lahko zapišemo enega do štiri znake, katere združimo po enačbah, predstavljenih v tabeli 2.

število števk	enačba	dolžina segmenta v bitih
1	C_1	6
2	$(37 \times C_2) + C_1$	11
3	$(1.369 \times C_3) + (37 \times C_2) + C_1$	16
4	$(50.653 \times C_4) + (1.369 \times C_3) + (37 \times C_2) + C_1$	21

Tabela 2: Dolžina segmenta alfanumeričnega zapisa z velikimi črkami [38]

Na podoben način delujejo tudi ostali zapisi razen 7 bitnega ASCII in 8 bitnega ISO nabora, ki zavzameta primerno število bitov in ne združujeta posamičnih znakov. V najslabšem primeru lahko izberemo napačen oziroma celo nepriporočljiv način zapisa glede na podatke, kar privede do izgube kapacitete oziroma neizkoriščenosti kode. To je najbolj opazno pri zapisu binarnih podatkov (v zlogih), saj koda ni namenjena temu in pri zapisu nastane veliko nepotrebnih podatkov (ang.: overhead).

Velikost kode se označuje s številom osnovnih kvadratkov in je lahko kvadratna ali pravokotna. Velikost nam določa teoretično maksimalno količino vpisanih podatkov, ki je odvisna od tipa podatkov, katere želimo vpisovati (alfanumerični znaki, številke), kar je prikazano v tabeli 3. Glede na velikost in število vpisanih znakov je določen tudi redundantni del kode (za primer poškodovane kode). V praksi se pri večjih kodah število vpisanih podatkov glede na teoretični maksimum prepolovi, predvsem zaradi uporabe različnih znakov (preklop med zapisom številke in zapisom črk) in zaradi mej zmogljivosti čitalnikov.

velikost (kvadrati)	kapaciteta (števke)	kapaciteta (znaki)	kapaciteta (zlogi)	število odpravljenih napak (segmenti)
10×10	6	3	1	2
12×12	10	6	3	3
8×18	10	6	3	7
14×14	16	10	6	5
8×32	20	13	8	11
16×16	24	16	10	6
12×24	32	22	14	32
18×18	36	25	16	7
20×20	44	31	20	9
12×36	44	31	20	44
22×22	60	43	28	10
16×36	64	46	30	64
24×24	72	52	34	12
26×26	88	64	42	14
16×48	98	72	47	98
32×32	124	91	60	18
36×36	172	127	84	21
40×40	228	169	112	24
44×44	288	214	142	28
48×48	348	259	172	34
52×52	408	304	202	42
64×64	560	418	278	56
72×72	736	550	366	72
80×80	912	682	454	96
88×88	1152	862	574	112
96×96	1392	1042	694	136
104×104	1632	1222	814	168
120×120	2100	1573	1048	204
132×132	2608	1954	1302	248
144×144	3116	2335	1556	310

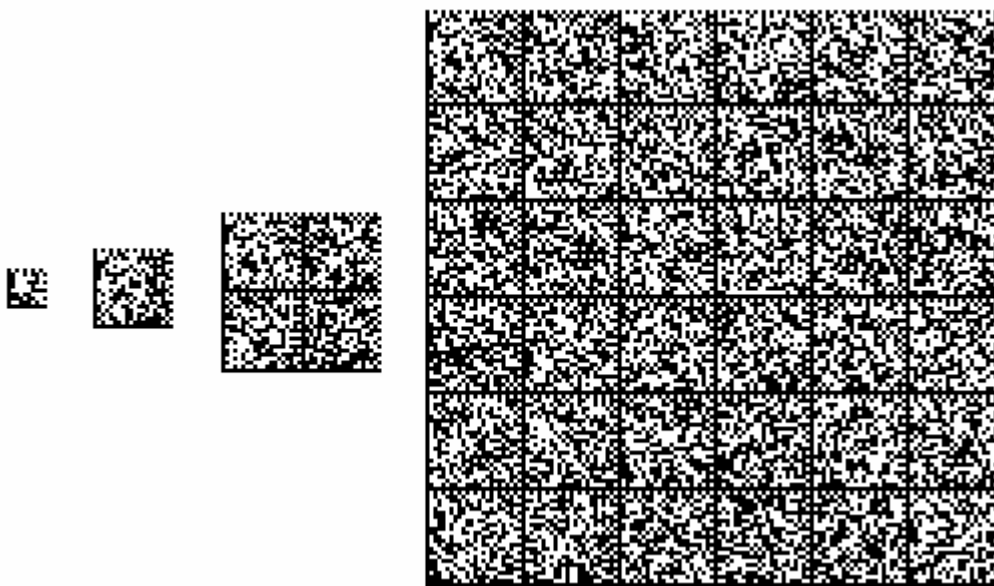
Tabela 3: Velikosti in pripadajoče kapacitete kod Data Matrix [I5]

Vsaka koda vsebuje segment za zaznavanje napak (ang.: Cyclic Redundancy Check, CRC). Le-ta je lahko 16 ali 32 biten. Poleg tega mora biti v kodi naveden izbrani nabor znakov (16 bitov) in dolžina podatkovnega dela (9 oziroma 14 bitov). Preostali del je namenjen za odpravljanje napak in je odvisen od izbranega načina (naprimer Reed-Solomonov način [I9]).

Zaradi združevanja več števk oziroma znakov v posamezen segment, je le-ta enota števila odpravljenih napak. V praksi to pomeni, da ostane koda berljiva kljub večji poškodbi (manjkajoč del kode), ki poškoduje več celotnih segmentov zapisa. Obratno, lahko s

posameznimi sicer majhnimi napakami (posamični kvadrati) poškodujemo (površinsko) majhen del kode, ki pa zajame dovolj segmentov, da kode ni več moč prebrati.

Največja posamezna koda je velikosti 26×26 . Večje kode so sestavljene iz manjših posameznih kod; koda 40×40 je tako sestavljena iz štirih kod 20×20 . Na sliki 13 so od leve proti desni predstavljene velikosti 10×10 , 20×20 , 40×40 in 144×144 .



Slika 13: Različne velikosti kode Data Matrix (generirano s pomočjo [18])

Primerjava z 1D črtno kodo (slika 14) nam hitro predstavi prednosti 2D zapisa v kodi Data Matrix [37]:

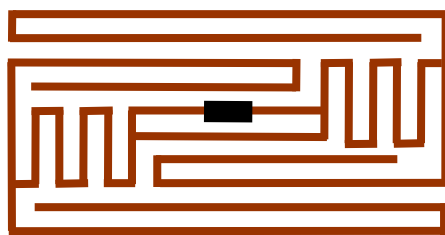
- velikost oznake; omejena je z ločljivostjo oziroma velikostjo osnovnega kvadrata, vendar s pravim načinom tiskanja ter ustreznim čitalnikom v praksi dosežemo zapis 50 znakov na 5×5 mm veliki oznaki,
- podatki so kodirani digitalno, v nasprotju z analognim zapisom črtne kode,
- visoka stopnja samodejnega odpravljanja napak v primeru poškodovane kode,
- koda je berljiva že pri 20 % kontrastu med temnimi in svetlimi deli kode,
- možnost prebiranja v vseh smereh (zavrtena koda) brez prilagajanja (obračanja) čitalnika,
- večje možnosti tiskanja kode direktno na izdelke.



Slika 14: Primerjava med 1D kodo (levo) in 2D kodo (desno) (generirano s pomočjo [I6, I8])

4.1.3 Radio frekvenčna identifikacija

Radio frekvenčna identifikacija (ang.: radio frequency identification, RFID) je identifikacijska tehnologija, kjer so digitalni podatki shranjeni v posebni RFID oznaki (ang.: tag) in zajeti z uporabo radijskih valov [I7]. Poenostavljeno rečeno je RFID podoben črtni kodi, le da namesto optičnega prebiranja oznako zajamemo preko radijskih valov. Glavna prednost je možnost prebiranja oznak, ki niso direktno vidne.



Slika 15: RFID oznaka (preslikano iz [I11])

RFID oznaka je sestavljena iz integriranega vezja in antene, kot je prikazano na sliki 15 [I12], ponavadi združeno v zaščitni embalaži (plastično oziroma plastificirano ohišje). Pogoste so tako imenovane "pametne nalepke" (ang.: smart tags), kjer je RFID oznaka vgrajena na spodnjo stran nalepke, zgornja pa je namenjena tiskanju poljubne oznake oziroma podatkov (najbolj pogosta je kombinacija RFID oznake in črtne kode).

Kljub majhnosti integriranega vezja ostaja problem velikosti antene, saj je ta vsaj 80–krat večja od integriranega vezja. V praksi se uporabljajo oznake velikosti kreditne kartice ali vsaj velikost nalepke, primerne za črtno kodo (približno 25 mm × 75 mm). Vsako integrirano vezje ima svojo unikatno številko. Če potrebujemo več podatkov, moramo le-te vpisati s posebnim postopkom. Nekatera vezja nam zagotavljajo tako možnost branja kot tudi pisanja, tako da lahko kadarkoli in poljubno spreminjamo podatke, zapisane v oznaki. Seveda je pri takšnih oznakah nujno potrebno zavarovati podatke pred nepooblaščenim prebiranjem in spreminjanjem z vpeljavo primerne kodiranja oziroma dodatnega preverjanja, saj se

morebitna sprememba zapisa fizično ne opazi in jo je zaradi možnosti branja in pisanja na daljavo težko preprečiti.

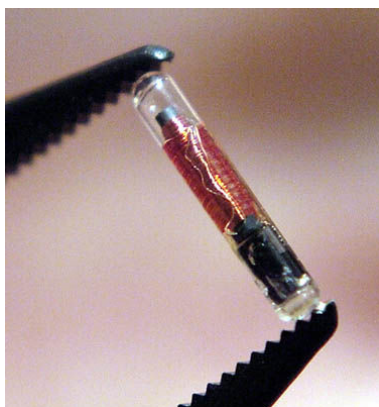
V osnovi ločimo oznake na pasivne, aktivne in delno-pasivne:

- pasivne oznake ne potrebujejo dodatnega napajanja, saj se zanašajo na inducirane napetosti v anteni ob zahtevku za branje. Antena mora biti temu primerno dimenzionirana. Praktične razdalje, na katerih je oznako možno prebrati, so od nekaj centimetrov do nekaj metrov (odvisno od frekvence in tipa oziroma velikosti antene),
- aktivne oznake vsebujejo poleg integriranega vezja in antene tudi lastno napajanje (baterijo). Napajanje zagotavlja potrebno energijo integriranemu vezju za pravilno delovanje, kot tudi za oddajanje oziroma za odgovor. Domet oznak se tako poveča na nekaj sto metrov ob življenjski dobi baterije do deset let. Hkrati napajanje integriranega vezja omogoča spremljanje in beleženje različnih parametrov (temperatura, vlažnost, tresljaji, radiacija),
- delno-pasivne oznake vsebujejo lastno napajanje, vendar ga uporabljajo samo za potrebe integriranega vezja, medtem ko za oddajanje izkoriščajo inducirano napetost v anteni. Glavni prednosti takega pristopa sta možnost spremljanja različnih parametrov (enako kot pri aktivnih oznakah) ter daljša življenjska doba baterije v primerjavi z aktivnimi oznakami.

RFID oznako preberemo s čitalnikom, kateri hkrati zagotavlja napajanje pasivnim oznakam. V tem primeru čitalnik najprej odda signal, ki oznako aktivira (zagotovi potrebno inducirano napetost), temu pa sledi komunikacija oziroma prebiranje oznake.

Tudi pri RFID oznakah obstaja več standardov in frekvenc delovanja [I13]. Velik problem predstavlja neenotnost med Evropo, ZDA in Japonsko, saj so trenutno v uporabi različne frekvence in standardi, tako da so oznake (razen najnovejše generacije) med seboj nezdružljive.

Od frekvence je prav tako odvisna velikost antene. Obstajajo kompaktne RFID oznake v posebnih steklenih kapsulah, namenjene za identifikacijo živali (in v nekaterih primerih tudi ljudi), v katerih so majhne tuljavnice s feritnim jedrom (prikaz na sliki 16) [I14]. Z ovoji se velikost antene lahko zmanjša, vendar se s tem poveča zahtevnost izdelave oznake, kar privede do njihove občutne podražitve.



Slika 16: Kompaktna RFID oznaka [I14]

Več podjetij razvija RFID oznake brez silicija, katere bi bilo možno v celoti natisniti. Končni cilj predstavlja možnost neposrednega tiskanja oznake na izdelek brez dodatnih stroškov, s čimer bi lahko popolnoma nadomestili črtno kodo [I15].

Velik problem pri prebiranju RFID oznak predstavlja tudi okolica oznake. Zaradi radijskih valov kovine in tekočine močno vplivajo na zmožnost pravilnega prebiranja oznake. Za montažo na kovinsko podlago se tako priporoča nekoliko dvignjena oznaka. Odvisno od antene (usmerjenost) obstajajo tudi tako imenovane mrtve točke, kjer je oznaka sicer na primerni oddaljenosti, vendar je vseeno ni možno prebrati. Vpliv ima tudi oblika in postavitev (orientacija) oznake.

4.2 Označevanje izdelkov in prebiranje oznak

Zaradi nižjih stroškov želimo imeti možnost skupnega označevanja izdelkov za vse tri linije. Ker označevanje v praksi ni časovno kritično (glede na hitrosti linij), lahko pričakujemo oziroma izberemo napravo, katere zmogljivost je dovolj visoka za zagotavljanje pravilno označenih tiskanih vezij na vseh treh linijah. Zahteve za izbrani način označevanja so:

- označiti tiskano vezje z unikatno oznako in preveriti zapis oznake,
- označevanje do dvesto tiskanih vezij na uro,
- označevanje na tiskana vezja velikosti do 460 mm × 460 mm,
- možnost večjega števila oznak na posameznem tiskanem vezju v primeru integracije večih manjših izdelkov,
- označevanje na tiskana vezja različnih proizvajalcev (različni končni premazi),

- ustrezna podpora s strani dobavitelja.

Unikatno oznako lahko generira programska oprema naprave, ali jo priskrbi namenski računalnik (povezava s podatkovno bazo). V obeh primerih je zahtevano preverjanje oznake in zapis le-te v podatkovno bazo (obvezna možnost povezave naprave z računalnikom). Zaradi združljivosti z obstoječo opremo je želja tudi podpora za Siemensovo podatkovno vodilo (povezava z zalogovnikom) kar pa ni nujno, saj je naprava predvidena za delovanje izven obstoječih SMT linij in se problem nalaganja posamičnih tiskanih vezij lahko rešuje drugače.

Zaradi pričakovane zanesljivosti oziroma odzivnosti pri odpravi morebitnih napak na napravi za označevanje imajo prednost proizvajalci, s katerimi že sodelujemo ter domači proizvajalci oziroma zastopniki, ki lahko zagotovijo primeren odzivni čas. Ob morebitni napaki na napravi mora proizvajalec v najkrajšem možnem času zagotoviti primerno pomoč in odpravo napake oziroma menjavo naprave. Zato v izbor za primerno napravo niso vključeni še nepoznani proizvajalci brez lokalnega zastopništva.

Obstoječa oznaka vsebuje devet znakov (serijska številka [34]), kar se je pred kratkim že pokazalo za kritično. Zato naj nova oznaka omogoča zapis vsaj 12 znakov na enaki ali manjši površini. Točen format zapisa nove oznake bo določen naknadno, saj je potrebno uskladiti želje po hitro prepoznavnih informacijah (datum) in številu razpoložljivih mest za primerno unikatno razločevanje.

4.2.1 Tiskalniki

Tiskalniki nam omogočajo uporabo poljubne črtne kode (enodimenzionalne, dvodimenzionalne, kombinacija z alfanumerično oznako). Na voljo je kar nekaj različnih modelov, zato so predstavljeni samo najbolj ustrezni. Nekateri omogočajo tiskanje direktno na tiskano vezje, ostali na namenske nalepke. Pri slednjih je nujno potrebno upoštevati temperaturno občutljivost nalepk. V preteklosti so že bili poizkusi označevanja tiskanih vezij z nalepkami pred obdelavo na SMT liniji. Vendar so je pojavil problem predvsem zaradi visokih temperatur v peči, kjer se nalepka širi in krči, kar je privedlo do gubanja nalepk in posledično problemov z avtomatskim razpoznavanjem črtne kode.

V splošnem so za tiskanje dovolj natančnih črtnih kod industrijski brizgalni tiskalniki neprimerni [39]. Problemi se pojavljajo že pri pravilnem branju enodimenzionalnih kod, predvsem zaradi omejene natančnosti položaja posamezne pike (kapljice) in razpršenosti oziroma razlivanja le-te. Veliko bolj primerni so laserski tiskalniki, saj imajo praviloma višjo ločljivost. Potrebno pa je nekaj več pazljivosti pri izbiri pravih nalepk (črnilo se zapeče na nalepko) kot tudi upoštevanje višjih stroškov potrošnega materiala v primerjavi s tiskanjem običajnega teksta. Slednji namreč v povprečju pokriva 5 % lista papirja, pri črtnih kodah pa je s črnilom pokritega lista tudi 30 % in več.

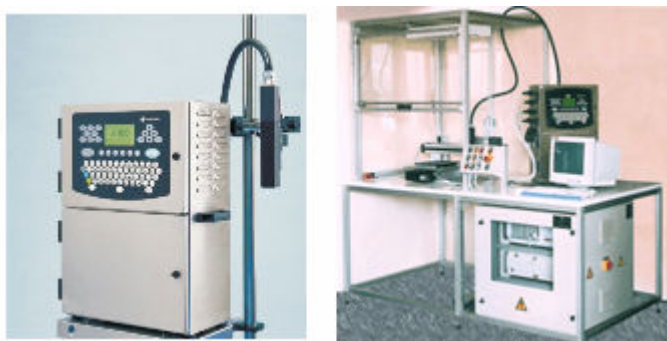
Za tiskanje obstoječih črtnih kod v podjetju so v uporabi termo transferni tiskalniki Zebra [17, 40, I16]. Gre za industrijske tiskalnike, primerne za tiskanje na nalepke. Na voljo je več različnih tipov (nekaj jih je predstavljenih na sliki 17), glede na predvideno obremenitev (hitrost tiska), ločljivost in dodatne možnosti (tiskanje na tako imenovane pametne nalepke s hkratnim vpisovanjem oziroma preverjanjem RFID podatkov).



Slika 17: Zebra tiskalniki [17]

Glavne prednosti Zebra tiskalnikov so vsekakor preverjeno delovanje in dobra tehnična podpora. Slabost je nezmožnost tiskanja oznak direktno na tiskano vezje. Poleg tega je cena posamične oznake precej visoka, saj je potrebno tiskati na temperaturno obstojne nalepke, kar močno poveča obratovalne stroške. Poleg tega je potrebno za avtomatsko lepljenje nalepk direktno na tiskano vezjo dokupiti posebne aplikatorje, kateri so predvideni zgolj za pritrdjevanje nalepk na končno embalažo (omejene možnosti položaja nalepke, površina mora biti popolnoma ravna).

Prav tako podjetje že uporablja brizgalni tiskalnik Domino Codebox 2 Auto [I17], za tiskanje direktno na izdelek, skupaj z X–Y koordinatnim označevalnim sistemom podjetja Ema, d.o.o., Celje (predstavljena na sliki 18) [I18, 41]. Enako kot novejši tiskalniki Domino serije A, deluje na principu kontinuiranega brizganja (ang.: continuous ink-jet, CIJ), kjer je osnova neprekinjen curek črnila. Le-tega pisalna glava razbije na posamezne kapljice in električno nabije (da jih lahko odklanja). Značilnost tehnologije je velika hitrost tiskanja.



Slika 18: Tiskalnik Domino A100 (levo) [I17] in X–Y označevalni sistem Ema (desno) [I18]

Tiskalniki so primarno namenjeni za neprekinjeno uporabo na tekočem traku, tako se pri uporabi za označevanje tiskanih plošč pokaže par slabosti. Zasnova namreč ne omogoča daljših premorov, saj se v tem primeru črnilo zasuši v glavi. Poleg tega je ločljivost zaradi načina tiskanja omejena, programska oprema pa podpira zgolj vrstične zapise (2D kode niso podprte). Dobra stran je obstojen tisk ter prav tako kot pri Zebra tiskalnikih, že uveljavljena tehnologija v podjetju.

Industrijske tiskalnice na CIJ osnovi ponuja tudi podjetje Koding, d.o.o., Celje [I19]. Ponujajo več tiskalnikov proizvajalca Linx [I20] (predstavljeni na sliki 19), pri katerih poudarjajo uveljavljeno možnost avtomatskega pranja pisalnih glav pri vseh modelih, kar je pomembna izboljšava v primerjavi s tiskalnikom Domino. Žal so tiskalniki omejeni na zapis vrstičnih podatkov in kot taki ne podpirajo zapisa 2D kod.



Slika 19: Tiskalniki Linx [I20]

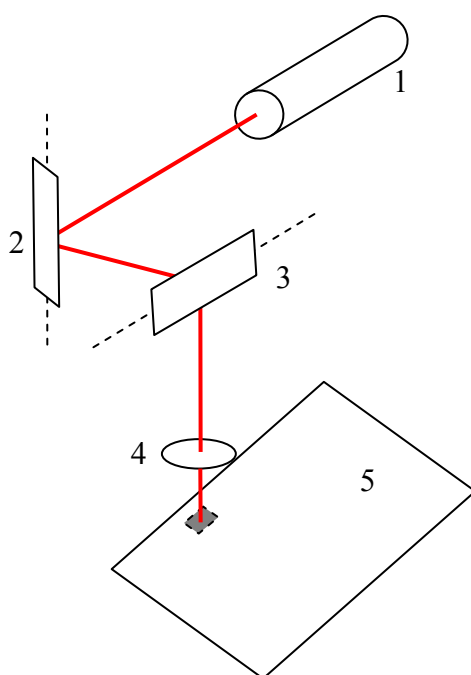
V podjetju je že uveljavljena tudi oprema proizvajalca Asys [I4]. Na voljo sta dva različna tiskalna sistema, BA 01 (na sliki 20, levo) in ABA 04 (na sliki 20, desno). Pri obeh gre za napravo, primerno za vključitev v linijo (ang.: in-line), katera vsebuje termo transferni tiskalnik, primeren za tiskanje eno in dvodimenzionalnih kod, ter kartezični X–Y pozicionirni sistem za montažo stiskane nalepke na tiskano vezje. Obe napravi podpirata Siemensovo podatkovno vodilo za povezavo z ostalimi napravami v liniji. Prednost zmogljivejše ABA 04 naprave sta dva vgrajena tiskalnika, možnost kontroliranja Z osi in vgrajena kontrolna kamera.



Slika 20: Asys BA 01 in ABA 04 napravi za tiskanje in montažo nalepk [I4]

4.2.2 Lasersko označevanje

Označevanje z uporabo laserskega žarka (ang.: laser marking) mnogi proizvajalci imenujejo kar lasersko tiskanje (ang.: laser printing) [I18, I19]. Vendar ne gre za klasično nanašanje črnila na površino, zato ga lahko obravnavamo ločeno od ostalih tiskalnikov. Laserski žarek z ustvarjeno vročino trajno preoblikuje površino in s tem ustvari kontrastno oznako [37, I21]. Kljub kompleksnosti naprave je končni rezultat trajna, izredno natančna in čista oznaka. V nasprotju z graviranjem se noben del označevalne glave neposredno ne dotika površine, zato ni problemov z obrabo in ustvarjanjem drobnih opilkov.



Slika 21: Shematični prikaz naprave za lasersko označevanje

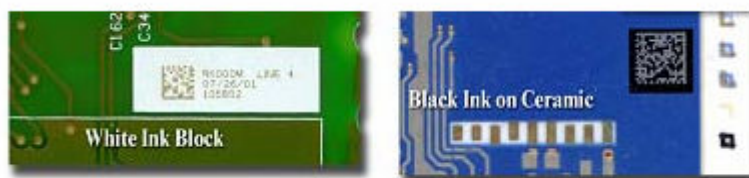
Za označevanje tiskanih vezij se večinoma uporablja zračno hlajeni CO₂ laser [37]. Praviloma je izvor laserskega žarka fiksni (1, na sliki 21), žarek pa se odklanja s pomočjo odklonskih zrcal (2 in 3, na sliki 21). S točnim fokusiranjem žarka (4, na sliki 21) na površino tiskanega vezja (5, na sliki 21) dosežemo višjo gostoto moči laserskega žarka in boljšo natančnost tiska. Tako lahko ustvarimo kodo Data Matrix s stranico osnovnega kvadratika velikosti desetinke milimetra. V praksi se pogosto uporablja velikost osnovnega kvadratika 0,19 mm × 0,19 mm, kar pomeni da je celotna dvodimenzionalna koda velikosti 18×18, v katero lahko zapišemo 36 števk, velika zgolj 3,8 mm × 3,8 mm (skupaj z obveznim robom).

Označevanje tiskanih vezij z laserjem je možno na več načinov. Najbolj pogosto se uporablja preoblikovanje zaščitnega premaza (ang.: coating, soldermask) na tiskanem vezju. Praviloma z laserjem obdelani deli postanejo svetlejši (desni primer na sliki 22). Z močnejšim laserjem je možno tudi povsem odstraniti zaščitni premaz, tako da je viden osnovni material vezja (FR-4) oziroma bakrene vezi. Podobno je pri tiskanih vezjih brez zaščitnega premaza, kjer osnovni material vezja postane skoraj popolnoma bel ob obdelavi z laserjem (slika 22, levo).



Slika 22: Primera oznak na tiskanih vezjih [37]

Pri materialih, kjer oznaka ni dovolj kontrastna (keramična osnova), ni možna, ali zanjo ni dovolj prostora, na izdelek nanesemo tanko plast posebne bele ali črne barve, na katero zapišemo oznako (na sliki 23, levo z belo barvo in desno s črno barvo); tako pridobimo močno kontrastno ozadje. Lahko pa postavimo oznako čez obstoječe povezave v vezju brez kakršnegakoli vpliva na zasnovo vezja.



Slika 23: Primera oznak na tiskanih vezjih z uporabo črnega črnila [37]

Podjetje Ema d.o.o. ima v svoji ponudbi [I18] naprave za lasersko označevanje proizvajalca Domino [I17]. Našim potrebam ustrezajo naprave iz serij S in DSL1, katere uporabljajo CO₂ generiran laserski žarek moči od 10 W do 55 W, odvisno od modela) in sistem dveh zrcal (X in Y). Laserski žarek se z veliko hitrostjo (od 2 m/s do 6,5 m/s, odvisno od modela) pomika po izdelku in ga tako označuje. Podprto je označevanje alfanumeričnih znakov, eno in dvodimenzionalne kode, različne grafike, vse v poljubnih smereh oziroma orientacijah. Ker gre za posamične laserske cevi z odklonskimi zrcali in lečo za fokusiranje, brez dodatnega pozicionirnega mehanizma, je področje označevanja relativno majhno zaradi omejitev zrcal in

leče (do 180 mm × 180 mm, odvisno od modela in razdalje do izdelka). Zato je za izpolnitev naših zahtev, obvezna pritrditev na X–Y pozicionirni sistem. Z upoštevanjem te nadgradnje je z manjšo težo (10,9 kg) primernejša serija S laserjev Domino (model S300+, predstavljen na sliki 24).



Slika 24: Naprava za lasersko označevanje Domino S300+ [I17]

Podjetje Koding, d.o.o. [I19] zastopa naprave proizvajalcev Linx, Markem in Trumpf. Linx in Markem imata, podobno kot Domino, v svoji ponudbi [I20, I22] zgolj posamične laserske cevi (seveda z obveznim dodatkom odklonskih zrcal in leče). Oba proizvajalca nudita CO₂ laserje moči od 10 W do 30 W. Podprt je zapis alfanumeričnih znakov kot tudi eno in dvodimenzionalne kode. Področje označevanja je omejeno na 295 mm × 407 mm pri napravi Linx SL301 (na sliki 25, levo) in 50 mm × 80 mm pri Smartlase napravah proizvajalca Markem (na sliki 25, desno). Teža cevi se giblje od 10 kg do 17,9 kg, odvisno od modela. Naprave Smartlase imajo vgrajeno tudi možnost nastavljanja kota naprave glede na ravnino označevanja (premična leča in dodatno zrcalo na koncu laserske cevi).



Slika 25: Napravi za lasersko označevanje, Linx SL301 levo [I20] in Smartlase 130i desno [I22]

Trumpf [I23] poleg laserskih cevi ponuja tudi celotne delovne postaje (kartezični X–Y–Z pozicionirni sistem). Omejeno področje označevanja (od 80 mm × 80 mm do 110 mm × 110 mm, odvisno od modela) se tako močno poveča. Gibanje laserske cevi s pozicionirnim sistemom je pri največji postaji (TruMark Station 7000, na sliki 26) omejeno na 650 mm × 375 mm, s čimer še ne izpolnimo predpisanih zahtev v obeh dimenzijah, se pa jim skupaj z delovnim območjem laserske cevi, močno približamo.



Slika 26: Delovna postaja TruMark Station 7000 proizvajalca Trumpf [I23]

Naprave sicer podpirajo tako alfanumerične oznake kot tudi eno in dvodimenzionalne kode. Zanimivo je, da edini izmed opisanih proizvajalcev, Trumpf ne ponuja CO₂ laserske cevi, ampak Nd:YAG (ang.: neodymium-doped yttrium aluminium garnet) oziroma Nd:YVO₄ (ang.: neodymium-doped yttrium orthovanadate) izvor laserskega žarka.

Celotno delovno postajo nudi tudi Asys [I4]. Avtomatski sistem ALS 03 (na sliki 27) za lasersko označevanje vsebuje CO₂ lasersko cev moči 10 W, nameščeno na kartezični X–Y pozicionirni sistem. Naprava je primerna za vključitev v linijo in podpira Siemensovo podatkovno vodilo za povezavo z ostalimi napravami v liniji. Vgrajeno ima tudi kontrolno kamero in podpira označevanje tiskanih vezij dimenzij do 508 mm × 460 mm. Programska oprema podpira integracijo s podatkovno bazo, uvoz CAD podatkov in programiranje brez motenj procesa (ang.: off-line).



Slika 27: Avtomatska naprava za lasersko označevanje Asys ALS 03 [I4]

Pri posamičnih laserskih ceveh, je potrebno upoštevati še nakup in postavitev dodatnega X–Y pozicionirnega sistema. Najcenejša rešitev je uporaba transportnega traku v kombinaciji s prečno letvijo za nastavljanje položaja v drugi smeri. Zaradi zahtevane možnosti večjega števila oznak na posameznem tiskanem vezju je potreben avtomatski nadzor nad premikanjem v obeh dimenzijah. Povezovanje treh popolnoma samostojnih rešitev: laserske cevi, transportnega traku in prečne letve, v celovito napravo se tako lahko izkaže za nezanesljivo. Z uporabo namenskega X–Y pozicionirnega sistema poenostavimo povezavo med x in y osjo položaja. Tako lahko uporabimo poljuben kartezični koordinatni sistem za pozicioniranje laserske cevi na primerno mesto oziroma cev pritrdimo na vrh namenskega robota. Še vedno ostane problem sinhronizacije dveh naprav, s čimer se poveča možnost napak. Hkrati je potrebno obvladovati različna programska okolja, razen v posebnih primerih, ko sta obe napravi od istega proizvajalca in le-ta vgrajuje enaka programska okolja v vse naprave. Zaradi tega se podaljša potrebno izobraževanje tako upravljalca kot tudi tehnologa oziroma vzdrževalca naprave. Takšna rešitev je zato primerna zgolj za podjetja, kjer bi osnovni pozicionirni sistem že bil vpeljan in dobro poznan iz drugih aplikacij, oziroma obstaja velika želja po prehodu na več podobnih aplikacij (primer: uporaba robota za vstavljanje konektorjev).

4.2.3 Radio frekvenčna identifikacija

Za označevanje z RFID oznakami praktično ne potrebujemo dodatne opreme, saj nam zadostuje unikatna številka RFID integriranega vezja, katera je že prisotna (ni potrebe po vpisovanju dodatnih podatkov). Tako nam preostane zgolj montaža oznake na tiskano vezje in prebiranje le-te.

Oznako na tiskano vezje lahko postavimo na več načinov in sicer:

- kot nalepko, kjer uporabimo od proizvajalca pripravljene "pametne nalepke", na katere lahko dodatno natisnemo črtno kodo in tako ohranimo združljivost in podporo s starejšimi oznakami [I7, I16],
- v kombinaciji s predpripravljenno anteno znotraj tiskanega vezja, kjer bi z zasnovo vseh tiskanih vezij poskrbeli za vgrajeno anteno, kateri bi na kontakte dodali integrirano vezje v obliki SMT komponente [I24],
- kot kompaktno oznako, v celoti postavljeno na tiskano vezje v obliki SMT komponente.

4.2.4 Oznake v tiskanem vezju

Obstaja tudi možnost označevanja tiskanih vezij direktno pri proizvajalcu. Po dogovoru bi lahko proizvajalec tiskanega vezja vtisnil unikatno številko na ustrezno mesto. Zaradi zaščite je tisk lahko pod zaščitnim lakom oziroma celo na eni izmed notranjih plasti tiskanega vezja.

Slabost takšne rešitve je majhen vpliv na oznako in težko odpravljanje morebitnih napak. V praksi je težko in ponavadi časovno nesprejemljivo zavrnilo napačno označena že dobavljena tiskana vezja in počakati na popravljene oznake s strani proizvajalca. Prav tako je zaradi različnih proizvajalcev težko zagotoviti enoten način označevanja.

4.2.5 Prebiranje oznak

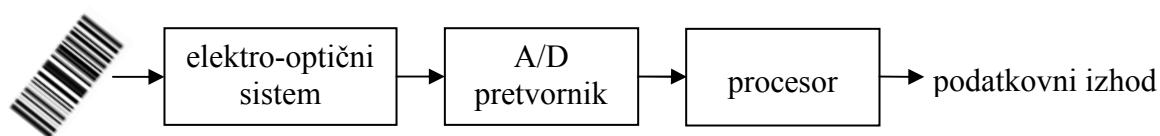
Poleg tiskanja oznak je potrebno zagotoviti tudi primerno prebiranje le-teh. V prvi fazi je potrebno zagotoviti avtomatsko prebiranje na linijah za površinsko montažo komponent (SMT). Delo avtomatske optične kontrole (AOI) temelji na zmogljivi kameri, ki lahko optične oznake (črtne kode) s primerno programsko opremo prebere in zabeleži brez posebnih nadgradenj. Večji zalogaj predstavljajo polagalniki SMT komponent, saj jih je več in jih je potrebno nadgraditi, pri čemer smo omejeni na produkte, ki so na voljo za polagalnike Siplace. Ker polagalniki omogočajo tudi ročni vnos identifikacijske številke izdelka (katero potem zabeležijo v podatkovno bazo), bi alternativno lahko na manjši X-Y pozicionirni sistem namestili primerni čitalnik na vhodu tiskanih vezij v napravo. Pozicionirni sistem je

obvezen zaradi možnosti različnega položaja oznake oziroma celo večjega števila oznak na posameznem tiskanem vezju.

Drugo fazo predstavljajo preostala, večinoma ročna delovna mesta, kjer ni potrebe po popolnoma avtomatskem prebiranju oznak (položaj oznake oziroma čitalnika prilagodi delavec). Po drugi strani gre v tej fazi za veliko večje število potrebnih čitalnikov, ki pa se lahko uvajajo postopoma. Skladno z uvajanjem se izboljšuje tudi pregled nad posameznimi operacijami.

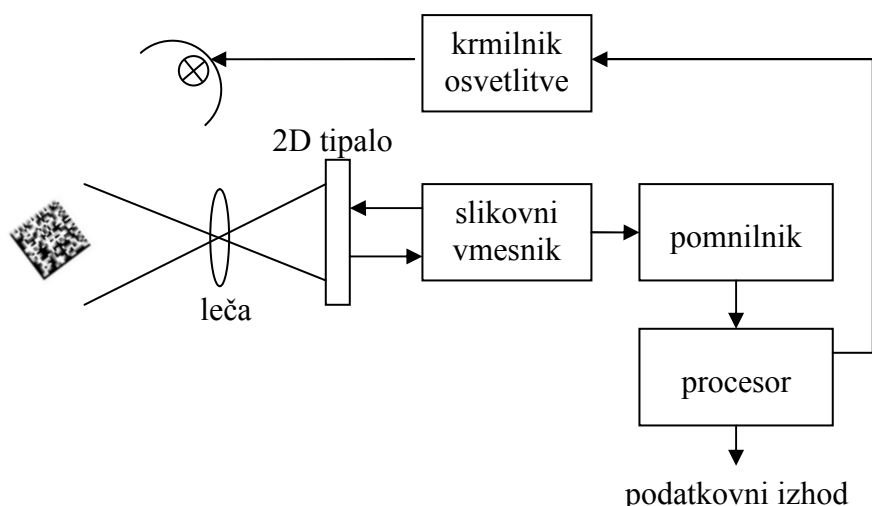
Enodimenzionalna črtna koda je v podjetju močno prisotna, zato je trenutno v uporabi veliko različnih čitalnikov in nakup slednjih ob odločitvi za uporabo enodimenzionalne kode pri sledljivosti (v drugi fazi) ni potreben. V primer prehoda na dvodimenzionalne kode ali radio frekvenčne identifikacije bi bilo potrebno obstoječe čitalnike nadgraditi oziroma zamenjati.

Pri odčitavanju enodimenzionalne kode se najbolj pogosto uporablja ročni čitalnik, ki s pomočjo laserskega žarka oziroma svetlečih diod osvetli ozko območje, katerega postavimo vzporedno s praviloma daljšo stranico kode (pravokotno na temne črte), da zajamemo vse temne črte in razmike med njimi. Fotodiode v čitalniku izmerijo odbito svetlobo in meritve preko A/D pretvornika posredujejo mikroprocesorju, ki preveri in obdela (pretvori) kodo ter izda rezultat, kot je prikazano na sliki 28 [38].



Slika 28: Shema čitalnika enodimenzionalne kode (povzeto po [38])

Zaradi branja zgolj posamezne vrstice takšni čitalniki niso primerni za odčitavanje dvodimenzionalnih kod. Čitalniki slednjih vsebujejo preprosto kamero in namenski procesor s programsko opremo za obdelavo tako zajete slike (prikazano na sliki 29). Procesor lahko tudi nadzoruje dodatni vir svetlobe, ali pa se zanesemo na primerno osvetlitev iz okolice [38].



Slika 29: Shema čitalnika dvodimenzionalne kode (povzeto po [38])

Kot je omenjeno v poglavju 4.1.3, RFID oznako preberemo s čitalnikom, kateri hkrati zagotavlja napajanje pasivnim oznakam. Oznako prebiramo na daljavo in pri avtomatskem prebiranju ne potrebujemo X–Y pozicionirnega sistema. Slaba stran je vsekakor občutljivost na okolico (kovine). Potrebno je tudi zagotoviti primerno razdaljo prebiranja, saj lahko pride do napak zaradi začasno odloženih izdelkov na delovnih mestih oziroma transporta izdelkov blizu delovnih mest.

Izbor primerne čitalnika je povezan z izbranim načinom označevanja. Poleg tega jih potrebujemo večje število, njihova cena pa je praviloma majhna v primerjavi s ceno naprave za označevanje, zato je lažje od proizvajalca pridobiti oziroma kupiti posamezen izdelek, katerega nato v podjetju preizkusimo v realnem okolju. Razlike med čitalniki so majhne in zaradi kasnejših nadgradenj oziroma razširjanja proizvodnje ni nujna izbira samo enega modela.

4.3 Izbira oznake in označevanja

Izbrana oznaka in način označevanja morata biti primerna za uporabo na vseh izdelkih v proizvodnji. Le tako imamo zagotovljene podatke za spremljanje in optimiranje posamičnih operacij kot tudi celotne proizvodnje.

Enodimenzionalne črtne kode so se izkazale za dobro rešitev v smislu zanesljivosti. Njihova glavna slabost je velikost, saj zavzamejo veliko površine. Težavo trenutno rešujemo tako, da se nalepke s črtno kodo montira na različne konektorje ali podobne večje komponente, tako da

se ne izgublja dragoceni prostor na tiskanem vezju. Problematična ostajajo manjša vezja, praviloma brez večjih konektorjev ali komponent, kjer zahtevanega prostora za enodimenzionalno oznako ni.

Velikost, kot glavno slabost enodimenzionalne kode, najbolje odpravlja dvodimenzionalna koda, ki je bila s tem namenom tudi razvita [38]. Za naše potrebe (zapis 12 znakov) lahko uporabimo velikost kode 14×14 (slika 30), ob odločitvi, da zapisujemo zgolj številke, oziroma velikost kode 16×16 , ob zapisovanju celotnega nabora alfanumeričnih znakov. V obeh primerih nam velikost oznake omogoča zapis še štirih znakov pri morebitnih kasnejših razšitvah oznake. Ob uporabi $0,25 \text{ mm} \times 0,25 \text{ mm}$ velikega osnovnega kvadratka, dobimo velikost oznake (skupaj z obveznim robom) $4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ (prikaz na sliki 30, desno) oziroma $4,5 \text{ mm} \times 4,5 \text{ mm}$, kar je sprejemljivo za večino naših izdelkov.



Slika 30: Dvodimenzionalna koda velikosti 14×14 (generirano s pomočjo [18])

Prednost radio frekvenčne identifikacije je hkrati tudi njena slabost. Odčitavanje oznake na daljavo sicer poenostavi zahtevo po avtomatskem odčitavanju, hkrati pa ostajajo odprti problemi berljivosti oznake na tiskanem vezju (bližina kovin) in pravilno zaznavanje oznake (mnogo RF označenih izdelkov na transportnih poteh v bližini delovnih mest). Poleg tega je problematična zahtevana velikost antene in temperaturna obstojnost oznak. Izbira tako imenovanih pametnih nalepk velikost oznake v primerjavi s trenutnimi zgolj poveča in prav tako ne odpravi problema s temperaturno obstojnostjo. Izbira primerno majhnih in kompaktnih oznak ni možna zaradi njihove visoke cene. Enako velja v primeru, da bi RFID integrirano vezje kot SMT komponento položili na predpripravljeno anteno znotraj vezja, saj tehnologija še ni ustrezno razvita in razširjena.

Oznake, vgrajene oziroma odtisnjene na tiskanem vezju, so za naše podjetje idealne, saj bi tako celotno breme označevanja preložili na dobavitelje tiskanih vezij. Vendar se v praksi takšna rešitev lahko izkaže za težjo od vpeljave označevanja pri nas. V tem primeru

postanemo (kar se tiče sledljivosti) odvisni od različnih proizvajalcev, kar pri tako občutljivem projektu ni sprejemljivo.

Rezultati analize kažejo da je za nas najbolj primerno označevanje z dvodimenzionalno (matrično) kodo. Prihranek zahtevanega prostora na tiskanem vezju je velik v primerjavi z (obstoječo) enodimenzionalno kodo. Na izdelkih, kjer je prostor zagotovljen oziroma kjer so trenutno že enodimenzionalne kode, lahko le-to malenkost zmanjšamo in poleg njih dodamo dvodimenzionalno kodo. Tako zagotovimo prehodno obdobje, v katerem postopoma na vseh delovnih mestih čitalnike črtne kode zamenjamo z izboljšanimi kombiniranimi čitalniki oziroma zgolj čitalniki dvodimenzionalnih kod. Enako lahko zaradi potreb ročnega vnašanja, na izdelkih, kjer se to uporablja že sedaj, dvodimenzionalni kodi dodamo alfanumerični zapis.

Najpogostejše se v kombinaciji z dvodimenzionalno kodo pojavlja lasersko označevanje. Odločilna prednost takega pristopa pred uporabo nalepk je temperaturno obstojna in cenovno ugodna oznaka, medtem ko se ti dve lastnosti pri nalepkah izključujeta. V primerjavi s tiskom direktno na tiskano vezje je lasersko označevanje natančnejše in cenejše. Z upoštevanjem porabljene električne energije in CO₂, je cena označevanja posameznega tiskanega vezja (na katerem je deset oznak), manjša od 0,0002 evra [37].

Kombinacija opisanih lastnosti laserskega označevanja in izbira dvodimenzionalne kode nam tako izpolnita vse zahteve za oznako, saj je le-ta temperaturno obstojna, mehansko odporna, ne vpliva na ostale komponente, je majhna ter cenovno ugodna in zanesljiva. Zaradi celovite rešitve in dobrih izkušenj je naša prva izbira naprava ALS 03 proizvajalca Asys, alternativna možnost pa je ena izmed Trumpfovih delovnih postaj skupaj s primerno lasersko cevjo. Pred dokončno odločitvijo in nakupom planiramo obema proizvajalcema oziroma zastopnikoma poslati nekaj testnih plošč, da praktično preverimo berljivost oznak na naših tiskanih vezjih.

Zaradi lažjega dela in zahteve po avtomatskem prebiranju oznak na linijah za površinsko montažo je smiselno sistem za označevanje nadgraditi z napravo za obračanje tiskanih vezij (ang.: flip station), saj mora biti za prebiranje oznake z optičnim sistemom (tako pri polagalnikih kot AOI) oznaka na obeh straneh tiskanega vezja. Ob odločitvi za nakup Asysove naprave, je priporočen nakup tudi njhovega avtomatskega obračalnika WS 01 [4] (na sliki 31), saj imamo tako zagotovljeno zanesljivo ujemanje in enotno nastavljanje naprav.



Slika 31: Asys WS 01, naprava za obračanje tiskanega vezja

Trenutno je delo na linijah za površinsko montažo ločeno na polaganje primarne (A) in sekundarne (B) strani tiskanega vezja, tako da lahko enak način dela uvedemo pri označevanju, pri čemer je potrebno paziti na ujemanje oznak na obeh straneh. V primeru uvedbe različnih oznak za posamezno stran brez avtomatskega obračanja tiskanega vezja je vseeno potrebno v podatkovni bazi zapisa med seboj povezati, saj gre fizično za en izdelek. Za takšno rešitev lahko pred ali po napravi za označevanje dodamo avtomatski čitalnik oznake na spodnji strani tiskanega vezja.

5 Programska oprema

Pilotska programska oprema je izdelana z namenom podrobnejše preučitve možnih problemov in lažje predstavitve uporabe z avtomatskim označevanjem pridobljenih podatkov. Zaradi cene in raziskovalnega namena smo izbrali kombinacijo operacijskega sistema Windows (XP Professional), spletnega strežnika Apache (verzija 2.2.8 [I25]) s podporo za podatkovno bazo MySQL (verzija Community server 5.0.51a [I26]) in skriptni jezik PHP (verzija 5.2.5 [I27]).

Izbira programske opreme ni fiksna, saj obstaja mnogo alternativ za izbrane programe. Operacijski sistem Windows je izbran zaradi razširjenosti v podjetju, poleg tega začasni strežnik ni namenski in je v uporabi tudi za druge aplikacije, ki večinoma delujejo zgolj v Windows okolju. Kombinacija spletnega strežnika Apache, podatkovne baze MySQL in skriptnega jezika PHP je izbrana zaradi razširjenosti, dobre medsebojne povezanosti in široke podpore spletne skupnosti pri odpravljanju morebitnih napak [42].

Izbrana kombinacija nam sicer omeji možnosti prikaza (spletni vmesnik s standardnimi elementi), vendar obenem pridobimo standardiziran in uveljavljen prikaz (krajše uvajanje uporabnikov) ter dostopnost s praktično kateregakoli računalnika (in drugih naprav, naprimer napredni GSM telefoni) brez potrebe po dodatnem nameščanju programske opreme. Slednje je v velikem podjetju in razpršenem dostopanju do rezultatov več kot dobrodošlo. Hkrati lahko s primerno zaščito in omejitvijo dovoljenih prikazov omogočimo uporabnikom delo od doma oziroma pregledovanje določenih izpisov našim partnerjem. Enotni prikaz nam zagotavlja izdelava spletnega vmesnika [43, 44] po standardih XHTML (verzija 1.0 Transitional [I28]) in CSS [I28].

5.1 Podatkovna baza

Podatkovna baza je, kot nam že ime pove, zbirka podatkov. V dobri podatkovni bazi so podatki med seboj povezani in urejeni [44, 45, 46]. Relacijska podatkovna baza sestoji iz medsebojno povezanih tabel, do katerih lahko prosto dostopamo. Vsaka tabela ima določena polja (stolpce), v katere vpisujemo podatke, urejene v vrstice oziroma zapise.

Posamezen zapis v tabeli mora biti enoumno določljiv. Kadar se vsebina zapisov ponavlja (primer: vpisane komponente), posamičnim zapisom dodamo unikatno identifikacijsko številko. V nasprotnem primeru za identifikacijo uporabimo eno izmed unikatnih lastnosti zapisov (primer: serijska številka izdelka). Takšni oznaki pravimo primarni ključ (ang.: primary key) [45]. Primarni ključ je pogoj, da ob iskanju kot rezultat dobimo točno določen zapis. Poleg primarnega, lahko v tabeli določimo unikatni ključ (ang.: unique key) [45]. Primarni ključ je vedno tudi unikatni, obratno pa ne velja. Medtem ko unikatni ključ praviloma uporabljamo za zagotavljanje unikatnih zapisov znotraj tabele, primarni ključ poleg tega uporabljamo za povezovanje med tabelami. Pri tem uporabimo še tuj ključ (ang.: foreign key) [45], ki je uporabljen kot povezava na primarni ključ.

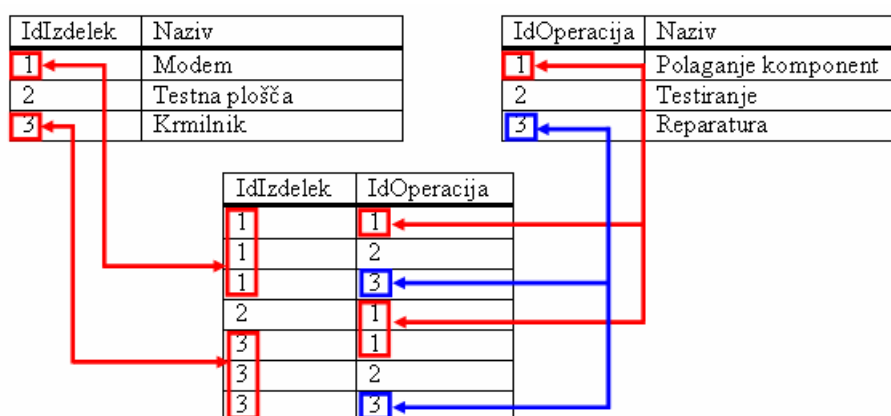
Pri določanju tabel podatkovne baze je potrebno poskrbeti za primerno stopnjo normalizacije [45]. Z odstranjevanjem ponavljajočih se podatkov in povezovanjem tabel, stopnjo povečujemo. Hkrati običajno višamo število tabel in tako izboljšujemo urejenost podatkov. Prednost delitve podatkov na več tabel je tudi hitrejšo vpisovanje, spreminjanje in brisanje podatkov, saj ob morebitni spremembi zapis iščemo znotraj posamične tabele. Hkrati je potrebno biti previden pri normalizaciji, saj z drobljenjem podatkov na manjše tabele, kljub dobri urejenosti, povečujemo kompleksnost povezav med podatki. Slednje se pozna tudi pri hitrosti izvajanja poizvedb, saj je potrebno podatke pridobiti in združiti iz več tabel.

Povezave med tabelami določamo poljubno in s tem prihranimo podvajanje podatkov in hitrejšo ter lažje spreminjanje le-teh, saj praviloma popravljamo zgolj en zapis, na katerega se sklicujemo v različnih prikazih. Povezovanje tabel je predstavljeno na sliki 32, kjer vidimo dve tabeli. V zgornji imamo podatke o izdelkih, na katere polagamo komponente. Le-te so shranjene v spodnji tabeli in preko polja "IdIzdelek" povezane s pripadajočimi izdelki.



Slika 32: Povezovanje tabel v bazi podatkov, "eden z več" (povzeto po [45])

Predstavljeno povezavo imenujemo "eden z več" (ang: One-to-Many) [45], saj izdelek lahko vsebuje več komponent. Takšna povezava je najbolj pogosta v relacijski podatkovni bazi. Najmanj uporabljana je povezava "eden z enim" (ang.: One-to-One) [45], ki poveže dva točno določena zapisa v različnih tabelah. Naprimer: v tabeli "Izdelki" imamo fizične podatke o izdelkih, v tabelo "Odprema" pa shranjujemo podatke o načinu odpreme posameznega izdelka. Tretja vrsta povezav je "več z več" (ang.: Many-to-Many) [45]. V našem primeru je takšna povezava med izdelki in operacijami. Vsak izdelek gre praviloma skozi več operacij in obratno, skozi vsako operacijo gre več izdelkov. Za vzpostavitev primerne povezave potrebujemo dodatno tabelo, kot je predstavljeno na sliki 33.



Slika 33: Povezovanje tabel v bazi podatkov, "več z več"

Dodajanje polj za zapis dodatnih parametrov je preprosto, kar nam omogoča prilagajanje, izboljševanje oziroma razvoj programske opreme tudi v nadaljnje. Tako lahko hitro dodamo polje za označevanje, ali so izdelek, komponenta oziroma operacija, skladni s predpisi tehnologije brez uporabe svinca.

Podatkovna baza pilotske programske opreme nam med drugim omogoča beleženje:

- delovnih nalogov s povezavo na posamične izdelke,
- vsakega izdelka posebej skupaj z določenimi parametri, kot je na primer MAC naslov izdelka,
- operacij, ki se na izdelku izvedejo oziroma izvajajo s podatki o delovnem mestu, uporabniku oziroma delavcu, ki je operacijo izvajal, trajanju in točnem času izvedbe,
- postavljenih komponent na izdelek.

Pregled uporabljenih tabel za zapisovanje podatkov je narejen po principu "od spodaj navzgor", saj so najprej opisane preprostejše tabele (tako imenovani šifranti) in kasneje bolj kompleksne, v katerih se sklicujemo na eno ali več ostalih tabel. Zahtevana struktura polja je zgolj opisna in se lahko ob uporabi druge podatkovne baze ustrezno prilagodi.

Zaradi olajšanega beleženja statusa izdelka (primer: sprejet v obdelavo, obdelan) potrebujemo tabelo za zapis le-teh oziroma povezavo med številčno (identifikacijsko) kodo statusa in njegovim nazivom. Enako velja za nazive posameznih operacij, kjer zaradi trenutno uveljavljenih standardov v podjetju [5] uporabimo dve številčni kodi, eno za posamezno operacijo in drugo za posamezno delovno mesto. Ker se določena operacija lahko izvaja na več delovnih mestih in ker velja tudi obratno (na delovnem mestu se lahko izvaja več operacij), dobimo unikatno oznako posamezne vrstice v tabeli s kombinacijo obeh številčnih kod. Zaradi lažjega razumevanja so polja predstavljena v tabelah 4 in 5.

naziv polja	tip	dolžina
IdStatus	števke	3
Naziv	znaki	50

Tabela 4: Podatkovna tabela "Statusi"

naziv polja	tip	dolžina
IdOperacija	števke	3
IdDelovnoMesto	števke	4
Naziv	znaki	100

Tabela 5: Podatkovna tabela "Operacije"

Identificiranje uporabnika oziroma delavca se izvrši s preverjanjem uporabniškega imena in gesla. Kot je razvidno v tabeli 6, vsakemu uporabniku dodelimo unikatno identifikacijsko številko, katera je uporabljena za povezave oziroma sklicevanje znotraj podatkovne baze. Poleg tega nam tabela 6 omogoča hiter pregled nad uporabniki, kateremu lahko dodamo polja za beleženje zadnjega datuma prijave, določen delovni čas, pripadnost izmeni in podobno.

naziv polja	tip	dolžina
IdUporabnik	števke	8
UporabniskoIme	znaki	30
Geslo	znaki	32
Naziv	znaki	50
Aktiven	števke	1

Tabela 6: Podatkovna tabela "Uporabniki"

V polje za zapis uporabniškega gesla vpisujemo ustrezno kodirana gesla zaradi preprečevanja možnosti zlorab. Dodano je tudi polje "Aktiven", s katerim lahko uporabniku začasno ali trajno onemogočimo prijavo v sistem brez brisanja podatkov. Zavedati se je potrebno, da brisanje posameznih zapisov lahko privede do napačnega sklicevanja med tabelami. Vsaka sprememba se namreč vidi tudi pri povezovanju iz drugih tabel in ob morebitnem brisanju uporabnika dobimo množico zapisov brez veljavne povezave s takratnim uporabnikom. Takšne probleme seveda preprečujemo z ustrezno programsko opremo, preko katere izvajamo pisanje in brisanje v podatkovno bazo.

Z vnosi oziroma povezavami med uporabnikom, operacijo in delovnim mestom v tabeli 7, uporabniku omejimo možnosti vnašanja podatkov samo za te operacije. Hkrati mu olajšamo delo, saj ob prijavi v sistem ne izbira med celotnim naborom operacij ampak zgolj med tistimi, za katere je zadolžen.

naziv polja	tip	dolžina
IdUporabnik	števke	8
IdOperacija	števke	3
IdDelovnoMesto	števke	4

Tabela 7: Podatkovna tabela "UporabnikiOperacije"

V tabelo 8 vnašamo posamezne delovne naloge, katerim prav tako dodelimo unikatno identifikacijsko oznako oziroma vnesemo že uporabljano. Poleg tega nas pri posameznem

delovnem nalogu zanimajo še koda izdelka (primer: UTA5069AB020), začetni datum in količina izdelkov. Za hitrejši in enostavnejši pregled v tabelo vpisujemo tudi količino končanih izdelkov in datum končanja obdelave vseh izdelkov znotraj naloga. V vseh zapisih (velja za vse tabele), kjer se pojavlja datum poleg le-tega zapišemo tudi čas, do sekunde natančno.

naziv polja	tip	dolžina
IdDelovniNalog	števke	10
Koda	znaki	12
DatumZacetek	števke	14
Kolicina	števke	5
DatumKonec	števke	14
KolicinaKonec	števke	5

Tabela 8: Podatkovna tabela "Delovni nalogi"

Posamezne izdelke vnašamo v tabelo 9. Vsak izdelek ima svojo identifikacijsko številko, ki je hkrati tudi oznaka na izdelku (zapis v dvodimenzionalni kodi). Izdelki imajo preko polja IdDelovniNalog določeno pripadnost delovnemu nalogu. Prav tako se iz delovnega naloga preslika koda izdelka. Podvojen zapis kode (pri delovnem nalogu in pri izdelku) je koristen zaradi hitre razpoznavne izdelka (identifikacijska številka ne nosi informacije o tipu izdelka). Ob zapisu oznake na tiskano vezje v tabelo vnesemo podatke, na katerem mestu se izdelek nahaja (v primeru, da je več posameznih izdelkov na skupnem tiskanem vezju), zabeležimo začetni datum proizvodnje izdelka in morebitne opombe.

naziv polja	tip	dolžina
IdIzdelek	števke	12
Koda	znaki	12
IdDelovniNalog	števke	10
Panel	števke	3
IdMac	števke	10
DatumZacetek	števke	14
DatumKonec	števke	14
Opombe	znaki	200

Tabela 9: Podatkovna tabela "Izdelki"

Pomemben parameter določenih izdelkov je tudi MAC naslov (ang.: Media Access Control address), vendar je vpis le-tega nekoliko otežen, saj imamo izdelke z več kot enim MAC naslovom. Zato uporabimo tabelo 10 kjer so navedeni vsi MAC naslovi. Le-ti so obvezno

med seboj različni, tako da ne potrebujemo dodatne unikatne oznake; preko identifikacijske številke (IdMac) jih zgolj združujemo v množice za uporabo oziroma sklicevanje na določenem izdelku. Na koncu proizvodnje pri posameznem izdelku zapišemo še končni datum, enako kot pri delovnem nalogu.

naziv polja	tip	dolžina
Mac	znaki	12
IdMac	števke	10

Tabela 10: Podatkovna tabela "Mac"

Z opisanimi tabelami zabeležimo podatke o določenem izdelku (MAC naslov), pripadnost izdelka delovnemu nalogu in čas izdelave posameznega izdelka oziroma delovnega naloga. Za sledenje izvajanim oziroma izvedenim operacijam potrebujemo tabelo 11. Ob začetku vsake operacije v tabelo vnesemo identifikacijske številke izdelka (preberemo s čitalnikom), operacije, delovno mesto (oboje določi uporabnik) in uporabnika (določeno s prijavo uporabnika v sistem). Hkrati zapisu dodelimo unikatno identifikacijsko številko IdIzdelekOperacija in zabeležimo začetni datum, status izdelka (sprejet v obdelavo), skupaj z morebitnimi nastavitvami operacije oziroma opombami.

naziv polja	tip	dolžina
IdIzdelekOperacija	števke	10
IdIzdelek	števke	12
IdOperacija	števke	3
IdDelovnoMesto	števke	4
IdUporabnik	števke	8
DatumZacetek	števke	14
IdStatus	števke	3
DatumKonec	števke	14
Trajanje	števke	8
Nastavitve	znaki	200
Rezultat	znaki	200
Opombe	znaki	200

Tabela 11: Podatkovna tabela "IzdelkiOperacije"

Po končani operaciji ponovno s čitalnikom preberemo oznako in zabeležimo končni datum, trajanje operacije (v sekundah), morebitne rezultate, opombe in primerno spremenimo status (obdelan, zaključen). Za pravilno povezavo med začetnim in končnim datumom skrbi programska oprema z beleženjem zadnjega vpisanega izdelka v obdelavo. Ker nekatere

operacije lahko trajajo dlje časa in uporabnik medtem začne delo na drugem izdelku (naprimer iskanje napake vključuje različne, daljše in avtomatizirane teste), lahko končano operacijo vpišemo s podatki o izdelku, operaciji, delovnem mestu in statusu. Zgolj oznaka izdelka in status (sprejeto v obdelavo) nista dovolj, saj se določene operacije lahko prekrivajo.

Zaradi zahteve po sledenju vstavljenih komponent potrebujemo še tabelo 12, v katero med obdelavo izdelka na določeni operaciji (sklic preko `IdIzdelekOperacija`) vpisujemo vse vstavljene komponente. Za identifikacijo le-teh uporabimo dve polji, v prvo vpisujemo obstoječo identifikacijsko številko komponente, vpis v drugo polje pa je predviden za dodatno identifikacijsko številko, katero je v podjetju nujno potrebno uvesti, zaradi razlikovanja komponent glede na dobavitelja in datum dobave. Poleg tega v tabelo vpišemo podatek o poziciji komponente na izdelku (oznaka iz kosovnice, primer: R15, IC2) in unikatno identifikacijsko številko položene komponente.

naziv polja	tip	dolžina
IdKomponenta	števke	10
IdIzdelekOperacija	števke	10
IdKomponente1	števke	12
IdKomponente2	števke	10
Pozicija	znaki	50

Tabela 12: Podatkovna tabela "Komponente"

Ker v tabeli 12 beležimo vsako vstavljeno komponento posebej, lahko ta tabela hitro naraste preko mej obvladljivosti. Zato je bolj smiselno vstavljene komponente beležiti v datoteko, ki je lastna posameznemu izdelku. S tem se oteži iskanje prisotnosti določene komponente na izdelkih, hkrati pa občutno zmanjšamo obremenitev podatkovne baze.

5.1.1 Obstoječe podatkovne baze na SMT linijah

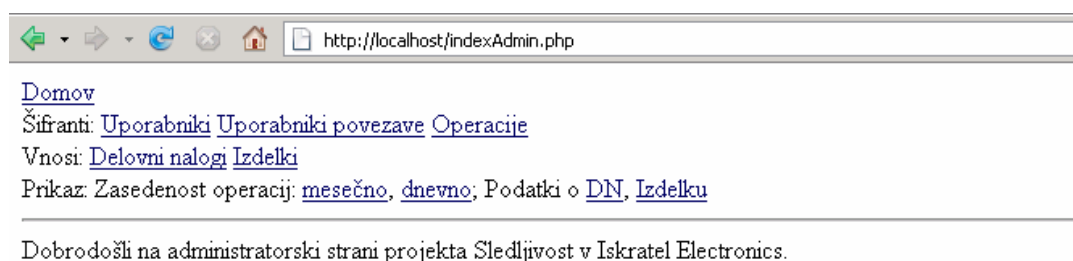
Polagalniki SMT komponent že vsebujejo lastno podatkovno bazo tipa MS SQL (Microsoft SQL), v kateri se beležijo vse izvedene operacije oziroma položene komponente na izdelku [2]. Zaradi zaprtosti sistema in enotne obdelave mora celovita programska rešitev omogočati tudi prenos relevantnih podatkov v skupno podatkovno bazo.

Svojo podatkovno bazo uporabljajo tudi stroji za avtomatsko optično kontrolo (AOI) [18, 19] in sicer tipa MySQL. Vpisani podatki so specifični za optično kontrolo, zato je za nas relevanten zgolj zapis o trajanju testiranja in številu najdenih napak. Poleg tega zaradi narave naprave, ni potrebna strojna nadgradnja za prepoznavo dvodimenzionalne kode in je vključitev v celotni sistem sledljivosti (v primerjavi s polagalniki SMT) lažja.

Tako z uporabo obstoječe baze, nadgradnjo polagalnikov s primernimi čitalniki dvodimenzionalnih kod in prenosom podatkov iz obstoječih podatkovnih baz, že dobimo popolnoma avtomatiziran sistem beleženja podatkov na vseh treh linijah SMT, katerega postopoma nadgrajujemo z ročnimi čitalniki in postajami za vpis v podatkovno bazo.

5.2 Spletni vmesnik za vnos podatkov

Vnašanje podatkov je razdeljeno na dve ločeni celoti. Administrator (slika 34) skrbi za vnose v šifrante in vnose delovnih nalogov ter izdelkov. Prav tako ima možnost različnih prikazov. Celovita rešitev mora omogočati večje število administratorjev in določitev, katere operacije lahko uporablja posamezni administrator. Naprimer vodja proizvodnega sklopa lahko ob prerazporejanju delavcev vnaša nove povezave med uporabniki in operacijami, medtem ko za vnos operacij skrbi odgovorni tehnolog.



Slika 34: Spletni vmesnik, administratorska stran

Uporabniški vmesnik za vnos uporabnikov (slika 35) vpisane vrednosti shrani v tabelo 6 in nam hkrati omogoča spreminjanje uporabniških podatkov (uporabniško ime, geslo, naziv) kot tudi brisanje. Funkcija brisanja je namenjena zgolj odstranjevanju napačnih vnosov in bo v končni verziji odstranjena zaradi že opisanih možnih problemov napačnega sklicevanja med tabelami.

Domov
Šifrant: [Uporabniki](#) [Uporabniki povezave](#) [Operacije](#)
Vnosi: [Delovni nalogi](#) [Izdelki](#)
Prikaz: Zasedenost operacij: [mesečno](#), [dnevno](#); Podatki o [DN](#), [Izdelku](#)

Uporabniki

Nov vpis:

	Uporabniško ime
	Geslo
	Naziv

☒ Aktiven

Naziv	Uporabniško ime	Aktiven
Administrator 1	admin	DA
Delavec 1	user	DA

Slika 35: Spletni vmesnik za vnos uporabnikov

Podobno kot uporabnike vnašamo tudi operacije (slika 36). V celoviti programski rešitvi je potrebno predvideti tudi alternativno označevanje operacij zaradi neenotnih standardov znotraj podjetja (računovodstvo uporablja svoje oznake). Prav tako je potrebno omejiti možnost popravljanja vpisane vsebine zaradi skladnosti z ostalimi dokumenti v podjetju [5].

[Domov](#)
 Šifranti: [Uporabniki](#) [Uporabniki povezave](#) [Operacije](#)
 Vnosi: [Delovni nalogi](#) [Izdelki](#)
 Prikaz: Zasedenost operacij: [mesečno](#), [dnevno](#); Podatki o [DN](#), [Izdelku](#)

Operacije

[Nov vpis?](#)
 Uredi vpis:

200	Operacija
3169	Delovno mesto
Položiti SMD - A stran	

 Naziv

Naziv	Operacija	Delovno mesto
Tiskati spajkalno pasto - B stran	060	3168
Položiti SMD - B stran	070	3169
Dograditi SMD	075	3195

Slika 36: Uporabniški vmesnik za vnos operacij

Za vnos povezav med uporabniki in operacijami najprej izberemo uporabnika iz seznama vpisanih uporabnikov (prikaz na sliki 37, spodaj). Nato obkljukamo želene operacije in potrdimo vnos (slika 37, zgoraj).

[Domov](#)
 Šifranti: [Uporabniki](#) [Uporabniki povezave](#) [Operacije](#)
 Vnosi: [Delovni nalogi](#) [Izdelki](#)
 Prikaz: Zasedenost operacij: [mesečno](#), [dnevno](#); Podatki o [DN](#), [Izdelku](#)

Uporabniki

Uredi vpis:

- ☐ 060-3168 Tiskati spajkalno pasto - B stran
- ☒ 070-3169 Položiti SMD - B stran
- ☒ 075-3195 Dograditi SMD
- ☐ 090-3234 Kontrolirati z AOI
- ☒ 200-3169 Položiti SMD - A stran
- ☐ 205-3195 Dograditi SMD
- ☐ 255-3207 Vtisniti PRESS-IN
- ☒ 560-0703 Razdeliti material
- ☐ 600-0151 Ročno vstaviti elemente
- ☒ 730-0153 Dograditi modul

Naziv	Aktivne operacije
Administrator 1	0
Delavec 1	2

Slika 37: Spletni vmesnik za določanje povezav med uporabniki in operacijami

Ob vnosu novega delovnega naloga administrator vpiše identifikacijsko številko, kodo in količino izdelkov v delovnem nalogu (slika 38). V seznamu vpisanih delovnih nalogov so vidni tudi preostali podatki, ki se vpisujejo avtomatsko ob vnosu izdelkov v delovni nalog oziroma ob zaključitvi delovnega naloga.

[Domov](#)
 Šifrant: [Uporabniki](#) [Uporabniki povezave](#) [Operacije](#)
 Vnosi: [Delovni nalogi](#) [Izdelki](#)
 Prikaz: Zasedenost operacij: [mesečno](#), [dnevno](#); Podatki o [DN](#), [Izdelku](#)

Delovni nalogi

[Nov vpis?](#)
 Uredi vpis:
 Delovni nalog
 Koda
 Količina

Začetni datum	Delovni nalog	Koda	Količina	Končni datum	Narejeno	%	
2008-04-15 12:37:28	11106652	UTA6069AB020	100		0	0,00	✗
2008-04-15 12:36:59	11104532	UTA6069AB020	105		0	0,00	✗
2008-04-15 12:36:44	11105432	UTA5022AA010	10		0	0,00	✗

Slika 38: Spletni vmesnik za vpisovanje delovnih nalogov

V naslednjem koraku v delovni nalog vpišemo posamezne izdelke (slika 39). Število vpisov je omejeno glede na popolnjenost delovnega naloga. Vnos predvideva zaporedne serijske številke. Zato vpišemo zgolj prvo serijsko številko, ostale bodo ustrezno prilagojene (vsaka naslednja za eno večja). Enako je pri MAC naslovih, kjer dodatno izberemo število posameznih MAC naslovov na izdelku. Za izdelke brez MAC naslova vnesemo številko 0.

http://localhost/indexAdmin.php?IdMeni=12&Naredi=1&ID=11076911

[Domov](#)
Šifrant: [Uporabniki](#) [Uporabniki povezave](#) [Operacije](#)
Vnosi: [Delovni nalogi](#) [Izdelki](#)
Prikaz: Zasedenost operacij: [mesečno](#), [dnevno](#); Podatki o [DN](#), [Izdelku](#)

Izdelki

Vpiši izdelke:
Vpiši izdelkov
 Začni s serijsko (za 50 izdelkov, zadnja: 108041400582)
 Št. MAC na izdelek
 Začni z MAC (za 50 izdelkov x 1 MAC, zadnji: 00d050000124)

Izberi delovni nalog za vnos izdelkov:

Začetni datum	Delovni nalog	Koda	Količina	Vpisanih	%
2008-04-15 12:37:28	11106652	UTA6069AB020	100	100	100,00
2008-04-15 12:36:59	11104532	UTA6069AB020	105	105	100,00
2008-04-15 12:36:44	11105432	UTA5022AA010	10	10	100,00

Slika 39: Uporabniški vmesnik za vnos izdelkov

Drugi del vmesnika predstavlja operativni del oziroma vmesnik za vpis podatkov o operacijah na izdelku (slika 40). Uporabnik se s svojim uporabniškim imenom in geslom prijavi v sistem, v katerem ima na voljo tri vnose. Lahko začne obdelavo novega izdelka z izbiro operacije in vnosom kode izdelka (preko čitalnika dvodimenzionalne kode), pri katerem si vmesnik zapomni tako vpisano identifikacijsko številko `IdIzdelekOperacija`. Le-ta olajša preostala dva vnosa in sicer vstavljanje komponent na izdelek oziroma zaključitev obdelave izdelka, kjer kode izdelka in operacije ni potrebno naknadno izbirati (zaradi nestandardnih vnosov in prekinjenega dela mora ta opcija v končni verziji obstajati). Pri vnosu komponente na izdelek uporabnik vpiše obe identifikacijski kodi komponente in predvideno pozicijo. Zaradi lažjega in hitrejšega dela lahko obstoječe identifikacijske kode komponent nadgradimo z zapisom dvodimenzionalne kode poleg obstoječe črtne kode oziroma izberemo čitalnike dvodimenzionalnih kod s podporo za prebiranje enodimenzionalne črtne kode.

Prijavljen kot: **Tilen Mokič** / [Odjava](#)

Začni obdelavo novega izdelka

Izberi operacijo in delovno mesto, vpiši kodo izdelka (2D koda):

730-0153 Dograditi modul Operacija

Koda izdelka

Vstavljanje komponent na izdelek

(za izdelek 108041401001 na operaciji: Dograditi modul)

Koda komponente (ID)

Koda komponente 2 (prevzem)

Pozicija

Zaključí obdelavo izdelka

(izdelek 108041401001 na operaciji: Dograditi modul)

Slika 40: Spletni vmesnik za vpis podatkov o operacijah na izdelku

Za vse vnose uporabljamo standardne HTML elemente [43, I28]. Na slikah so predstavljeni primeri za vpis (sliki 41 in 42), prikaz (slika 43), spreminjanje (sliki 44 in 45) in brisanje uporabnika (slika 46) [42, 47, 48, I27].

```
echo "Nov vpis:<br />\n";
echo "<form method='post' action='?' name='vpis'>\n";
echo "<input type='text' name='UporabniškoIme' size='30' /> Uporabniško ime<br />\n";
echo "<input type='text' name='Geslo' size='30' /> Geslo<br />\n";
echo "<input type='text' name='Naziv' size='30' /> Naziv<br />\n";
echo "<input type='checkbox' name='Aktiven' value='1' checked='checked' /> Aktiven<br />\n";
echo "<input type='submit' value='Dodaj' name='Submit' /></form><br />\n";
```

Slika 41: Izsek PHP kode za vnos novega uporabnika

Ob kliku na gumb "Dodaj" se še enkrat naloži ista stran (parameter "action" v HTML ukazu "form"). Vpisane podatke obdelamo s kodo, prikazano na sliki 42. Spremenljivke preverimo in pretvorimo v zapis, primeren za nadaljnjo obdelavo (preprečevanje SQL vdora ter pravilni HTML prikaz). Ker moramo novemu vpisu dodeliti primerno unikatno identifikacijsko

številko, poiščemo najvišjo obstoječo in ji prištejemo vrednost ena. Tako pripravljene podatke v zadnjem koraku zapišemo v bazo.

```
$Submit = strval($_POST["Submit"]);
if($Submit){
    // spremenljivke preverimo in pretvorimo v zapis, ki preprečuje sql vdor
    $UporabnikoIme = mysql_escape_string(htmlspecialchars(strval($_POST["UporabnikoIme"])));
    $Geslo = mysql_escape_string(htmlspecialchars(strval($_POST["Geslo"])));
    $Naziv = mysql_escape_string(htmlspecialchars(strval($_POST["Naziv"])));
    $GesloSpremeni = intval($_POST["GesloSpremeni"]);
    $Aktiven = intval($_POST["Aktiven"]);

    // najprej poiščemo max IdUporabnik, novemu vpisu priredimo +1
    $result_temp = mysql_query("SELECT MAX(IdUporabnik) as ID FROM Uporabniki;");
    $rowTemp = mysql_fetch_array($result_temp);
    $ID = intval($rowTemp['ID'])+1;
    mysql_free_result($result_temp);

    // vpis novega uporabnika v bazo
    @mysql_query("INSERT INTO Uporabniki SET IdUporabnik = '$ID', UporabnikoIme =
        '$UporabnikoIme', Naziv = '$Naziv', Aktiven = '$Aktiven'") or die ('Invalid query: '.mysql_error());
    echo "<b>Uspešno vpisano.</b><br />\n";
}
```

Slika 42: Izsek PHP kode za prenos vnosa v podatkovno bazo MySQL

Izpis vseh vpisanih vrednosti predstavimo v tabeli (prikaz na sliki 35 spodaj, izsek kode na sliki 43). Vsak zapis naziva pretvorimo v povezavo za urejanje obstoječega vpisa. Dodana je tudi povezava za brisanje zapisa.

```
echo "<table>\n";
// naslovne vrstice v tabeli
echo "<tr><th>Naziv</th><th>Uporabniksko ime</th><th>Aktiven</th><th></th></tr>\n";
$result = mysql_query("SELECT * FROM Uporabniki ORDER BY Naziv, IdUporabnik") or die("Query
    failed");
// po vrnjenih zapisih se "sprehodimo" z while ukazom
while($row = mysql_fetch_object($result)){
    echo "<tr>\n";
    echo "<td valign='top'\n";
    echo "<a href='\"?ID=$row->IdUporabnik\">".stripslashes($row->Naziv).\"</a></td>\n";
    echo "<td valign='top'\n";
    echo "<td valign='top'\n";
    if($row->Aktiven == '1'){echo "DA";}
    else{echo "NE";}
    echo "</td>\n";
    echo "<td valign='top'\n";
    echo "<a href='\"?Izbrisi=1&amp;ID=$row->IdUporabnik\">Izbriaj</a></td>\n";
    echo "</tr>\n";
}
mysql_free_result($result);
echo "</table>\n";
```

Slika 43: Izsek PHP kode za prikaz vsebine podatkovne baze

Za urejanje obstoječega vpisa o uporabniku, kliknemo na njegov naziv. Tako ponovno naložimo isto stran vendar tokrat z dodatnim parametrom "ID", v katerem določimo "IdUporabnik". Z dodatnim parametrom pridobimo podatke, s katerimi izpolnimo obrazec za popravljanje vnosa, katerega PHP koda je predstavljena na sliki 44.

```
$ID = intval($_GET["ID"]);
// Parameter ID vsebuje vrednost IdUporabnik, prenos iz prejšnje strani
$result = mysql_query("SELECT * FROM Uporabniki WHERE IdUporabnik = '$ID'" or die("Query failed3"));
echo "<a href='\"?IdMeni=$IdMeni\"'>Nov vpis</a><br />\n";
echo "Uredi vpis:<br />\n";
echo "<form method='\"post\"' action='\"?Spremeni=1&amp;ID=$ID\"' name='\"vpis\"'>\n";
while ($row = mysql_fetch_object($result)){
    // Polja za vnos so enaka kot prej, dodan je parameter "value" v katerega vpišemo vrednosti iz baze
    echo "<input type='\"text\"' name='\"UporabniskoIme\"' size='\"30\"' value='\"";
    echo stripslashes($row->UporabniskoIme). "\" /> Uporabniško ime<br />\n";
    echo "<input type='\"text\"' name='\"Geslo\"' size='\"30\"' /> Geslo ";
    echo "<input type='\"checkbox\"' name='\"GesloSpremeni\"' value='\"1\"' /> Spremeni geslo<br />\n";
    echo "<input type='\"text\"' name='\"Naziv\"' size='\"30\"' value='\"";
    echo stripslashes($row->Naziv). "\" /> Naziv<br />\n";
    echo "<input type='\"checkbox\"' name='\"Aktiven\"' value='\"1\"\"";
    if($row->Aktiven == '1'){echo " checked='\"checked\"\"";}
    echo "> Aktiven<br />\n";
    echo "<input type='\"submit\"' value='\"Spremeni\"' name='\"Submit\"' /></form><br />\n";
    echo "<hr />\n";
}
mysql_free_result($result);
```

Slika 44: Izsek PHP kode za popravljanje vnosa

Ob kliku na gumb "Spremeni", se ponovno naloži ista stran, vendar tokrat z dodanima parametroma "ID" in "Spremeni". Vpisane podatke tako obdelamo s podobno kodo, kot je uporabljena za vpis podatkov (slika 42) oziroma z nekaj pogojnimi stavki priredimo obstoječo kodo, da obdela oba primera. Na sliki 45 je prikazana koda za popravljanje vnosa, spremenljivke pretvorimo enako kot pri vnosu.

```
@mysql_query("UPDATE Uporabniki SET UporabniskoIme = '$UporabniskoIme', Naziv = '$Naziv', Aktiven = '$Aktiven' WHERE IdUporabnik = '$ID'" or die('Invalid query: '.mysql_error()));
echo "<b>Uspešno popravljeno.</b><br />\n";
```

Slika 45: Izsek PHP kode za vpis sprememb v podatkovno bazo

Podobno se ob kliku na povezavo "Izbriši" ponovno naloži ista stran. Brisanje določimo s parametrom "Izbrisi" in iz podatkovne baze izberemo vrstico, katero definiramo s parametrom "ID", kar je prikazano na sliki 46.


```

if($Izbrisi == 1){
    @mysql_query("DELETE FROM Uporabniki WHERE IdUporabnik = '$ID'");
    echo "<font color='red'><b>Uspešno izbrisano.</b></font><br />\n";
}

```

Slika 46: Izsek PHP kode za brisanje vnosa v podatkovni bazi

Vse predstavljene dele kode z nekaj pogojnimi stavki lahko združimo na isto stran, saj je tako urejanje skripte za vnašanje oziroma urejanje podatkov lažje. Struktura vseh vnosnih strani je izdelana po enakem principu, spreminjajo se zgolj vnosna polja ter stavki za delo s podatkovno bazo.

5.3 Spletni vmesnik za prikaz podatkov

Zaradi količine podatkov in odpravljanja različnih težav, je potrebno izdelati več različnih prikazov podatkov. Med seboj naj bodo povezani, tako da nas naprimer znotraj prikaza obremenjenosti določene operacije, klik na želeni dan preusmeri na stran s podrobnejšim prikazom tega dne. V pilotski verziji sta izdelana dva tipa prikazov: obremenitev posamezne operacije ter prikaz podatkov o trajanju obdelave izdelkov. Ker je različne prikaze težko predvideti vnaprej, saj se morajo prilagajati težavam oziroma potrebam v proizvodnji, mora biti celovita programska rešitev pripravljena za izdelavo dodatnih možnosti prikazov.

Za optimizacijo ali zgolj informacijo o zasedenosti določene operacije je pomemben podatek mesečne zasedenosti le-te. Pregled je prikazan na sliki 47 in vsebuje meni za izbiro operacije ter želenega meseca. Nato se v tabeli za vsak dan posamično izpiše porabljeni čas operacije ter število obdelanih izdelkov.



Slika 47: Uporabniški vmesnik za pregled mesečne zasedenosti operacije

Ob kliku na dan v mesecu se odpre prikaz dnevne zasedenosti operacije (na sliki 48). Tu je z rdečo in modro črto predstavljena zasedenost operacije po urah v dnevnu. Za grafični prikaz uporabimo možnost določanja širine slikovni datoteki. Osnovno sliko, enobarvno datoteko široko en slikovni element (ang.: picture element, pixel), pri prikazu raztegnemo na željeno širino. Enak princip določanja širine slikovni datoteki uporabimo tudi pri prikazu dnevne zasedenosti operacije. Zaradi omejene širine prikaza se intervali, krajši od 45 sekund, ne prikazujejo, saj širina slikovnega elementa predstavlja 90 sekundni interval. Tako niso vidni kratki premori med tekočo menjavo izdelkov na delovnem mestu.

Domov
Šifranti: [Uporabniki](#) [Uporabniki povezave](#) [Operacije](#)
Vnosi: [Delovni nalogi](#) [Izdelki](#)
Prikaz: Zasedenost operacij: [mesečno](#), [dnevno](#); Podatki o [DN](#), [Izdelku](#)

Pregled dnevne zasedenosti operacije

Izberi operacijo in željeni dan:

560-0703 Razdeliti material Operacija April Mesec 1 Dan

Prikaži

Rdeča: na operaciji ni izdelka; Modra: na operaciji JE izdelek.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Slika 48: Uporabniški vmesnik za pregled dnevne zasedenosti operacije

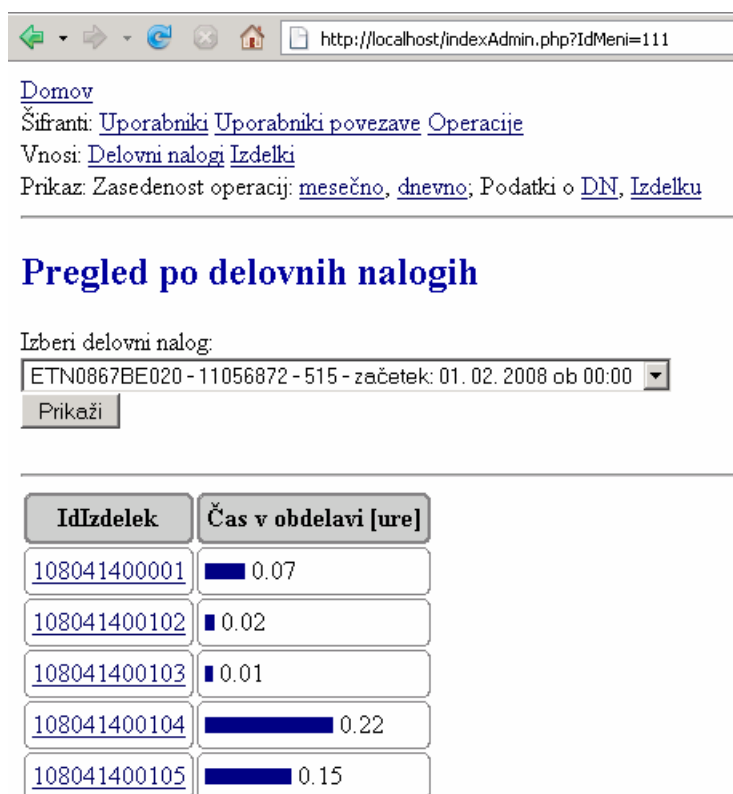
Prikaz mesečne zasedenosti operacije uporablja MySQL poizvedbo, predstavljeno na sliki 49. Ker je ponavadi ozko grlo vzpostavljanje povezave do podatkovne baze, želimo čimveč potrebnih informacij pridobiti s čimmanj poizvedbami v podatkovni bazi.

```
SELECT SUM(Trajanje) as SumTrajanje, COUNT(IdIzdelek) as SumIzdelkov, DAY(DatumZacetek) as Datum
FROM IzdelkiOperacije
WHERE IdOperacija = '$IdOperacija'
AND IdDelovnoMesto = '$IdDelovnoMesto'
AND DatumZacetek LIKE '2008-'.VodilneNicle(2,$Mesec).'-%'
GROUP BY DAY(DatumZacetek);
```

Slika 49: Izsek MySQL kode za pridobitev skupnega časa trajanja operacij za posamezen dan

Tako pridobimo vsoto trajanja obdelave, vsoto obdelanih izdelkov ter dan v želenem mesecu. Vse skupaj shranimo v polje (ang.: array) in hkrati shranimo največjo vrednost trajanja obdelave oziroma števila izdelkov. Nato preračunamo relativne vrednosti ostalih in vse podatke izpišemo v tabeli.

Drugi tip prikazov se nanaša na izdelke in čas njihove obdelave. Pregled po delovnih nalogih je predstavljen na sliki 50. Iz padajočega menija (ang.: drop-down menu) izberemo želeni delovni nalog in kliknemo gumb "Prikaži".



Slika 50: Uporabniški vmesnik za pregled trajanja obdelave po delovnih nalogih

V tabeli se izpišejo izdelki, ki pripadajo izbranemu delovnemu nalogu, in njim pripadajoči časi obdelave. Ob kliku na posamezen izdelek se odpre pregled posameznega izdelka (slika 51).

[Domov](#)
 Šifrant: [Uporabniki](#) [Uporabniki povezave](#) [Operacije](#)
 Vnosi: [Delovni nalogi](#) [Izdelki](#)
 Prikaz: Zasedenost operacij: [mesečno](#), [dnevno](#); Podatki o [DN](#), [Izdelku](#)

Pregled izdelka

Vnesi serijsko izdelka (2D koda):

Operacija	Uporabnik	Čas v obdelavi [ure]
60-3168 Tiskati spajkalno pasto - B stran	Testni uporabnik 1	0.01
70-3169 Položiti SMD - B stran	Testni uporabnik 1	0.02
75-3195 Dograditi SMD	Delavec 1	0.03
560-703 Razdeliti material	Tilen Mokič	0.02

Slika 51: Uporabniški vmesnik za pregled trajanja operacij na izdelku

Tu poleg trajanja posamezne operacije dobimo tudi informacijo za katero operacijo gre ter kateri uporabnik jo je opravil. Poleg podrobnejšega prikaza izbranega izdelka preko povezave iz delovnega naloga lahko vnesemo poljubno serijsko številko izdelka (oziroma jo s čitalnikom preberemo z izdelka) in prav tako dobimo ustrezne informacije.

Kot pri prikazu mesečne zasedenosti operacije tudi za prikaz trajanja obdelave izdelkov znotraj delovnega naloga pridobimo podatke z eno poizvedbo (prikaz na sliki 52), zaradi manjše obremenjenosti strežnika.

```

SELECT IdIzdelek, SUM(Trajanje) as Trajanje
FROM IzdelkiOperacije
WHERE IdIzdelek IN
    (SELECT IdIzdelek FROM Izdelki WHERE IdDelovniNalog = '$DelovniNalog')
GROUP BY IdIzdelek
ORDER BY IdIzdelek, DatumZacetek"

```

Slika 52: Izsek MySQL kode s katero pridobimo skupni čas trajanja operacij za posamezen izdelek

Ker v tabeli "IzdelkiOperacije" nimamo podatka o delovnem nalogu, uporabimo vgnezdjeno SQL poizvedbo (ang.: nested query oziroma sub-query). Tako pridobimo, glede na izbrani delovni nalog, vse ustrezne izdelke in za le-te, seštevek časov obdelave.

Pri pregledu izdelka ravno tako v tabeli "Izdelki" nimamo potrebnih podatkov za izpis ampak zgolj njihove identifikacijske številke. Zato uporabimo združevanje tabel, prikazano na sliki 53.

```
SELECT io.IdOperacija, io.IdDelovnoMesto, o.Naziv as oNaziv, u.Naziv as uNaziv, io.Trajanje
FROM IzdelkiOperacije io, Uporabniki u, Operacije o
WHERE io.IdIzdelek = '$Izdelek'
AND io.IdUporabnik = u.IdUporabnik
AND io.IdOperacija = o.IdOperacija
AND io.IdDelovnoMesto = o.IdDelovnoMesto
ORDER BY io.DatumZacetek
```

Slika 53: Izsek MySQL kode za pridobitev podatkov o izvedenih operacijah na izdelku

Posameznim tabelam priredimo krajše oznake, zaradi lažjega sklicevanja. Tabele med seboj ustrezno povežemo in izpišemo podatke, namenjene za izpis (namesto številke "IdUporabnik" izpišemo naziv tega uporabnika).

6 Zaključek

Z izbiro dvodimenzionalne kode in laserskega označevanja zagotovimo dobre temelje za beleženje točnih podatkov obdelave posameznih izdelkov. Vendar se je potrebno zavedati, da označevanje brez ustrezne programske opreme za podjetje predstavlja zgolj strošek. Šele s primerno programsko opremo in predvsem prilagajanjem trenutnim potrebam, dobi investicija smisel. Zato je potrebno temu primerno tudi načrtovati nadaljnji razvoj in podporo projektu, saj se z nakupom celotnega sistema označevanja in prebiranja oznak, pa naj bo ta še tako razvit in avtomatiziran, uvedba sledljivosti šele dobro začena.

Nenehni razvoj, spremembe produktov in operacij v proizvodnji, zahtevajo dobro prilagodljivost programske opreme. Največ prilagajanja bo na strani želenih prikazov in odkrivanja morebitnih povezav med določenimi problemi na izdelkih. Opisani oziroma izdelani prikazi so zgolj začetek dela in z njih pridobimo malo podrobnih informacij o izdelku oziroma posamezni operaciji. A vseeno je že to več kot je v proizvodnji dosegljivih podatkov trenutno, razen za redke izjeme (skupni čas obdelave na SMT liniji). Celovita programska rešitev mora tako že v osnovi omogočati več in bolj natančne preglede, ki pa se bodo prav tako dopolnjevali in spreminjali, enako kot se proizvodnja dopolnjuje in spreminja skladno z zahtevami tehnološko naprednih izdelkov. Tako bomo lahko s pomočjo sledljivosti hitreje in bolj učinkovito optimirali proizvodnjo in poenostavili odkrivanje morebitnih težav.

Izdelana rešitev se je izkazala za primerno in bo na tej osnovi osnovana celovita programska rešitev. Dobrodošli so standardizirani vmesniki in uveljavljena programska oprema, spletni strežnik v povezavi s podatkovno bazo, kar omogoča različne načine nadgradnje, dobro strojno izkoriščenost strežnika in že poznane načine vzdrževanja strežnika.

7 Literatura

1. Mitch DeCaire. Traceability Data Integrity - Challenges and Solutions. *SMT*, 20(3): 12-17, March 2006.
2. *SIPLACE Traceability 1.1*, User Guide. Siemens, Item no. 00195515-01, 2007.
3. Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment. *Directive 2002/95/EC of the European parliament*. 2003.
4. *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o omejitvi dajanja v promet ali uporabe določenih nevarnih snovi in pripravkov*. UL RS, št. 3/05. 2005.
5. Igor Gabrič. *Tehnološka postavitev proizvodnje*. Iskratel Electronics, interni dokument 041700000-CGL, 2007.
6. Peter Korbar. *Avtomatski transportni trak, ASYS MP550*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002182-CFL-010, 2002.
7. Peter Korbar. *Podajalniki komponent SIPLACE S*. Iskratel Electronics, interni dokument 061001967-CFL-010, 2007.
8. *Job Guide, Feeder Modules*. Siemens, Item no. 00191257-03, 2000.
9. *DEK 265 Horizon, Configuration and despatch procedure*. Dek, 2000.
10. Peter Korbar. *Polagalnik SMD komponent, SIPLACE 80 S-20/F4*. Iskratel Electronics, interni dokument 061001850-CFL-010, 2002.
11. *User manual, SIPLACE 80 S-20/F4 Software Version 406.xx*. Siemens, Item no. 00191913-01, 2000.
12. *Station Software 407.04 SP2*. Siemens, Item no. 00192231-07, 2007.
13. *User manual, SIPLACE HF Series*. Siemens, Item no. 00193922-03, 2006.
14. *Software Version Description Station Software 505.04 SP2*. Siemens, Item no. 00193794-10, 2008.
15. Igor Gabrič. *Naprave za pretaljevanje in utrjevanje, Ersas Hotflow 9*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002115-CFL-010, 2002.
16. *Operation Instruction ERSA HOTFLOW 9*. ERSA, 2000.
17. *DATAPAQ Reflow Tracker Elite*. Datapaq, 1992.
18. Martin Škerjanc. *Naprava za optično testiranje, ViTechnology VI-3000S*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002185-CFL-010, 2007.
19. *User manual Vi-2000/Vi-3000*. Vi Technology, 1999.

20. Peter Korbar. *Polagalnik SMD komponent, Siplace X4*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002713-CFL-010, 2007.
21. *User manual, SIPLACE X-Series*. Siemens, Item no. 00195495-01, 2007.
22. *Software Version Description Station Software 604.01 SPI*. Siemens, Item no. 00195445-02, 2008.
23. Igor Gabrič. *Naprave za pretaljevanje in utrjevanje, Soltec MyReflow 930*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002577-CFL-010, 2006.
24. *Documentation myReflow.com*. Vitronics Soltec, 2005.
25. Peter Korbar. *Naprave za tiskanje spajkalne paste in lepila, Ekra X4 Profesional*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002737-CFL-010, 2007.
26. *X4 Professional Inline automatic screen print System Manual*. Ekra, 2007.
27. Peter Korbar. *Polagalnik SMD komponent, Siplace X3*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002735-CFL-010, 2007.
28. Peter Korbar. *Naprave za pretaljevanje in utrjevanje, Rehm VX734*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002736-CFL-010, 2007.
29. *User manual System Solution for Thermal Processing*. Rehm, 2007.
30. Martin Škerjanc. *Naprava za optično testiranje, ViTechnology VI-3K2*. Iskratel Electronics, interni dokument 061002733-CFL-010, 2007.
31. *User manual Vision 2007*. Vi Technology, 2007.
32. Peter Korbar. *Izpis podatkov za SMT proizvodnjo*. Iskratel Electronics, interni dokument 041700070-CHL-0A0, 2007.
33. Igor Gabrič. *Zagotavljanje sledljivosti polizdelkov*. Iskratel Electronics, interni dokument DNQ014158-TSL-120, 2007.
34. M. Žepič, R. Rehberger. *Serial number label, part assembly label*. Iskratel Electronics, interni dokument TND5001AD-AF, 2007.
35. Daniela Strmljan. *Uporabniški priročnik LOGISTIC*. Iskratel Electronics, interni priročnik SOP6307G0-ATL-010, 2003.
36. *Poročilo o popravilu*. Iskratel Electronics, interni obrazec J/55201.03-03:41.
37. Rick Stevenson. Laser Marking Matrix Codes on PCBs. *Printed Circuit Design & Manufacture*, 2005(12): 32-36, December 2005.
38. Roger C. Palmer. *The Bar Code Book, third edition*. Helmers Publishing, Peterborough, 1995.
39. *Bar Coding 101... What You Need to Know*. Zebra Technologies, 2007.

40. Branko Križ. Operacijski postopek: Tiskati nalepke. Iskratel Electronics, interni dokument 041700030-CPL, 2007.
41. Janko Brovč. Operacijski postopek: Tiskati oznake na TIV. Iskratel Electronics, interni dokument 041700020-CPL, 2003.
42. Michele E. Davis, Jon A. Phillips. *Learning PHP and MySQL*. O'Reilly, Sebastopol 2006.
43. Peter Mrhar. *XHTML 1.1 in slogi CSS2*. Založba Flamingo, Šempeter pri Gorici, 2002.
44. Matjaž Štrancar, Simon Klemen. *PHP in MySQL na spletnem strežniku Apache*. Pasadena, Ljubljana, 2002.
45. Gawin Powell. *Beginning Database Design*. Wiley Publishing, Indianapolis, 2006.
46. Alan Beaulieu. *Learning SQL*. O'Reilly, Sebastopol, 2005.
47. Chris Shiflett. *Essential PHP Security*. O'Reilly, Sebastopol, 2005.
48. David Lane, Hugh E. Williams. *Web database application with PHP and MySQL, 2nd edition*. O'Reilly, Sebastopol, 2004.

8 Spletni viri

1. *Spletna stran podjetja Iskratel*. <http://www.iskratel.si/>. Dostopnost preverjena februarja 2008.
2. *Spletna stran National Physical Laboratory*. <http://www.npl.co.uk/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
3. *Spletna stran podjetja SIPLACE Europe*. <http://www.siplace.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
4. *Spletna stran podjetja Asys*. <http://www.asys.de/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
5. *Spletna stran Barcode Types*. <http://www.activebarcode.com/codes/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
6. *Spletna stran Free Barcode Image Online Generator*. <http://www.idautomation.com/java/linearservlet.html>. Dostopnost preverjena marca 2008.
7. *Spletna stran podjetja Zebra Technologies*. <http://www.zebra.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
8. *Spletna stran Free Online Barcode Generator*. <http://www.tec-it.com/online-demos/tbarcode/barcode-generator.aspx>. Dostopnost preverjena marca 2008.
9. *Spletna stran Reed-Solomon Codes*. http://www.4i2i.com/reed_solomon_codes.htm. Dostopnost preverjena marca 2008.
10. *Spletna stran podjetja IDAutomation: Barcode Components*. <http://www.idautomation.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
11. *Spletna stran SmartCode Corp*. <http://www.smartcodecorp.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
12. *Spletna stran Information about RFID tags*. <http://www.activerfidtag.info/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
13. *Spletna stran RFID-Handbook*. <http://www.rfid-handbook.de/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
14. *Spletna stran podjetja VeriChip Corporation*. <http://www.verichipcorp.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
15. *Spletna stran RFID Update - The RFID Industry Daily*. <http://www.rfidupdate.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.

16. *Spletna stran podjetja LEOSS*. <http://www.leoss.si/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
17. *Spletna stran podjetja Domino*. <http://www.domino-printing.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
18. *Spletna stran podjetja Ema*. <http://www.ema.si/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
19. *Spletna stran podjetja Koding*. <http://www.koding.si/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
20. *Spletna stran podjetja Linx*. <http://www.linxglobal.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
21. *Spletna stran RP Photonics Consulting*. <http://www.rp-photonics.com/>. Dostopnost preverjena aprila 2008.
22. *Spletna stran podjetja Markem*. <http://www.markem.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
23. *Spletna stran podjetja Trumpf Laser Division*. <http://www.trumpf-laser.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
24. *Spletna stran podjetja Texas Instruments*. <http://www.ti.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
25. *Spletna stran Apache Software Foundation*. <http://www.apache.org/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
26. *Spletna stran MySQL The world's most popular open source database*. <http://www.mysql.com/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
27. *Spletna stran PHP: Hypertext Preprocessor*. <http://www.php.net/>. Dostopnost preverjena marca 2008.
28. *Spletna stran World Wide Web Consortium*. <http://www.w3.org/>. Dostopnost preverjena marca 2008.

Izjava

Izjavljam, da sem diplomsko delo izdelal samostojno pod vodstvom mentorja doc. dr. Boštjana Murovca, univ. dipl. inž. el. Izkazano pomoč drugih sodelavcev sem v celoti navedel v zahvali.

Kranj, 20. april 2008

Tilen Mokič