

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**VPLIV ČLOVEŠKEGA DEJAVNIKA NA KAKOVOST JEKLENIH
POLIZDELKOV – SLABOV V OBRATU JEKLARNA, ACRONI**

Ljubljana, december 2020

DANIJELA VUKOBRAD

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Danijela Vukobrad, študentka Ekonomske fakultete v Ljubljani, avtorica predloženega dela z naslovom Vpliv človeškega dejavnika na kakovost jeklenih polizdelkov - slabov v obratu Jeklarna, Acroni, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem red. prof. dr. Borutom Rusjanom in sosvetovalko red. prof. dr. Ireno Ograjenšek,

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravila samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označila;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne _____

Podpis študentke: _____

KAZALO

UVOD	1
1 OPREDELITEV KAKOVOSTI	4
1.1 Razvojne stopnje obvladovanja celovite kakovosti.....	6
1.1.1 Obrtniški način proizvodnje	6
1.1.2 Manufakturni način proizvodnje.....	7
1.1.3 Kontrola kakovosti.....	7
1.1.4 Zagotavljanje kakovosti	8
1.1.5 Obvladovanje celovite kakovosti.....	9
1.2 Načela obvladovanja celovite kakovosti.....	11
1.2.1 Načelo osredotočenosti na odjemalce.....	11
1.2.2 Načelo voditeljstva	12
1.2.3 Načelo vključenosti zaposlenih	13
1.2.4 Načelo procesnega pristopa	14
1.2.5 Načelo systemskega pristopa k vodenju	16
1.2.6 Načelo nenehnega izboljševanja.....	16
1.2.7 Načelo odločanja na podlagi dejstev	19
1.2.8 Načelo vzajemno koristnih odnosov z dobavitelji.....	20
2 PREDSTAVITEV PODJETJA ACRONI.....	20
2.1 Zgodovina in razvoj podjetja	20
2.2 Proizvodni proces in končni proizvodi podjetja.....	21
3 OBVLADOVANJE CELOVITE KAKOVOSTI PROIZVODNJE JEKLA V OBRATU JEKLARNA	23
3.1 Obrat Jeklarna	24
3.1.1 Področje taljenja oziroma primarni del proizvodnje	25
3.1.2 Elektroobločna peč	27
3.1.3 Obdelava jekla v ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika oziroma sekundarni del proizvodnje	28
3.1.4 Ulivanje na kontinuirani livni napravi.....	29
3.2 Vpliv človeškega dejavnika na kakovost jeklenih polizdelkov – slabov.....	30
3.2.1 Površinske napake	32
3.2.2 Notranje napake	33

3.2.3 Napake oblike slaba.....	34
4 ANALIZA VPLIVA ČLOVEŠKEGA DEJAVNIKA NA KAKOVOST JEKLENIH POLIZDELKOV – SLABOV.....	34
4.1 Opis raziskovalnega procesa.....	34
4.2 Vzorec	36
4.3 Rezultati.....	37
4.4 Interpretacija rezultatov	50
4.5 Omejitve raziskave in izzivi za prihodnja raziskovanja	54
SKLEP.....	54
LITERATURA IN VIRI.....	56
PRILOGE	61

KAZALO TABEL

Tabela 1: 7-stopenjski model za reševanje problema.....	17
Tabela 2: Klasifikacija odpadkov glede na karakteristike.....	26
Tabela 3: Absolutne in relativne frekvence šarž brez napak in z napakami v preučevanem obdobju.....	36
Tabela 4: Absolutne in relativne frekvence tipologije napak v preučevanem obdobju ...	36
Tabela 5: Absolutne in relativne frekvence delovodje na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika v preučevanem obdobju	37
Tabela 6: Absolutne in relativne frekvence delovodje na kontinuirani livni napravi v preučevanem obdobju.....	37
Tabela 7: Kontingenčna tabela za spremenljivki "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika".....	40
Tabela 8: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika".....	41
Tabela 9: Moč povezanosti med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika".....	41
Tabela 10: Kontingenčna tabela za spremenljivki "tipologija napak" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"	43
Tabela 11: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika".....	44

Tabela 12: Moč povezanosti med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"	44
Tabela 13: Kontingenčna tabela za spremenljivki "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"	46
Tabela 14: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"	47
Tabela 15: Moč povezanosti med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"	47
Tabela 16: Kontingenčna tabela za spremenljivki "tipologija napak" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"	49
Tabela 17: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"	50
Tabela 18: Moč povezanosti med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"	50

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz glavnih stopenj časovnega razvoja doseganja kakovosti.....	6
Slika 2: Krog kakovosti.....	9
Slika 3: Načelo usmeritve k odjemalcu.....	12
Slika 4: Nova načela managementa	12
Slika 5: Vpletenost kakovosti v proizvodni sistem	14
Slika 6: Načelo ponavljanja izboljševanja s ciklom PDCA.....	16
Slika 7: Uprava podjetja Acroni in raziskovalni oddelek Jeklarna.....	21
Slika 8: Ključni jekleni proizvodi v štirih obratih.....	22
Slika 9: Tehnološka pot izdelave in litje jekla v Jeklarni	24
Slika 10: Presek elektroobločne peči	27
Slika 11: Presek kontinuirane livne naprave.....	29
Slika 12: Površinske napake na kontinuirano uliti žili.....	33

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Organizacijska struktura Slovenske industrije jekla.....	1
Priloga 2: Organizacijska shema podjetja Acroni	2
Priloga 3: Shema kontrolnega procesa sekundarne proizvodnje jekla v obratu Jeklarna ...	3
Priloga 4: Struktura službe kontrole kakovosti v sekundarnem delu proizvodnje jekla v obratu Jeklarna.....	5
Priloga 5: Shema tehnološke poti jekla od izdelave in predelave do opreme	6

SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

EOP – (angl. Electric Arc Furnace); Elektroobločna peč

KL – (angl. Continuous casting); Naprava kontiliv za kontinuirano ulivanje

LF – (angl. Ladle Facility); Ponovčna peč

PDCA – (angl. Plan, Do, Check, Act); Načrtuj, izvedi, preveri, ukrepaj

QA – (angl. Quality Assurance); Zagotavljanje kakovosti

QC – (angl. Quality Control); Kontrola kakovosti

SIJ – Slovenska industrija jekla

TQM – (angl. Total Quality Management); Obvladovanje celovite kakovosti

VOD – (angl. Vacuum Oxygen Decarburisation); Naprava za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika

UVOD

Kakovost je danes eden od pomembnejših dejavnikov v poslovnem okolju, vključuje pa dva vidika: notranji in zunanji vidik kakovosti. V preteklosti se je najbolj poudarjala skladnost s specifikacijami oziroma notranji vidik kakovosti, kasneje pa se v zvezi s kakovostjo začnejo poudarjati pričakovanja kupcev oziroma zunanji vidik kakovosti, s tem pa pride v ospredje vprašanje lastnosti izdelkov (Rusjan, 2013, str. 488; Weckenmann, Akkasoglu & Werner, 2015, str. 281–282). Izredno hiter razvoj znanosti in tehnike je povzročil številne spremembe na vseh področjih človekovega delovanja. Posebno očitne so te spremembe pri proizvodnji in porabi dobrin. V zvezi s kakovostjo in strukturo se pojavljajo nove potrebe, ki zamisli naglo spreminjajo v izdelke (Božič, 2009, str. 3; Lee, 2015, str. 1).

Dinamični razvoj v industrijski proizvodnji je povezan z vedno bolj zapletenimi tehnološkimi procesi in raznovrstnim poslovanjem, poudarjeno soodvisnostjo organizacije in okolja ter rastočo koncentracijo proizvodnih sredstev. V takšnih razmerah postaja organizacija proizvodnje vse bolj zapletena, pomembno pa je, da sta notranji in zunanji vidik kakovosti usklajena (Božič, 2009, str. 3). To zahteva dobro povezavo med posameznimi poslovnimi funkcijami, ki sodelujejo pri zagotavljanju kakovosti. To pomeni, da je treba v podjetju vzpostaviti ustrezen okvir načrtovanja in kontrole kakovosti, ki bo omogočal povezave in usklajeno delovanje ter izmenjavo informacij med posameznimi poslovnimi funkcijami (Guan & Fan, 2010, str. 260–263; Rusjan, 1999, str. 269).

Da pa bi bila podjetja temu kos, morajo v proces implementirati sistem obvladovanja celovite kakovosti, ki zagotavlja kakovostne proizvode in zadovoljstvo kupcev. Obvladovanje celovite kakovosti obsega koordinirane aktivnosti, ki so povezane z načrtovanjem, nadzorom, zagotavljanjem ter izboljševanjem kakovosti procesov in proizvodov. Cilje kakovosti, ki si jih organizacija postavi, je treba doseči čim bolj učinkovito (Božič, 2009, str. 3; Mendes & Jesus, 2018, str. 263–265). Vse našteje izzive po večini ustvarja in rešuje človek, ljudje v organizaciji, ki imajo ustrezne sposobnosti, znanje in izkušnje. Uspešno obvladovanja celovite kakovosti je tako odvisno od izobrazbe in kulturne ravni posameznikov in celote (Možina in drugi, 1998, str. XVII; Werner & Weckenmann, 2012, str. 1534–1535).

Podjetje Acroni, je jeklarsko podjetje v koncernu Slovenske industrije jekla (v nadaljevanju SIJ) in je bilo ustanovljeno 23. decembra 1992 iz bivše Železarne Jesenice. Sodi med vodilne svetovne proizvajalce nerjavne debele pločevine ter debele pločevine iz visokotrnostnih, obraboodpornih, nerjavnih, orodnih in ostalih specialnih jekel. Poleg debele pločevine proizvodni program obsega še neorientirane elektro pločevine ter toplo in hladno valjane trakove iz specialnih jekel. V podjetju Acroni je zaposlenih več kot 1.000 delavcev, ki letno proizvedejo okoli 300 tisoč ton jekla. Proizvodnja jekla v Acroniju poteka v 4 samostojnih obratih: Jeklarna, Vroča valjarna, Hladna predelava in Predelava debele pločevine (Polanc, 2011).

Sodobna jeklarska oprema jim omogoča izdelavo najkakovostnejših jekel. S pretaljevanjem izbranega odpadnega starega železa, z dodatki kovinskih zlitin in žilindrotvornih komponent v Acroniju pridobivajo nove kovinske izdelke. Zahteve za kakovost jekla in s tem za fizikalne lastnosti z napredkom tehnologije nenehno naraščajo. Proizvodnja visokokakovostnih jekel z določenimi fizikalnimi lastnostmi pa je mogoča le, če lahko jeklarji vodijo proces izdelave jekla (Gabrovšek & Jezeršek, 1967, str. 117). To lahko dosežejo le z dobrim razumevanjem vseh proizvodnih procesov, z nadziranjem in upravljanjem proizvodnih oken, z zagotavljanjem stabilnosti procesov, nenehnim nadzorom kakovosti, zagotavljanjem proizvodnje brez napak in s takojšnjim zaznavanjem morebitnih anomalij pri proizvodnji (Inden, brez datuma).

Zbiranje in vrednotenje podatkov ter nadzor nad strojno opremo pri visoki kompleksnosti procesov so izzivi, s katerimi se srečujejo jeklarji (Inden, brez datuma). Poleg nadzora vseh procesnih korakov morajo jeklarji poznati vplive in posledice vsebnosti kemijskih elementov, saj kemijska sestava jekel bistveno vpliva na mehanske lastnosti jekla in na njegovo obnašanje med toplotno obdelavo. S spoznavanjem teh vplivov lahko učinkovito izkoristijo vse možnosti računalniško vodenih tehnologij v proizvodnji jekla in s tem zagotovijo kakovostno jeklo. Nove možnosti v tehnologiji, ki so v proizvodnji jekla dane, lahko ob zanemarjanju celovitih sistemov zagotavljanja kakovosti ostanejo neizkoriščene ali pa celo privedejo do padanja kakovosti (Rodič, Žvokelj, Legat & Krivec, 1992, str. 53–54).

Kljub vsej avtomatizaciji in napredku tehnologije pri proizvodnji jekla je človeški dejavnik najpomembnejši pri upravljanju, nadzoru in optimiziranju avtomatiziranih procesov, saj avtomatizacija procesa proizvodnje jekla ne more popolnoma nadomestiti človeških strokovnjakov. Razumevanje poslovanja podjetja in umeščanje spoznanj, pridobljenih z orodji za obvladovanje celovite kakovosti, v pravi kontekst je naloga, ki jo najbolje opravlja človek. Načrtovanje in nadziranje procesa proizvodnje jekla ter na splošno sprejemanje odločitve o kakovosti jekla so naloge človeka, saj ga sodobna tehnologija ne more nadomestiti. Uspeh podjetja Acroni je odvisen od kakovosti izdelkov, ki jih proizvajajo, ta pa je odvisna od znanja zaposlenih (Rodič, Žvokelj, Legat & Krivec, 1992, str. 54–55).

Namen magistrskega dela je ugotoviti, kako pomembno vlogo ima človeški dejavnik v procesu proizvodnje jekla. Predvsem želim ugotoviti, ali obstaja vpliv človeškega dejavnika na kakovost jeklenih polizdelkov – slabov v obratu Jeklarna v podjetju Acroni: Analizirati želim povezavo med človeškim dejavnikom in prisotnostjo napak v jeklenih polizdelkih – slabih ter povezavo med tipom napak v jeklenih polizdelkih – slabih in človeškim dejavnikom. Posebej se osredotočim na vlogo delovodje na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika. Obdelava jekla na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika je najpomembnejši del izdelave jekla pri sekundarni metalurgiji. Tu se namreč izvajajo zelo pomembni procesi za zagotavljanje

ustreznosti kemijske sestave taline jekla, saj s postopki sekundarne metalurgije določijo lastnosti jekla (Kosmač, 2008, str. 18).

Delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika preveri, ali rezultati kemične analize ustrezajo zahtevanim, in se na osnovi teh odloči o posebnih dodatkih, o potrebni količini kisika za oksidacijo, o zaključku obdelave oziroma, če rezultati ne ustrezajo, o nadomestni šarži. Delovodja obeh naprav mora poznati vplive in posledice vsebnosti elementov kemijske sestavine, če hoče že v Jeklarni ustrezno zagotavljati kakovost kasnejših izdelkov. Talina, ki jo pripravi sekundarna metalurgija, mora biti ustrezna, saj lahko z neustreznimi odnosi elementov kemijskih sestav jekla delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika močno zgreši pričakovane ali zahtevane lastnosti proizvodov (Rodič, Žvokelj, Legat & Krivec, 1992, str. 53).

Po končanem procesu sekundarne metalurgije se talina jekla ulije na napravi za kontinuirano ulivanje, ki je zadnja faza obdelave taline v obratu Jeklarna in povezovalni proces med proizvodnjo jeklenih polizdelkov – slabov in nadaljnjo predelavo končnih proizvodov podjetja Acroni. Njen glavni cilj je uliti jeklo v želeno obliko brez napak, ki bi bile posledice ulivanja. Za doseganje ustrezne kakovosti končnih izdelkov mora kontinuirano ulivanje potekati v ozkem področju ustreznih procesnih parametrov. Nastavni procesni parametri so v veliki meri odvisni od snovnih lastnosti posameznih vrst jekla in se prav zaradi tega med seboj tudi močno razlikujejo, zato se tudi osredotočam na vlogo delovodij na kontinuirani livni napravi. Ti morajo poznati vplive in posledice vsebnosti kemijskih elementov, saj odstopanje od predpisanih vrednosti sproža zaporedje ukrepov, ki negativno vplivajo na kakovost, v skrajnem primeru pa vodijo do težav pri ulivanju (Bradaškja, 2009, str. 24–25).

S pomočjo empiričnega dela je cilj magistrskega dela ugotoviti povezavo med delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika in delovodji na kontinuirani livni napravi ter med prisotnostjo napak in tipom napak jeklenih polizdelkov – slabov. Na osnovi zastavljenih namenov in ciljev magistrskega dela postavljam naslednje raziskovalne hipoteze:

- H1: Obstaja povezava med prisotnostjo napak v jeklenih polizdelkih – slabih in delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika.
- H2: Obstaja povezava med tipom napak v jeklenih polizdelkih – slabih in delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika.
- H3: Obstaja povezava med prisotnostjo napak v jeklenih polizdelkih – slabih in delovodji na kontinuirani livni napravi.
- H4: Obstaja povezava med tipom napak v jeklenih polizdelkih – slabih in delovodji na kontinuirani livni napravi.

Magistrsko delo je sestavljeno iz teoretičnega in empiričnega dela. V teoretičnem delu uporabljam deskriptivno oziroma opisno metodo, ki temelji na izhodiščih in teorijah domače in tuje literature s področja kakovosti, kontrole kakovosti, zagotavljanja kakovosti in obvladovanja celovite kakovosti s poudarkom na proizvodnji izdelkov. Predstavljam tako proizvodnjo jeklenih polizdelkov – slabov v obratu Jeklarna v podjetju Acroni kot tudi dejavnike vpliva na kritičnih točkah v procesu. Podatke pridobivam iz sekundarnih virov iz znanstvenih in strokovnih člankov, študijske literature, strokovne literature, člankov iz revij in časopisov in diplomskih del. Teoretična spoznanja povezujem z empirično raziskavo, ki mi je v pomoč pri interpretaciji rezultatov.

Podatke za izvedbo empiričnega dela magistrskega dela zbiram s pomočjo interne dokumentacije službe kontrole kakovosti o procesu proizvodnje šarže jekla v obratu Jeklarna v letih od 2014 do 2016. Raziskava temelji na 4035 naključno izbranih šaržah jekla, od teh je 3874 ali 96 % takih, ki nimajo napak v šarži, in 161 ali 4 % takih, ki imajo napake v šarži. Posebej se osredotočim na šarže jekla z napakami. Analizo opravi najprej ob upoštevanju delovodij na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika, potem pa še ob upoštevanju delovodij na kontinuirani livni napravi. Pridobljene podatke kvantitativno obdelam s pomočjo deskriptivne in inferenčne statistike. Podatke obdelam tudi računalniško s pomočjo statističnega programa SPSS. Za statistično analizo postavljenih hipotez uporabljam funkcije programa SPSS, in sicer hi-kvadrat preizkus (v nadaljevanju hi-kvadrat) povezanosti spremenljivk, s katerim poskušam potrditi postavljene hipoteze. Pridobljene podatke tabelarično ponazarjam in povezujem z obravnavano teorijo.

1 OPREDELITEV KAKOVOSTI

Opredelitev pojma kakovost ni lahka naloga. Beseda kakovost ima za različne ljudi različen pomen in se uporablja za različne namene v različnih besednih in miselnih zvezah. V literaturi najdemo veliko definicij, ki opredeljujejo in poskušajo definirati pojem kakovost (Kreže, 2008, str. 28). Pomembno je, da razumemo različne perspektive, s katerimi lahko gledamo na kakovost. Le tako bomo popolnoma upoštevali njeno vlogo na različnih ravneh določene organizacije. V tehničnem smislu ima kakovost lahko dva vidika: kakovost se nanaša na proizvod, ki je brez napak, ali pa se nanaša na karakteristike proizvoda, ki oblikujejo potrebne sposobnosti za zadovoljevanje vnaprej določenih ali pričakovanih potreb odjemalca (Ivanović & Majstorović, 2006, str. 413–414; Piskar & Dolinšek, 2006, str. 35–36).

Prvi vidik kakovosti je tako imenovani notranji vidik kakovosti oziroma glas procesa (angl. Voice of the proces). V skladu s tem pojmovanjem govorimo o kakovosti, če je izdelek narejen v skladu z zahtevami oziroma specifikacijami, ki jih postavijo njegovi projektanti. Notranja kakovost torej zajema zmožnost odprave ali zmanjševanje izmeta, zastojev, neskladnosti ter razlogov zanje. Organizacija dosega notranjo kakovost z ustreznim

sistemom za obvladovanje kakovosti, ki zagotavlja doseganje postavljenih specifikacij za standarde. V tem primeru je torej pomembna konsistentnost izdelkov, mejo med kakovostnim in nekakovostnim proizvodom pa ugotavljamo glede na to, ali proizvod dosega specifikacije (Mahadevan, 2010, str. 249; Rusjan, 2013, str. 489).

Drugi vidik razumevanja kakovosti imenujemo zunanji vidik kakovosti oziroma glas odjemalca (angl. Voice of the customer). Po tej opredelitvi je kakovosten izdelek tisti, ki z določenimi lastnostmi zadovolji ali celo preseže zahteve, pričakovanja glede zadovoljevanja potreb in tako vodi k zadovoljstvu odjemalca (Ivanović & Majstorović, 2006, str. 413–414; Mahadevan, 2010, str. 249; Rusjan, 2013, str. 489). Subjektivno oceno lahko da odjemalec, ki ocenjuje kakovost oblike (zunanji videz, občutek funkcionalnosti), kaj proizvod omogoča in kakšna je njegova trajnost (Piskar & Dolinšek, 2006, str. 36). Ni torej pomembno samo zadovoljstvo uporabnika v času nakupa, temveč tudi kasneje v celotni življenjski dobi izdelka. Poleg tega se raven kakovosti s tega vidika nenehno dviguje. Kar je bilo še včeraj pojem kakovosti, je danes lahko samo še povprečen proizvod, zato morajo podjetja težiti k stalnemu izboljševanju proizvodov na podlagi spremljanja in predvidevanja pričakovanj kupcev (Rusjan, 2013, str. 490).

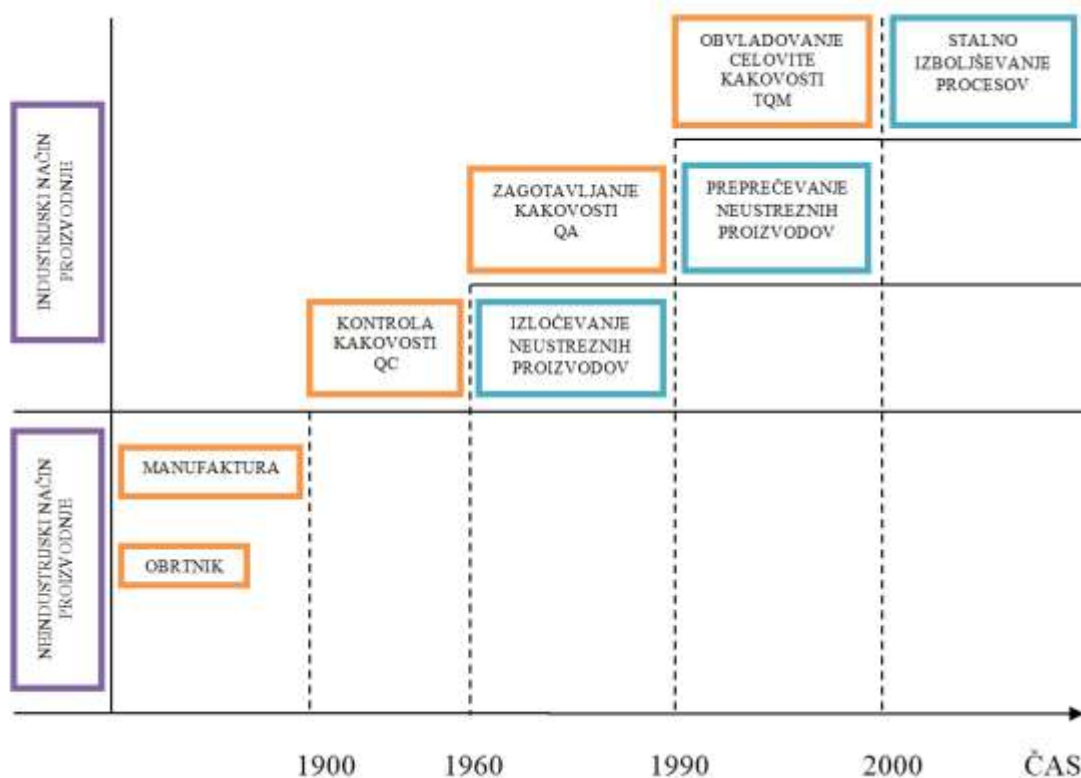
Z vidika doseganja pričakovanja kupcev kakovost vedno vključuje različne elemente, saj so tudi pričakovanja kupcev pri nakupu posameznega izdelka sestavljena, kupci bodo namreč ocenjevali različne lastnosti izdelkov. Med pomembnejše klasifikacije lastnosti kakovosti za proizvode sodi Garvinova klasifikacija tako imenovanih dimenzij kakovosti, ki vključuje elemente kakovosti tako z notranjega kot tudi zunanjega vidika (Rusjan, 2013, str. 490). Garvin (1987, str. 104) loči osem dimenzij kakovosti:

- **Delovanje izdelka** vključuje predvsem osnovne funkcijske lastnosti izdelka.
- **Dodatki** so dodatne lastnosti izdelka, ki niso osnovni del njegove funkcionalnosti, pripomorejo pa k boljšemu zadovoljstvu kupca.
- **Zanesljivost** pomeni verjetnost, da v določenem obdobju ne bo prišlo do okvare.
- **Izdelava** pomeni stopnjo upoštevanja specifikacij izdelka pri njegovi izdelavi.
- **Trajnost** meri življenjsko dobo izdelka.
- **Storitve** vključujejo predvsem poprodajne storitve.
- **Estetika** vključuje videz, zvok, vonj, okus, prijetnost in podobno. Gre za izrazito subjektivno dimenzijo.
- **Kupčevo dojemanje kakovosti.** Kupec praviloma nima na voljo popolne informacije o izdelku. Na dojemanje kakovosti tako pogosto vplivajo dejavniki, kot so ugled podjetja, oglaševanje, blagovna znamka in podobno, tudi če je dejansko stanje glede kakovosti drugačno.

1.1 Razvojne stopnje obvladovanja celovite kakovosti

Skladno z razvojem tehnologije, proizvodnih sredstev, delitve dela, organizacijskih znanj, družbenih odnosov, ekonomskih načel, znanja delovne sile in drugih dejavnikov so se spreminjali tudi pristopi in načini doseganja kakovosti. Kakovost se je razvijala vzporedno z industrijo, skladno s spremembami produkcijskih odnosov od obrtniške dejavnosti do masovne proizvodnje in splošne globalizacije trgovine. Časovno so razvojne stopnje doseganja kakovosti ločene na dva glavna načina proizvodnje: na **neindustrijski** ter **industrijski** način, kot se vidi na sliki 1. V neindustrijski način proizvodnje, ki zajema obdobje do okoli leta 1900, spadata obrtniški in manufakturi način proizvodnje (Kreže, 2008, str. 41; Marolt & Gomišček, 2005, str. 11; Piskar & Dolinšek, 2006, str. 34).

Slika 1: Prikaz glavnih stopenj časovnega razvoja doseganja kakovosti



Prirjeno po Kreže (2008, str. 45), Marolt & Gomišček (2005, str. 12) in Šoštar (2000, str. 3).

1.1.1 Obrtniški način proizvodnje

Pri tem načinu je kontrola kakovosti temeljila le na proizvodnem delavcu. Ta je sam ali z majhnim številom pomočnikov opravljal vse funkcije od nabave surovin, načrtovanja proizvodov do njihove proizvodnje, istočasno pa je odgovarjal za kakovost proizvoda ter sam nosil posledice zaradi neustrezne kakovosti. Dobra stran takega načina proizvodnje je bilo dobro medsebojno sodelovanje v majhni skupini ljudi. Ti so imeli skupen cilj, vsak je

poznal celoten proces izdelave in stopnja medsebojne odvisnosti je bila velika. Slaba stran obrtniške proizvodnje je bila nizka produktivnost (Kreže, 2008, str. 41; Marolt & Gomišček, 2005, str. 11; Mitra, 2008, str. 4; Piskar & Dolinšek, 2006, str. 34).

1.1.2 Manufaktorni način proizvodnje

Za tako proizvodnjo je značilna delitev dela in proizvodnja v posebnih stavbah oziroma delavnicah. Formirane so bile skupine ljudi, ki so bolj ali manj neodvisno druga od druge opravljale vsaka svoje specifično delo. Vsako skupino je vodil mojster, ki je odgovarjal tako za količino kot za kakovost proizvodov, ki jih je ta skupina ljudi proizvajala. Dobra stran je bila specializacija dela in proizvodne opreme ter s tem večja produktivnost, slaba stran pa je bila, da je delavec postal vedno bolj pasiven izvrševalec ukazov svojega mojstra in ni več poznal celotnega procesa proizvodnje (Kreže, 2008, str. 41; Marolt & Gomišček, 2005, str. 11; Mitra, 2008, str. 4; Piskar & Dolinšek, 2006, str. 34).

V nadaljevanju se osredotočam na industrijski način proizvodnje, ki je danes v rabi predvsem za proizvodnjo proizvodov. Industrijski način proizvodnje vključuje tri pomembne razvojne stopnje pristopa h kakovosti: kontrolo kakovosti (angl. Quality Control – QC), zagotavljanje kakovosti (angl. Quality Assurance – QA) in obvladovanje celovite kakovosti (angl. Total Quality Management – TQM), kar je razvidno tudi na sliki 1. Danes je treba za doseganje in vzdrževanje kakovosti v organizaciji upoštevati vse tri pristope (Kreže, 2008, str. 41–46; Marolt & Gomišček, 2005, str. 12–17; Piskar & Dolinšek, 2006, str. 34–35).

1.1.3 Kontrola kakovosti

Kontrola kakovosti se je pričela v začetku 20. stoletja in trajala približno do leta 1960. Za industrijski način proizvodnje je značilna velika delitev dela in proizvodnja identičnih proizvodov v velikih količinah. Ta način proizvodnje temelji na specifikaciji oziroma standardih kakovosti, ki so osnova za izvajanje kontrole kakovosti, omogočajo pa tudi zamenljivost proizvodov in sestavnih delov. Šele na osnovi izdelanih in sprejetih standardov je možno izvajati kontrolo kakovosti, saj gre v bistvu za preverjanje, ali so izdelani proizvodi v skladu s predpisanimi standardi (Marolt & Gomišček, 2005, str. 12–13; Mitra, 2008, str. 4; Wagner, 2013, str. 113–115).

Pojmovanje kakovosti je bilo na začetku omejeno le na nadzor kakovosti, nato pa so se v organizaciji formirale prve službe kontrole kakovosti, ki so bile ločene od proizvodnje. Kontrolorji kakovosti so izvajali kontrolo skladnosti karakteristik kakovosti proizvodov s predpisanimi standardi s postopki, ki so potekali šele po končani proizvodnji. Na osnovi ugotovljenega stanja so ločevali proizvode na ustrezne – kakovostne, ki so bili v skladu s standardi oziroma specifikacijami, in neustrezne – nekakovostne, ki niso bili v skladu s

standardi (Šoštar, 2000, str. 4; Toakley & Marosszeky, 2003, str. 220; Wagner, 2013, str. 115–119).

Dobra stran nastanka funkcije kontrole kakovosti je bila določitev karakteristik kakovosti ter začetek razvoja strokovnega področja kakovosti ter z njim povezane merilne tehnologije in opreme. Slabost kontrole kakovosti, ki opravlja le ločevanje neustreznih proizvodov od ustreznih, je bila v tem, da se je malo ali nič ukvarjala z ugotavljanjem vzrokov neakovostnih in s preprečevanjem nastanka neustreznih proizvodov (Kreže, 2008, str. 42; Marolt & Gomišček, 2005, str. 13; Šoštar, 2000, str. 4; Wagner, 2013, str. 119–122).

Zaradi visokih stroškov, povezanih s kontrolo kakovosti proizvodov, so iskali metode, ki bi omogočale hitrejše in cenejše, a še vedno dovolj natančno ugotavljanje primernosti kakovosti proizvodov. Ugotovili so, da določene statistične metode omogočajo dovolj točno sliko o kakovosti proizvodov ob nižjih stroških kontroliranja. V 40. letih 20. stoletja sta se začela silovit razvoj in uporaba statističnih metod, ki na osnovi statističnih zakonitosti omogočajo ugotavljanje kakovosti proizvodov. Uporaba statističnih metod je omogočila hitrejše in cenejše odločitve glede ustreznosti izdelanih proizvodov in sprejetih materialov ter boljši nadzor procesov (Kreže, 2008, str. 42; Marolt & Gomišček, 2005, str. 13; Šoštar, 2000, str. 4–5).

1.1.4 Zagotavljanje kakovosti

Zagotavljanje kakovosti zajema vse faze industrijskega ciklusa, od tržnih raziskav do servisa proizvoda v uporabi. V začetku 60. let so spoznali, da problematike kakovosti v organizaciji ni mogoče zadovoljivo reševati samo s kontrolo že izdelanih proizvodov, temveč je treba h kakovosti pristopiti drugače. To še posebno velja za visoko produktivno proizvodnjo in kompleksne posamezne proizvode, kjer lahko pride do velikih stroškov zaradi neustrezne kakovosti. Staro načelo je zamenjal nov, aktivni pristop, ki je glavno skrb v zvezi s kakovostjo namenil preprečevanju, torej da ne bi prišlo do neustreznih proizvodov. To pomeni, da je bilo treba čim bolj zmanjšati možnosti za realizacijo neustreznega proizvoda (Kreže, 2008, str. 43).

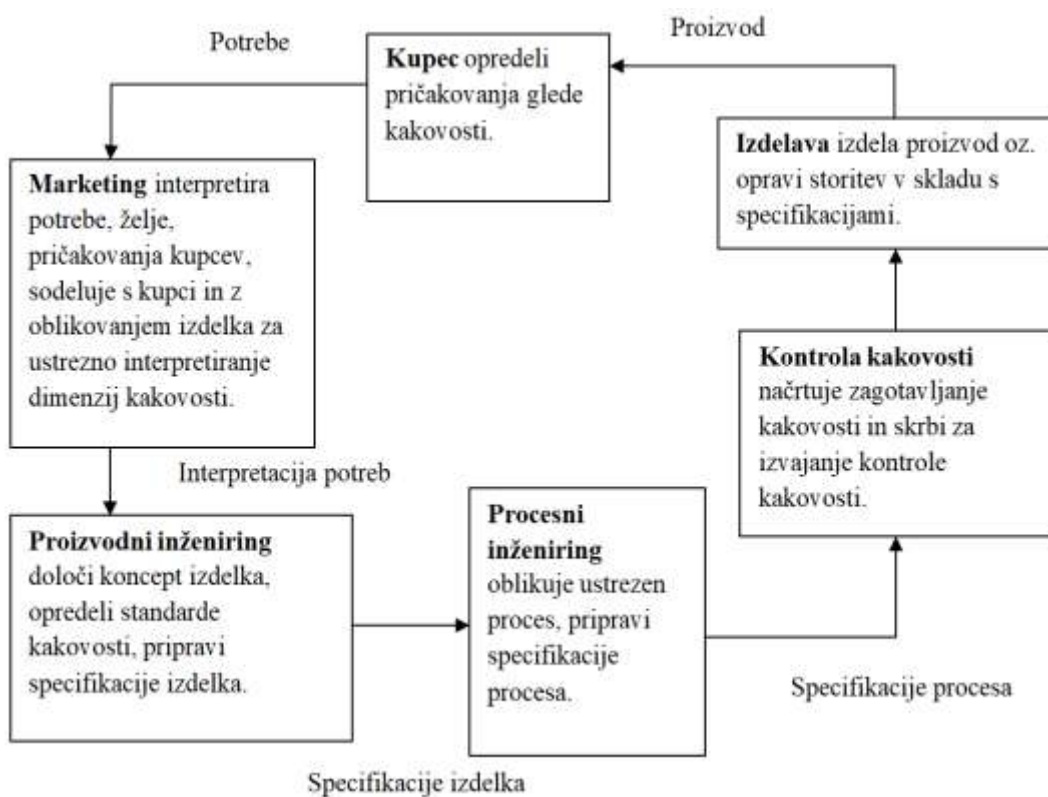
Nov pristop, ki temelji na preprečevanju neustrezne kakovosti, je strokovno zahtevnejši kot zgolj kontrola kakovosti in povezan z novim organizacijskim načelom, ki pravi, da mora vsak oddelek (zaposleni v organizaciji) nositi svoj delež odgovornosti za kakovost proizvoda. To je tako imenovano načelo celovitosti – vključitev vsakogar v organizaciji za doseganje celovite kakovosti. Kakovost ni več skrb le službe kontrole kakovosti, ampak vseh, ki sodelujejo pri načrtovanju in izdelavi proizvoda. Integracijsko vlogo za kakovost znotraj organizacije zagotavlja sistem zagotavljanja kakovosti, ki določa za posamezne službe oziroma zaposlene njihove naloge oziroma obveznosti, povezane s kakovostjo (Kreže, 2008, str. 43; Marolt & Gomišček, 2005, str. 14; Šoštar, 2000, str. 5; Vujošević, 1992, str. 11).

1.1.5 Obvladovanje celovite kakovosti

V 90. letih 20. stol. se je pričelo gledati na problematiko kakovosti skozi procese, ki potekajo v organizaciji, kajti procesi dajejo proizvod. Ta stopnja zagovarja osredotočenje na izboljševanje vseh procesov, ki se izvajajo v organizaciji. To je tako imenovani procesni pristop h kakovosti. Z obvladovanjem procesov poudarek vse bolj prehaja na zagotavljanje kakovosti oziroma preprečevanje napak. Preprečevanju pojavljanja kakršne koli napake se namreč lahko približujemo z dobro konstruiranim proizvodom, z natančno določenimi postopki izdelave, ki preprečujejo napake, z izborom dobaviteljev, ki so sposobni zagotoviti visoko kakovost vhodnih materialov in komponent, z usposobljenimi delavci, s preventivnim vzdrževanjem opreme in podobno (Rusjan, 2013, str. 495).

Kakovost je tako mogoče zagotoviti z ustreznim sodelovanjem vseh zaposlenih v podjetju. Z vključevanjem vseh zaposlenih oziroma vseh poslovnih funkcij v zagotavljanje kakovosti lahko govorimo o tako imenovanem obvladovanju celovite kakovosti. Obvladovanje celovite kakovosti je strateški pristop vodenja, ki vključuje celotno organizacijo, da bi zagotovili zadovoljstvo odjemalca skozi nenehno izboljševanje kakovosti proizvodov. To medsebojno povezanost lahko ponazorimo s krogom kakovosti, ki je prikazan na sliki 2 (Rusjan, 2013, str. 495; Schroeder, 2008, str. 137).

Slika 2: Krog kakovosti



Prيرهjeno po Rusjan (2013, str. 496) in Schroeder (2008, str. 137).

Kot je razvidno iz slike 2, kupci izražajo potrebe, naloga marketinga pa je, da te potrebe ugotavlja. Konstrukcijski oddelek v sodelovanju z ostalimi funkcijami (lahko pa tudi s kupci) oblikuje izdelek, ki naj bi zadovoljeval izražene potrebe. Procesni inženiring oblikuje ustrezen proces, naloga izdelavne funkcije pa je potem izdelati izdelek v skladu s sprejetimi specifikacijami. Poleg izdelave v skladu s specifikacijami si mora proizvodnja prizadevati tudi za stalno zmanjševanje variabilnosti procesov in izdelkov. Tako se uveljavlja kontinuirano izboljševanje. Kontrola kakovosti mora določiti postopke zagotavljanja kakovosti in skrbeti za njihovo izvajanje. Tak cikel obvladovanja kakovosti je treba vpeljati v vsakršno podjetje, ker bomo s tem zagotovili učinkovito načrtovanje, kontrolo in stalno izboljševanje vseh vidikov kakovosti (Rusjan, 2013, str. 495–496; Schroeder, 2008, str. 137).

Krog kakovosti prikazuje konceptualno preprost pristop k managementu kakovosti, ki vključuje oba vidika kakovosti, notranjega in zunanjega. Da bi uveljavili koncept kroga kakovosti v podjetju, moramo izvesti naslednje korake (Rusjan, 2013, str. 496–500; Schroeder, 2008, str. 137):

- **Določiti je treba dimenzije kakovosti na podlagi potreb uporabnikov.** Potrebe kupcev ugotavljamo s pomočjo nestrukturiranih kvalitativnih pristopov, kot so intervjuji in fokusne skupine.
- **Določiti je treba, kako meriti zadovoljstvo stranke z vsako izmed dimenzij.** Pri merjenju zadovoljstva uporabnikov gre za tako imenovane zunanje, subjektivne mere kakovosti, do katerih pridemo predvsem na podlagi anketiranja kupcev, zanje pa je značilno, da so izražene v jeziku uporabnikov. Kupce torej sprašujemo o njihovem zadovoljstvu v zvezi z doseganjem določene lastnosti izdelka.
- **Postaviti moramo standarde kakovosti in specifikacije.** Za vsako zunanjo, subjektivno mero določene lastnosti kakovosti moramo torej najti ustrezno/-e notranjo/-e, objektivno/-e mero/-e kakovosti, ki je/so z zunanjo mero v korelaciji. Izboljšanje določene notranje mere kakovosti ima tako za posledico tudi izboljšanje zunanje mere. Notranje mere opredeljujemo kot standarde proizvoda in procesa, ki jih moramo dosegati. Te mere so torej izražene v tehničnem jeziku. Za standarde praviloma določimo tolerance z zgornjimi in spodnjimi mejami sprejemljivosti rezultatov ali vrednosti, ki jih želimo doseči. S tem določimo specifikacije za izdelke in procese.
- **Vpeljati moramo sistem kontrole kakovosti.** Ko so standardi določeni, vzpostavimo sistem kontrole kakovosti. Vzpostavimo torej sistem merjenja rezultatov za postavljene standarde, cilj tega sistema pa je odkrivati napake, pri čemer napaka pomeni nedoseganje postavljenih specifikacij. Pri vzpostavljanju sistema kontrole kakovosti moramo odgovoriti na vprašanja, kakšen bo obseg izvajanja kontrole kakovosti, na katerih mestih jo bomo izvajali in kdo bo odgovoren za njeno izvedbo. Določiti moramo torej mesta kontrole v procesu, dejavnike procesa, ki jih bomo spremljali, in postopke izvajanja kontrole. Praviloma izvajamo kontrolo kakovosti pred tistimi deli procesa, v katerih se ustvarja velika dodana vrednost. S kontrolo dokončanih

proizvodov ugotavljamo, ali izdelek ustreza specifikacijam, preden ga damo v skladišče dokončanih proizvodov ali dostavimo kupcu. V zvezi z izvajalcem kontrole kakovosti poudarimo, da pri kontroli kakovosti prehaja poudarek od kontrole na koncu izvajalnega procesa h kontroli med izvajalnim procesom, kar odraža težnje po zagotavljanju kakovosti, to je po preprečevanju napak. Govorimo o zagotavljanju kakovosti na izvoru. Kontrole kakovosti tako ne izvaja več zgolj oddelek za kontrolo kakovosti, temveč jo lahko izvaja npr. sam delavec, ki izvaja operacijo, ali pa delavec, ki izvaja naslednjo operacijo, oddelek za kontrolo kakovosti pa v celoti prevzame nalogo usposabljanja in pomoči.

- **Odkrivati in odpravljati je treba vzroke slabe kakovosti.** Kakovostnega izdelka ne dobimo s kontrolo kakovosti, temveč z njegovo izdelavo. Vzroki za napake so lahko v neustreznih vhodnih materialih, pomanjkljivi usposobljenosti delavcev, nejasnih postopkih, napakah v opremi in podobno. Izvajalni sistem bomo imeli pod kontrolo in ga tudi izboljševali, če bomo redno odkrivali vzroke slabe kakovosti. Cilj kontrole kakovosti ne sme biti samo odkrivanje napak, temveč je osnovni cilj najti vzroke, ki so pripeljali do napak, in jih odpraviti, da se v prihodnje ne bi ponavljale.
- **Nadaljevati moramo z uvajanjem izboljšav.** Sodobni pristopi managementa kakovosti poudarjajo, da odkrivanje napak in odpravljanje vzrokov zanje ni enkratna dejavnost, temveč stalno ponavljajoči se proces. Ta pristop neprestanega izboljševanja temelji na aktivnem vključevanju vseh zaposlenih v proces izboljšav.

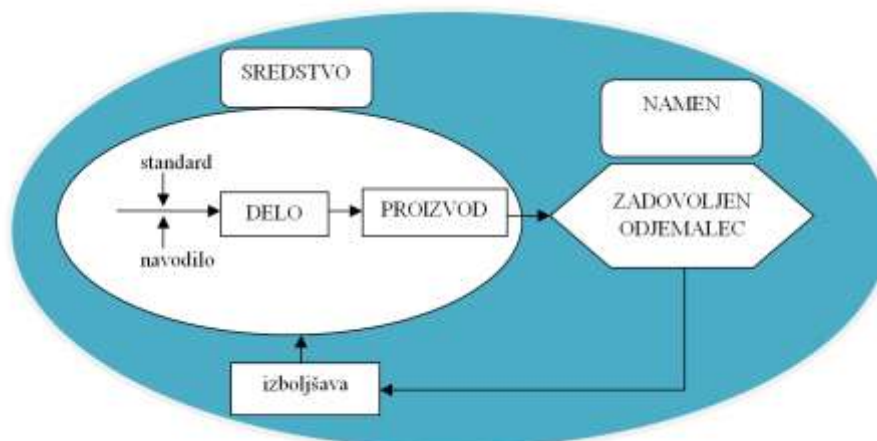
1.2 Načela obvladovanja celovite kakovosti

1.2.1 Načelo osredotočenosti na odjemalce

Organizacija je odvisna od svojih kupcev, zato mora razumeti njihove sedanje in prihodnje potrebe, izpolnjevati njihove zahteve in si prizadevati za preseganje njihovih pričakovanj. Zadovoljstvo odjemalcev, ki se vračajo, povečujejo naročila, širijo krog odjemalcev in ugled, je bistven pogoj za dolgoročen in stabilen razvoj organizacije (Kreže, 2008, str. 106; Marolt & Gomišček, 2005, str. 105; Rusjan, 2013, str. 501).

Koristi, ki jih lahko podjetje pridobi ob primernem upoštevanju tega načela, so večji tržni delež in prihodki kot posledica večje prilagodljivosti in odzivnosti na tržne priložnosti, večja učinkovitost podjetja pri izrabi virov, potrebnih za povečanje zadovoljstva odjemalcev, ter večja lojalnost kupcev (Novak, 2001, str. 13). Načelo usmeritve k odjemalcu ponazarja slika 3.

Slika 3: Načelo usmeritve k odjemalcu

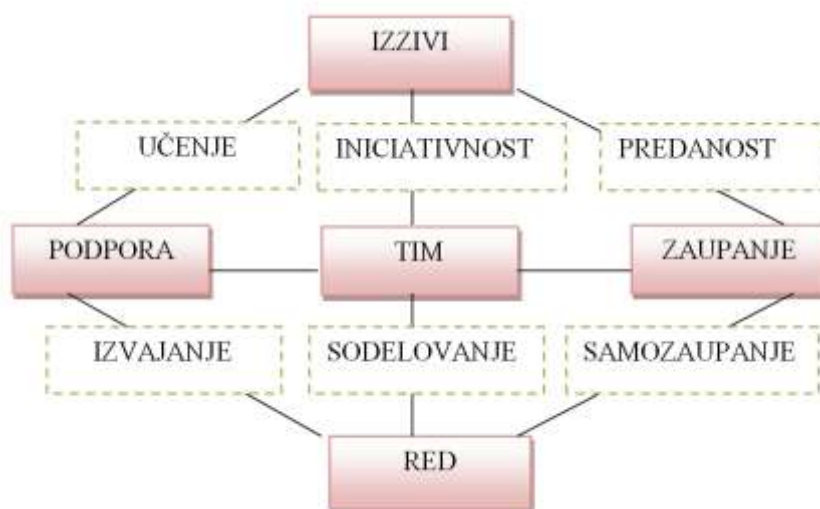


Prirejeno po Kreže (2008, str. 107) in Marolt & Gomišček (2005, str. 64).

1.2.2 Načelo voditeljstva

Vodstvo ima osrednje mesto v strategiji celovitega obvladovanja kakovosti v organizaciji. Vodstvo organizacije mora v okviru strateškega načrtovanja postaviti tudi cilje in politiko kakovosti in aktivno podpirati njihovo doseganje (Harrington, Voehl & Wiggin, 2012, str. 354; Rusjan, 2013, str. 501). Za doseganje uspeha je nujno, da vsi razumejo cilje in zahteve, se z njimi strinjajo in z delom to uresničujejo. Če vodstvo ne more doseči, da bi vsi zaposleni enako razumeli kakovost in si iskreno prizadevali zanjo, potem ni uspeha (Šegelj, Kaker & Urnaut, 1993, str. 78). Nov pristop managementa k zaposlenim je prikazan na sliki 4.

Slika 4: Nova načela managementa



Prirejeno po Kreže (2008, str. 108) in Marolt & Gomišček (2005, str. 94).

Poskrbeti mora tudi za to, da vrednote podjetja odražajo načela kakovosti, in s svojim dejanjem delovati v smeri kakovosti ter dajati zgled vsem zaposlenim (Harrington, Voehl & Wiggin, 2012, str. 354; Rusjan, 2013, str. 501). Vodstvo mora razumeti, kaj je sistem zagotavljanja kakovosti, spoznati mora svojo vlogo v njem in videti, kakšne so prednosti. To je realnost in ne program, ne navdušenje, ne nekaj, kar bomo storili, ker se dobro počutimo. To je nujnost, ki ne pride sama od sebe, to je proces, ki nima svojega konca (Šegelj, Kaker & Urnaut, 1993, str. 78).

Uspešen vodja mora razviti medosebne, tehnične in komunikacijske spretnosti, pomembne pa so tudi ostale sposobnosti, kot so delitev moči, intuicija in sposobnost načina dela. Osnovne veščine uspešnega vodenja so motiviranje, komuniciranje ter izboljševanje in uvajanje sprememb. Ključne koristi, ki jih ob primerni uporabi tega načela organizacije lahko pridobijo, so: zaposleni razumejo namen in cilje organizacije in so motivirani za njihovo doseganje, aktivnosti se določajo in izvajajo enotno, možnosti za nerazumevanje med različnimi funkcijami v organizaciji so manjše (Chowdhury, 2014, str. 9).

1.2.3 Načelo vključenosti zaposlenih

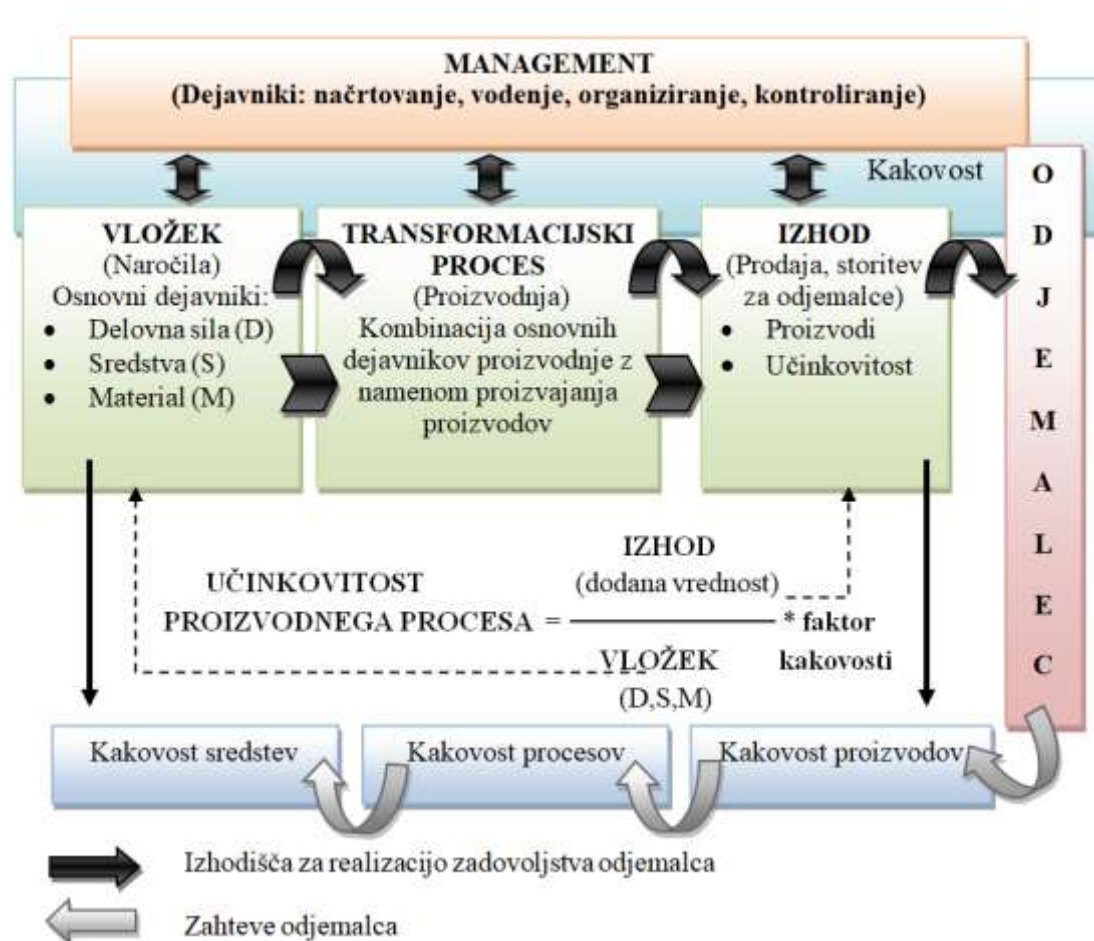
Zaposleni morajo biti odgovorni za izboljšanje procesov, v katerih sodelujejo, in imeti pooblastila za uvajanje sprememb, zato jim je treba zagotoviti ustrezno usposabljanje, za reševanje problemov pa moramo spodbujati tudi timsko delo (Mendes & Jesus, 2018, str. 262; Rusjan, 2013, str. 501). Ključne koristi, ki jih ob primerni uporabi tega načela organizacije lahko pridobijo, so motivirani in predani zaposleni, večja inovativnost in ustvarjalnost pri doseganju ciljev organizacije, odgovornost za lastne dosežke, večja pripravljenost za sodelovanje in nenehno izboljševanje (Harrington, Voehl & Wiggin, 2012, str. 358; Karia & Asaari, 2006, str. 31; Mendes & Jesus, 2018, str. 264). Z okrepljeno motivacijo pospešujemo človekovo ustvarjalnost in tudi ustvarjalnost na področju zagotavljanja kakovosti. Ustvarjalnost je človekova lastnost, ko človek ni zadovoljen z obstoječim, ampak vedno teži k iskanju novih rešitev, poti, sredstev in ciljev (Šegelj, Kaker & Urnaut, 1993, str. 78).

Pot k večji ustvarjalnosti vodi prek izboljševanja pogojev, kot so izobraževanje, kadrovanje in napredovanje, informiranje, stil vodenja, delovne razmere in medsebojni odnosi. Vsak posameznik je lahko odgovoren za kakovost svojega dela le, če so zahteve za njegovo delo dobro definirane, če je za izpolnjevanje zahtev kakovosti pri svojem delu dobro usposobljen, če so dokumentirane tako zahteve za njegovo delo kot tudi njihovo izpolnjevanje, če je za dobro delo motiviran tudi tako, da je dobro informiran. Informacije so bistvenega pomena za vodenje ljudi. Pravica in dolžnost sprejeti informacijo omogočata pravico in možnost izražanja lastnih mnenj in predlogov za izboljšanje (Karia & Asaari, 2006, str. 31–33; Mendes & Jesus, 2018, str. 264–265; Šegelj, Kaker & Urnaut, 1993, str. 78). Kakovost ustvarjajo ljudje, ne pa sistem sam po sebi. Zadovoljne kupce ustvarjajo ljudje in ne izdelki (Hribar & Presterel, 2001, str. 10).

1.2.4 Načelo procesnega pristopa

Načelo procesnega pristopa pravi, da želene rezultate učinkoviteje dosegamo, če aktivnosti in z njimi povezane vire obvladujemo kot proces. Načelo procesnega pristopa omogoča sistematično identifikacijo in vodenje procesov v podjetju, s posebnim poudarkom na njihovi medsebojni povezanosti. Proizvodnja, poseben način izvajanje procesa, pomeni ustvarjanje proizvodov, po katerih obstaja povpraševanje. To pomeni, da ima vložek proizvodnega procesa svojo ceno na trgu, zato dovoljuje uporabo materialnih, človeških in drugih virov ter pokrivanje z njimi povezanih stroškov. Proizvode proizvedemo s pomočjo proizvodnega procesa, ki ga sestavljajo vložek oziroma vstopni viri, transformacijski proces in izhod oziroma izstopni proizvodi, kot je predstavljeno na sliki 5 (Kreže 2008, str. 73; Marolt & Gomišček, 2005, str. 22).

Slika 5: Vpletenost kakovosti v proizvodni sistem



Prerejeno po Nebl & Schroeder (2011, str. 483).

Vsak proizvodni proces je vključen v določeno ekonomsko, tehnološko in družbeno okolje, s katerim je v stalnem medsebojnem odnosu. Proizvodni procesi imajo najpogosteje formalno obliko organizacije. Vsak proizvodni proces mora skrbeti za kakovost svojih proizvodov, zato mora imeti neformalen ali formalen podsistem za kakovost, ki je prav

tako pomemben kot prodajni, nabavni, finančni ali kak drug podsistem. Vsi podsistemi so v medsebojni povezavi in vplivajo drug na drugega. Obvladovanje celovite kakovosti posveča osrednjo pozornost procesom, ker se v procesih ustvarja dodana vrednost in ker so izboljšave procesov glavni vir višje kakovosti, nižjih stroškov in večje produktivnosti. Seveda so pristopi, načini in orodja za izboljševanje procesov zelo specifični in prilagojeni vrsti procesov, zahtevam trga, virom in strukturi organizacije (Kreže, 2008, str. 73; Marolt & Gomišček, 2005, str. 22–23).

Ljudje morajo dobiti povratne informacije o rezultatih svojega dela, saj brez njih ne vedo, kako so delali in kako so prejemniki njihovega dela zadovoljni z njihovim izhodom. Kadar zaposleni ne vedo, kako delajo, tudi ne vedo, ali je treba delo še izboljšati. Organizacija mora na kakovost izdelka ali storitve vedno gledati z dveh stališč, s svojega stališča kot proizvajalec proizvoda in s stališča zadovoljstva odjemalca proizvoda. Uporabnik je edini dokončen rabsodnik o kakovosti proizvoda in s tem posredno vpliva na to, ali bo organizacija v prihodnje imela naročila in delo. Vodstvo skrbno spremlja in meri zadovoljstvo odjemalcev, analizira povratne informacije, ugotavlja priložnosti za nenehno izboljševanje in na tej osnovi proizvode, procese in sistem nenehno izboljšuje. Eden od pomembnih dejavnikov izboljševanja kakovosti je prav analiza sprememb, iz nje pa sledijo ukrepi. Nekatere organizacije se že dolgo zavedajo, kako pomembno je zadovoljstvo njihovih odjemalcev za uspešno poslovanje organizacije (Marolt & Gomišček, 2005, str. 64; Novak, 2001, str. 22; Polajnar, Buchmeister & Leber, 2001, str. 90).

Kot je razvidno iz enačbe (1), je mogoče učinkovitost proizvodnih procesov organizacij izračunati kot kvocient med izhodom in vložkom (Marolt & Gomišček, 2005, str. 77).

$$Učinkovitost\ proizvodnega\ procesa = \frac{Izhod}{Vložek} \quad (1)$$

Vendar se redko upošteva znižanje produktivnosti zaradi slabo opravljenega dela, ki se kaže v obliki neustreznih izdelkov, izmeta, napak in z njimi povezanih popravil, reklamacij (Marolt & Gomišček, 2005, str. 77).

Kot je razvidno iz enačbe (2) je resnična učinkovitost proizvodnega procesa odvisna od kakovosti dela izvajalcev oziroma upravljavcev procesa in jo lahko izrazimo kot (Marolt & Gomišček, 2005, str. 78):

$$Učinkovitost\ proizvodnega\ procesa = \frac{Izhod}{Vložek} \times faktor\ kakovosti \quad (2)$$

Učinkovitost proizvodnega procesa je torej odvisna od tega, kako je določeno delo opravljeno, v tem pa je pravzaprav bistvo kakovosti. Vsak zaposlen je vključen v enega ali več procesov. Nobeno delo ni preveč ali premalo pomembno in ni preveč ali premalo kompleksno, da se ga ne bi dalo definirati kot proces in da ga ne bi bilo možno izboljšati (Marolt & Gomišček, 2005, str. 78).

1.2.5 Načelo sistemskega pristopa k vodenju

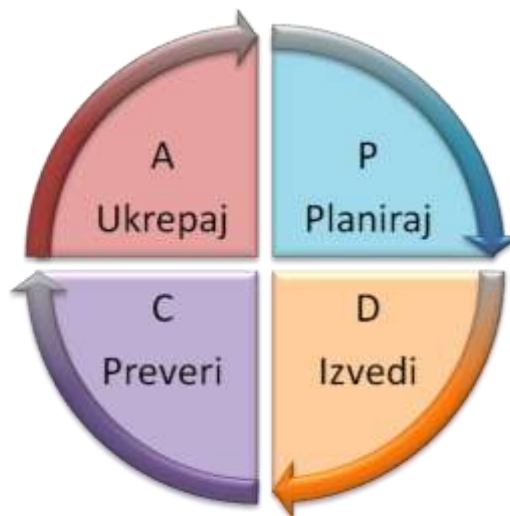
Načelo sistemskega pristopa k vodenju pravi, da prepoznavanje, razumevanje in vodenje medsebojno povezanih procesov kot sistema omogočajo večjo uspešnost organizacij pri doseganju zastavljenih ciljev ter večjo učinkovitost. Ključne koristi, ki jih ob primerni uporabi tega načela organizacije lahko pridobijo, so povezovanje procesov, ki zagotavljajo najboljše rezultate, usmerjanje pozornosti in virov na procese in večje zaupanje zainteresiranih strani v organizacijo (Kreže, 2008, str. 144; Marolt & Gomišček, 2005, str. 106; Novak, 2001, str. 25).

1.2.6 Načelo nenehnega izboljševanja

Za vse procese in proizvode je treba vzpostaviti in izvajati stalno ponavljajoče se procese reševanja problemov. Večina uspešnih organizacij uporablja pristop Demingovega cikla PDCA kot osnovo za proces nenehnega izboljševanja. Ta poudarja cikličnost iskanja in načrtovanja novih rešitev, preizkušanja in preverjanja, ali so rešitve učinkovite tudi v praksi, in ukrepanja, če niso. Demingov cikel PDCA, ki je prikazan na sliki 6, sestoji iz štirih faz (Chowdhury, 2014, str. 6; Harrington, Voehl & Wiggin, 2012, str. 357; Rusjan, 2013, str. 501):

- **Načrtuj** (angl. Plan). Določi cilje in procese, potrebne za doseganje rezultatov v skladu z zahtevami odjemalcev in politiko organizacije.
- **Izvedi** (angl. Do). Izvajaj procese.
- **Preveri** (angl. Check). Nadzoruj in meri procese in proizvode ter poročaj o rezultatih.
- **Ukrepaj** (angl. Act). Ukrepaj tako, da se bosta delovanje in zmogljivost procesa nenehno izboljševala.

Slika 6: Načelo ponavljanja izboljševanja s ciklom PDCA



Prirejeno po Kreže (2008, str. 115) in Marolt & Gomišček (2005, str. 86).

Medtem ko cikel PDCA podaja načelni pristop za razumevanje in reševanje problemov, pa timi pogosteje potrebujejo za reševanje vsakodnevnih problemov podrobnejša navodila. V veliko pomoč pri reševanju konkretnih problemov jim je 7-stopenjski model, ki pa je zasnovan na ciklu PDCA. Ključne naloge in glavna orodja, ki so najbolj priporočljiva v posamezni stopnji, so predstavljena v tabeli 1. Vsaka faza cikla PDCA obsega določeno število stopenj, ki so na levi strani tabele. Vsaka stopnja obsega ključne naloge ter osnovna orodja, ki jih organizacija mora obvladati, da bi razvijala in udejanjila svojo strategijo. Prve štiri stopnje 7-stopenjskega modela v okviru cikla PDCA so faza planiraj (angl. Plan), peta stopnja je faza izvedi (angl. Do), šesta stopnja je faza preverjanja (angl. Check). in sedma stopnja je faza ukrepanja (angl. Act) (Marolt & Gomišček, 2005, str. 93; Shamsuddin & Masjuki, 2003, str. 800).

Tabela 1: 7-stopenjski model za reševanje problema

Stopnja	Ključne naloge	Osnovna orodja
Planiraj (angl. Plan)		
1. stopnja: Izbor problema	Izraziti spremembe v merilih delovanja oziroma poslovanja. Sestaviti in podpreti primeren tim (če ni stalnega tima). Določiti osredotočenost projekta. Napisati izjavo o problemu.	Timsko ustvarjanje idej (angl. Brainstorming), diagram afinitete, evidenčni list, kontrolna karta (angl. Control Chart), histogram, verjetnostne porazdelitve, grafikon medsebojnih odnosov, Paretov diagram (angl. Pareto Chart), matrika prednosti, sposobnost procesa, radarska slika, graf gibanja.
2. stopnja: Opis obravnavanega procesa	Izdelati shemo poteka obstoječega procesa. Preučiti shemo poteka procesa in njegovo delovanje z upravljavci procesa ter notranjimi in zunanjimi odjemalci.	Timsko ustvarjanje idej (angl. Brainstorming), makro shema poteka procesa (angl. Flow Chart), shema poteka procesa navzdol, sinoptik, drevesni diagram.
3. stopnja: Identifikacija in potrditev ključnih vzrokov	Izdelati vzročno-posledični diagram. Pregledati vzročno-posledični diagram. Ugotoviti, če bi več podatkov bolje razjasnilo problem. Ugotoviti ključne vzroke. Potrditi pravilnost o ključnih vzrokih.	Vzročno-posledični diagram (angl. Cause and Effect Diagram – Fishbone Diagram), diagram afinitete, timsko ustvarjanje idej (angl. Brainstorming), evidenčni list, Paretov diagram (angl. Pareto Chart), graf gibanja, analiza vplivov, graf medsebojnih odnosov, določitev razmerij, tehnika vrednotenja, razsevni diagram.
4. stopnja: Določitev izvedljive rešitve in planiranje dejavnosti	Izoblikovati možne rešitve. Razvrstiti možne rešitve. Izbrati najboljšo rešitev. Predvideti možne naloge za dosego rešitve. Izdelati podroben plan aktivnosti.	Mrežni plan dejavnosti, timsko ustvarjanje idej (angl. Brainstorming), shema poteka procesa (angl. Flow Chart), gantogram, določitev razmerij, tehnika vrednotenja, matrični diagram, drevesni diagram, program alternativnih odločitev, matrika prednosti.
Izvedi (angl. Do)		
5. stopnja: Izvedi izbrano rešitev	Upoštevati plan. Redno sestajanje tima, da se izmenjajo informacije o poteku rešitve.	Mrežni plan dejavnosti, shema poteka procesa, gantogram, matrični diagram, graf gibanja, evidenčni list, histogram verjetnostne porazdelitve, kontrolne karte (angl. Control Chart).
Preveri (angl. Check)		
6. stopnja: Preveri in oceni	Preverjanje rezultatov spremembe. Popraviti proces, če je treba. Oceniti skladnost rezultatov s pričakovanji.	Evidenčni list, kontrolne karte (angl. Control Chart), shema poteka procesa (angl. Flow Chart), Paretov diagram (angl. Pareto Chart), graf gibanja.
Ukrepi (angl. Act)		
7. stopnja: Ukrepanje na osnovi rezultatov in razmišljanje o izkušnjah	Standardizacija rešitve. Ocenitev procesa reševanja problema in predlaganje sprememb, če so potrebne. Nadaljevati z opazovanjem procesa in njegovim izboljševanjem.	Diagram afinitete, radarska slika, timsko ustvarjanje idej (angl. Brainstorming).

Prirejeno po Mahadevan (2010, str. 255–259) in Marolt & Gomišček (2005, str. 93).

V prvi stopnji faze načrtovanja mora tim vzpostaviti cilje in procese, ki so potrebni za doseganje rezultatov, v skladu z zahtevami odjemalcev in načeli organizacije. Ta stopnja timu pomaga, da se osredotoči na najpomembnejši problem v izbranem procesu. Tim lahko na osnovi razumevanja procesa tega opiše, prav tako pa navede možnosti in področja izboljševanja. V tej fazi je torej pomembno, da tim razume proces, ki ga želi izboljševati. Podatki za določeno obdobje pomagajo timu, da vidi, ali proces, ki ga preučuje, stagnira, se izboljšuje ali se poslabšuje. Pri tem uporabimo grafikon gibanja, kontrolno karto in diagram Pareto, ki ga uporabimo za določitev največjega problema tako, da identificiramo kategorijo, ki ima največjo frekvenco pojavljanja (Marolt & Gomišček, 2005, str. 402).

V drugi stopnji faze načrtovanja je treba preučiti shemo poteka procesa in njegovega delovanja z lastnikom procesa, njegovimi uporabniki in odjemalci. Da bi tim lahko izvedel to stopnjo, je treba upoštevati povezave in odnose z dobavitelji in s kupci. Vsaka stopnja procesa je odvisna od enega ali več dobaviteljev, ki ponujajo proizvode, materiale, storitve in/ali informacije. Na tej stopnji si tim pomaga z diagramom poteka procesa. Če ta ne obstaja ali je zastarel, ga je treba izdelati na novo oziroma ga prenoviti. Pomembno je, da na proces gledamo kot na sistem povezanih delov in ga tako tudi obravnavamo. Če spremenimo samo en del sistema, bo to vplivalo na delovanje celotnega sistema (Marolt & Gomišček, 2005, str. 404).

V tretji stopnji faze načrtovanja mora tim identificirati možne vzroke in doseči soglasje o ključnem/-ih vzroku/-ih, da bi ga (jih) zmanjšal ali izločil. Vzroki se običajno nanašajo na variacijo, kako se delo izvaja. Variacije lahko nastopijo v materialu, opremi in metodah ali v načinu izvajanja dela posameznikov. Analiza ključnih vzrokov je proces, kjer iščemo vzroke variacij, da bi identificirali ključne vire, ki povzročajo problem. Analiza ključnih vzrokov vključuje kreativno razmišljanje, zbiranje podatkov, analiziranje in objektivno sklepanje (utemeljitev). Tim si v tej fazi pomaga z vzročno-posledičnim diagramom. Ta pomaga kreirati sliko možnih vzrokov problema, razumeti, kako so vzroki povezani, in razmišljati o tem, zakaj in kje nastane problem. Temu sledi izbor ključnega/-ih vzroka/-ov in njegova (njihova) potrditev (Marolt & Gomišček, 2005, str. 406).

V četrti stopnji faze načrtovanja izoblikujemo možne rešitve in jih razvrstimo. Pri tem določimo kriterije za izbor, ki jih bomo uporabili za razvrščanje rešitev. Pomembno je, da pri tem vedno najprej upoštevamo potrebe in zahteve kupca. Na tej stopnji mora tim razviti praktično rešitev in načrt aktivnosti za učinkovito usmeritev na ključni/-e vzrok/-e problema in proizvesti želeni učinek ali izhod. Načrt aktivnosti naj opiše pričakovane rezultate, naloge, ki jih je treba izvesti, čas začetka in čas, ko morajo biti naloge končane, ter imena odgovornih za posamezne naloge. Učinkovita rešitev ima naslednje sestavne dele: aktivnost, ki jo bo izvedel tim za izvedbo, kaj ali s kom bo aktivnost izvedena, kaj bo želeni učinek oziroma korist (Marolt & Gomišček, 2005, str. 408).

V peti stopnji faze izvedbe mora tim izvesti načrtovane aktivnosti v skladu z izbrano rešitvijo. Na tej stopnji tim sledi načrtu aktivnosti za rešitev problema ali izboljšanje

procesa. Vodje so odgovorni za zagotovitev virov, ki so potrebni za izvedbo načrta aktivnosti. Tim mora nadzorovati in dokumentirati izvajanje načrta ter tudi kakršnekoli neskladnosti, ki bi nastopile med izvajanjem. Nadalje je treba meriti rezultate uvedene rešitve v primerjavi z načrtom. Ko je določen cilj v načrtu dosežen, je treba o tem obvestiti vse člane tima in druge v organizaciji, ki morajo biti s tem seznanjeni. Vodje morajo poskrbeti za odstranitev morebitnih ovir, ki bi lahko ovirale napredovanje izvajanja načrta. Prav tako morajo vodje pomagati članom tima, da ostanejo osredotočeni in motivirani ter imajo podporo. Tim se mora redno sestajati, da bi pregledal in informiral vodstvo in druge o napredovanju, zamudah in potrebnih spremembah (Marolt & Gomišček, 2005, str. 410).

V šesti stopnji faze preverjanja nadzorujemo in merimo procese in proizvode glede načel, ciljev in zahtev za proizvod. Kvantitativno in analitično (z rezultati) je treba potrditi, da je načrtovana izboljšava dosežena. O rezultatih je treba poročati. Informacije, ki jih je tim zbral, nadalje uporabimo za prilagoditev procesa. Pri tem je treba ustrezno popraviti diagram poteka procesa. Prav tako se lahko tim odloči za uvedbo oziroma vzpostavitve novih meril za nadzor procesa. Če proces dobro deluje, se lahko tim odloči za zmanjšanje pogostosti merjenj, kar lahko vodi k stroškovnim prihrankom. Ko je rešitev oziroma izboljšava ustrezna, jo standardiziramo. To zagotavlja, da se izboljšave procesa izvajajo stalno. O spremembi je treba informirati vse, ki jih sprememba oziroma izboljšava zadeva. To pomeni, da moramo o spremembi komunicirati tako z dobavitelji in kupci kot tudi z drugimi, ki delajo v tem procesu. Prav tako je pomembna komunikacija o spremembi z drugimi funkcijskimi področji (Marolt & Gomišček, 2005, str. 412).

Sedma stopnja faza ukrepanja pomaga timu, da se nauči iz izkušenj, ki si jih je pridobil s procesom reševanja problema, ter pomaga identificirati naslednje možnosti izboljševanja. Pomembno je, da ocenimo proces reševanja problema, ki ga je tim uporabil, in dosežene rezultate ter predlagamo spremembe, če je to potrebno. Če tim naredi pregled in oceno procesa reševanja problema, se lahko izogne dragim napakam v prihodnosti in razvije bolj produktivne poti delovanja. Nadaljevati moramo z izboljševanjem procesa, kjer je treba, in ga standardizirati, kjer je možno (Marolt & Gomišček, 2005, str. 414).

1.2.7 Načelo odločanja na podlagi dejstev

Načelo odločanja na podlagi dejstev pravi, da učinkovite odločitve temeljijo na analizi podatkov in drugih informacij. Ključne koristi, ki jih ob primerni uporabi tega načela organizacije lahko pridobijo, so pravočasne, utemeljene in pravilne odločitve, večja sposobnost potrjevanja učinkovitosti preteklih odločitev na osnovi dokazil o dejanskem stanju ter večja sposobnost za kritično presojo in po potrebi spreminjaje mnenj in odločitev (Kreže, 2008, str. 116–117; Novak, 2001, str. 28–29).

1.2.8 Načelo vzajemno koristnih odnosov z dobavitelji

Vzajemno koristni odnosi povečujejo sposobnost organizacije in njenih dobaviteljev za ustvarjanje vrednosti. Ključne koristi, ki jih ob primerni uporabi tega načela organizacije lahko pridobijo, so večje možnosti za ustvarjanje vrednosti za vse, večja skupna prilagodljivost in odzivnost na spremenjene tržne razmere in zahteve ter pričakovanja odjemalcev pa tudi optimizacija virov in stroškov (Kreže, 2008, str. 117; Novak, 2001, str. 29).

2 PREDSTAVITEV PODJETJA ACRONI

2.1 Zgodovina in razvoj podjetja

Podjetje Acroni je nastalo iz predhodnega ploščatega programa Železarne Jesenice, ki je spomladi 1992 ustanovila naslednja podjetja: Acroni metalurgija, Fiprom, Seiko, Energetika, Transport, Hrast in Metalurški inženiring, ki so delovala kot samostojni profitni centri. S sklepom Vlade Republike Slovenije in uprave slovenskih jeklarn pa se je podjetje Acroni 23. decembra 1992 tudi uradno vpisalo v sodni register kot podjetje z omejeno odgovornostjo (Ažman, 2002, str. 7).

Sledili sta selitev z Jesenic na Koroško Belo in reorganizacija. Iz Hladne valjarne Jesenice se je formiral Steel center kot samostojna družba, Vroča valjarna in Predelava debele pločevine sta se organizirali kot en stroškovni center, celotna prodajna funkcija in nabava strateških surovin in energije pa se je organizirala v okviru holdinga skupine SIJ. Podjetje Acroni je danes največji proizvajalec jekla v Sloveniji (Ažman, 2002, str. 7).

Današnja proizvodnja in razvoj Acronija sta usmerjena predvsem v elektro pločevine z majhnimi vatnimi izgubami, debelo pločevino in nerjavna jekla. Proizvodnja v podjetju Acroni temelji na reciklaži, kar ob nenehni skrbi za okolje prispeva k trajnostnemu razvoju regije. Podjetje Acroni letno proizvede okoli 300 tisoč ton jekla, njegova vizija pa je neprestano izpopolnjevanje obstoječih izdelkov in razvoj novih (Polanc, 2011).

Pri razvoju in proizvodnji izdelkov se ohranja ekološko ravnovesje v skladu z ekološkimi standardi. Tako neprestano uvajajo nove tehnološke postopke, ki čim manj obremenjujejo okolje ter čim manj vplivajo na varnost in zdravje zaposlenih. Zaradi zahtev po večji prijaznosti do okolja, daljši življenjski dobi in visoki temperaturni korozijski odpornosti so skupaj s partnerji razvili povsem novo družino specialnih feritnih ognjevzdržnih nerjavnih jekel (Polanc, 2011).

V podjetju Acroni je zaposlenih več kot 1.000 delavcev in je tako ključni zaposlovalec na Gorenjskem, saj na Jesenicah zaposluje 18,2 % vseh delovno aktivnih prebivalcev. Zaradi narave dela oziroma metalurške dejavnosti je večina zaposlenih moške populacije. Največ zaposlenih (več kot polovica) ima srednjo izobrazbo, povprečna starost pa je nekaj čez

štirideset let. Čeprav so različnih profilov in razporejeni na 1000 m² površin, kjer delo poteka 24 ur na dan in 7 dni v tednu, delujejo kot homogena in enotna ekipa (Polanc, 2011).

Vsi zaposleni so aktivno vključeni v proces kontinuiranih izboljšav na osnovi usmeritve podjetja in potreb njihovih odjemalcev. Pri razvoju novih izdelkov v Acroniju sodelujejo tudi s kupci in končnimi uporabniki teh izdelkov. Tako spoznavajo njihove potrebe in krepijo lastne razvojne potenciale (Polanc, 2011). Organizacijsko strukturo skupine SIJ prikazujem v prilogi 1, v prilogi 2 pa je prikazana organizacijska struktura podjetja Acroni. Upravna stavba podjetja Acroni in raziskovalni oddelek Jeklarna sta prikazana na sliki 7.

Slika 7: Uprava podjetja Acroni in raziskovalni oddelek Jeklarna



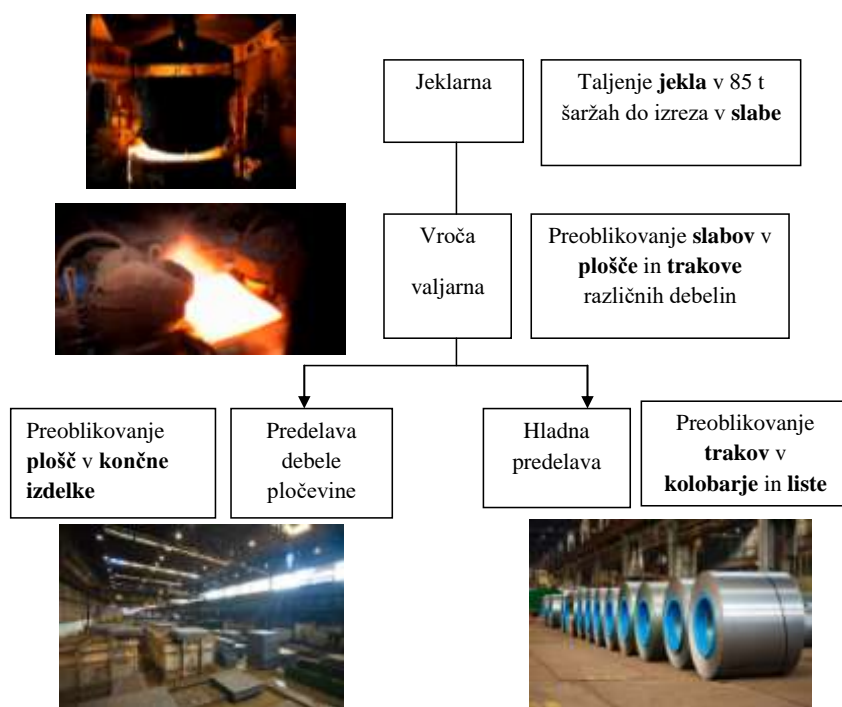
Vir: Acroni (2009, str. 16).

2.2 Proizvodni proces in končni proizvodi podjetja

Proizvodnja v podjetju Acroni poteka v štirih samostojnih obratih: Jeklarna, Vroča valjarna, Hladna predelava in Predelava debele pločevine (Triplat, 2010, str. 34). Jeklo se proizvaja na dva načina, in sicer prvotno iz železove rude, ki ji odstranijo nečistoče, kot so žveplo, fosfor, ogljik, če presegajo določeno mejo vsebnosti. Dodajo pa se nekateri legirni elementi: mangan, krom, vanadij ter nikelj, ki so potrebni za določeno kakovost jekla (Plešivčnik, 2009, str. 5).

Drugi način proizvodnje jekla je ponovna uporaba starega železa, ki se lahko sekundarno uporabi, pretopi ter postane zopet novo jeklo. Vsekakor je pri tej proizvodnji potreben tudi delček prvotne železove rude, kajti ta vsebuje druge elemente in spojine za kasnejšo obdelavo. Polovica izdelanega jekla na svetu nastane prav s ponovno uporabo starega železa, saj se lahko jeklo iz starega železa v celoti obnovi, ne da bi se pri tem poslabšala njegova kakovost (Plešivčnik, 2009, str. 5). Ključne jeklene proizvode iz omenjenih obratov prikazujem na sliki 8.

Slika 8: Ključni jekleni proizvodi v štirih obratih



Prirjeno po Krošl (2008, str. 11).

V prodajnem programu podjetja Acroni so debela pločevina ter hladno in toplo valjani trakovi iz različnih vrst jekel (Acroni, 2012, str. 10–24; Triplat, 2000, str. 8):

- **Nerjavna ali nerjaveča jekla** predstavljajo skupino korozijsko obstojnih jekel, ki vsebujejo minimalno 10,5 % kroma in se največ uporabljajo v petrokemični industriji, za električne centrale, v ladjedelnstvu, v papirni in jedrski industriji. Tehnološki postopek zajema taljenje in redukcijo v talilni peči, odstranjevanje ogljika s pomočjo oksidacije, redukcijo in rafinacijo jekla v vakuumski napravi ter odlivanje na napravi kontinuirano ulivanje. V Acroniju so proizvodnjo usmerili na tri glavne skupine nerjavnih jekel: feritna nerjavna jekla, njihova glavna prednost je odpornost proti napetostnemu korozijskemu pokanju in atmosferski koroziji; duplex nerjavna jekla, ki imajo zelo dobre mehanske lastnosti, zlasti napetost tečenja in trdnost, in avstenitna nerjavna jekla, ki so od vseh nerjavnih jekel najbolj razširjena, odlikuje jih izredno dobra žilavost.
- **Elektro pločevine** se proizvajajo v obliki trakov in plošč. Elektro pločevina je lahko izolirana ali neizolirana in se uporablja za proizvodnjo različnih motorjev v avtomobilski industriji, proizvodnji bele tehnike in energetiki. Brez uporabe elektro pločevin bi bila proizvodnja, pretvorba, distribucija in uporaba električne energije negospodarna. Glavne skupine elektro pločevine v Acroniju so dinam (hladno gotove elektro pločevine), permag FP (hladno valjane visokopermeabilne gotove elektro pločevine) in permag SP (visokopermeabilne polgotove elektro pločevine).

- **Konstruktivna jekla** so namenjena za izdelavo različnih konstrukcij in strojnih delov, kot na primer za izdelavo tovarniške hale, mostov, delov kmetijske mehanizacije. V tehnološkem postopku posvečajo pozornost predvsem zmanjšanju vsebnosti plinov, vsebnosti kisika, izboljšanju homogenosti in kakovosti površine slabov. Zaradi navedenih vzrokov se vsa konstruktivna jekla tudi vakuumsko obdelajo.
- **Specialna jekla** se ne razlikujejo le po sestavi in tehnologiji predelave, ampak tudi po namenu in vrsti uporabe. Vanje je vgrajeno veliko specialnega znanja in izkušenj domačih strokovnjakov.
- **Visokotrdnostna jekla** so tako imenovana poboljšana jekla (angl. quenched & tempered), kar pomeni, da se po kaljenju jeklo popušča pri točno določeni temperaturi. Uporabljajo se za dele zahtevnih konstrukcij, kjer se zahteva velika napetost tečenja, maksimalna trdnost, dobra žilavost ter dobra varivost ob čim manjši teži konstrukcije. To so nosilne konstrukcije stavb, zahtevni cevovodi (naftovodi), žerjavi z veliko nosilnostjo. Poleg tega se uporabljajo tudi v ladjedelništvu in naftni industriji (rezervoarji).
- **Ogljikova jekla** so jekla z vsebnostjo od 0,22 % pa do 0,75 % ogljika. Po toplotni obdelavi oziroma kaljenju in popuščanju dobijo ti izdelki visoko trdnost in trdoto, imajo pa tudi ustrezno žilavost in raztezek ter so dobro odporna proti obrabi. Po namenu uporabe pa jih delimo na jekla za poboljšanje, jekla za vzmeti in jekla za cementacijo.

3 OBVLADOVANJE CELOVITE KAKOVOSTI PROIZVODNJE JEKLA V OBRATU JEKLARNA

Obvladovanje celovite kakovosti proizvodnje jekla v podjetju Acroni bo osredotočeno na glavne sklope izdelave jekla v Jeklarni, od koder so zajeti podatki za izvedbo empirične analize, kjer je namen analizirati človeške dejavnike vpliva na kritičnih točkah v procesu. Sodobna jeklarska oprema v podjetju Acroni omogoča jeklarjem izdelavo najkakovostnejših jekel le, če lahko jeklarji vodijo proces izdelave jekla (Gabrovšek & Jezeršek, 1967, str. 117).

To lahko dosežejo le z dobrim razumevanjem vseh proizvodnih procesov, nadziranjem in upravljanjem proizvodnih oken, zagotavljanjem stabilnosti procesov, z nenehnim nadzorom kakovosti, zagotavljanjem proizvodnje brez napak in s takojšnjim zaznavanjem morebitnih anomalij pri proizvodnji. Poleg nadzora vseh procesnih korakov morajo jeklarji poznati vplive in posledice vsebnosti kemijskih elementov (Inden, brez datuma; Kosmač, 2008, str. 18).

Kemijska sestava jekel bistveno vpliva na mehanske lastnosti jekla in na njegovo obnašanje med toplotno obdelavo. V sekundarnem proizvodnem procesu izdelave jekla morajo jeklarji nekatere kemijske elemente v jeklo dodati, druge pa odstraniti, da na ta način dosežejo željeno sestavo in lastnosti jekla. V procesu je treba zelo točno in skrbno

spremljati temperaturo taline in delež nekovinskih vključkov (Kosmač, 2008, str. 18; Rodič, Žvokelj, Legat & Krivec, 1992, str. 53–54).

S pravilnim vodenjem in upravljanjem avtomatiziranega procesa izdelave jekla in s skrbnim nadzorom kemijskih elementov, temperature in deleža nekovinskih vključkov v talini lahko jeklarji učinkovito izkoristijo vse možnosti računalniško vodenih tehnologij v proizvodnji jekla in s tem zagotovijo kakovostno jeklo. Nove možnosti v tehnologiji, ki so v proizvodnji jekla dane, lahko ob zanemarjanju celovitih sistemov zagotavljanja kakovosti ostanejo neizkoriščene ali pa celo privedejo do padanja kakovosti (Rodič, Žvokelj, Legat & Krivec, 1992, str. 53–54).

3.1 Obrat Jeklarna

Izdelava jekla v Jeklarni zajema štiri glavne sklope: pripravo vložnih surovin, pretaljevanje kovinskega vložka in razfosforenje v elektroobložni peči, vakuumsko in ponovno metalurgijo in ulivanje taline na kontinuirani napravi, kar nam shematsko prikazuje slika 9. Kot surovina za izdelavo jekla se uporablja legirano in nelegirano staro železo. Delno je izvor slovenski trg, delno pa to surovino dobijo na zunanjem trgu (Fornezzi, 2015, str. 10; Klinar, 2009, str. 30).

Slika 9: Tehnološka pot izdelave in litje jekla v Jeklarni



Vir: Fornezzi (2015, str. 10) in Klinar (2009, str. 30).

Poleg starega železa, ki je odpadna surovina za 100-odstotno reciklažo, se uporabljajo še kovinski legirni dodatki, kot so ferosilicij, feromangan, aluminij, ferokrom, nikelj,

feromolibden, ferotitan in mnogi drugi, od katerih se v Sloveniji delno proizvajata le ferokrom in ferosilicij, ostalo pa je uvoz. Poleg kovinskih dodatkov je zelo pomembna surovina apno, ki omogoča tvorbo prave žindre, brez katere jekla ni možno izdelati (Triplat, 2000, str. 8).

Osnovni agregat je elektroobložna peč (angl. Electric Arc Furnace – EOP). Električna energija se na mestu med grafitnimi elektrodami in vložkom pretvarja v obložni plamen, ki zaradi svoje visoke temperature (približno 6000 °C) tali staro železo in vložek. Peč je namenjena taljenju vložka, segrevanju taline, odstranitvi odvečnega ogljika in fosforja. Postopek vakuumske obdelave jekla (angl. Vacuum Oxygen Decarburisation – VOD) in obdelave jekla s ponovno pečjo (angl. Ladle Facility – LF) je del procesa sekundarne izdelave jekla. Najpomembnejši procesi v sekundarni metalurgiji so dezoksidacija, razogljichenje, razžveplanje in razplinjenje (odstranjevanje vodika in dušika iz taline) (Arh in drugi, 1988, str. 59).

Ulivanje na kontinuirani napravi (angl. Continuous casting – KL) poteka tako, da jeklo, ko je obdelano na oddelku sekundarne metalurgije (postopka VOD in LF), iz livne ponovce priteče v vmesno ponovco (ta služi pri sekvenčnem ulivanju za zagotavljanje zadostne količine jekla med menjavo livne ponovce), iz vmesne ponovce pa v kokilo, ki je srce livne naprave. Najprej odrežejo začetek žile (glavo), nato sledi razrez slabov po programu, na koncu pa odrežejo še nogo. Izplen kontinuirane naprave je teža tekočega jekla v livni ponovci, zmanjšana za vse odrezke (glava, noga, rezi, vzorec) ter ostanek jekla v vmesni ponovci. V tej fazi se konča proizvodna faza v obratu Jeklarna, končni produkt obrata pa je jekleni polizdelek – slab (Šubelj, 2006, str. 11).

3.1.1 Področje taljenja oziroma primarni del proizvodnje

Delo elektroobložne peči sloni na reciklaži jeklenega odpadka, ki mu dodajajo tudi omejeno količino drugih elementov, da bi dosegli zeleno kemijsko sestavo. Predelava jekla v elektroobložni peči zahteva velike količine jeklenega odpadka. Jekleni odpadek, ki ga uporabljajo, lahko razdelimo v dve glavni skupini: trgovski jekleni odpadek in notranji povratek. Trgovski jekleni odpadek sestavljajo različne vrste odpadnega starega železa, ki so na trgu. Kot je razvidno iz tabele 2, jekleni odpadek delimo glede na (Kosmač, 2007a, str. 6):

- kemijsko sestavo jekla, malolegirano jeklo ali nerjavno jeklo (legirani jekleni odpadek);
- delež elementov, ki so v jeklu kot nečistoče, tj. fosfor, baker;
- velikost in obliko;
- homogenost, tj. odstopanje posameznih lastnosti glede na zahteve.

Tabela 2: Klasifikacija odpadkov glede na karakteristike

Črna metalurgija	Barvne kovine
<ul style="list-style-type: none"> – Staro železo: pločevina, ostružki, jeklo – Gradbene konstrukcije – Kosovni odpadki iz železa – Odsluženi delovni stroji – Orodja 	<p>Kot dodatek za pridobitev visokokakovostnih jekel.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Baker – Medenina – Aluminij – Cink – Odpadna embalaža
	

Prirejeno po Triplat (2010, str. 16).

Visokokakovostni jekleni odpadki imajo majhen delež elementov, ki so v jeklu kot nečistoče, velikost kosov pa je skrbno nadzorovana. Tak jekleni odpadki so posebej pripravljani z mehanskim rezanjem in so tudi najdražji. Glede na lastnosti so jekleni odpadki razvrščeni v razrede. Standardizacija različnih vrst pospešuje in olajšuje trgovanje med trgovci in jeklarskimi podjetji (Kosmač, 2007a, str. 6).

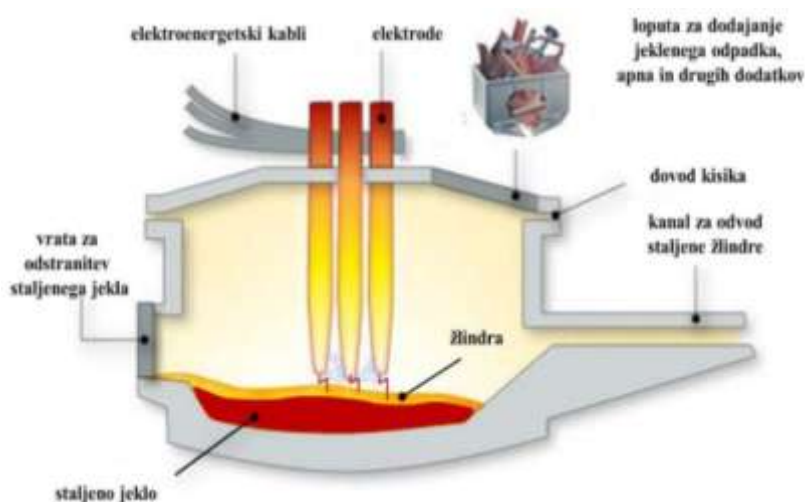
Notranji povratek izvira iz različnih procesov v predelavi jekla in je del materiala, ki odpade v proizvodnem procesu. V večini procesov nekaj odstotkov materiala izgubijo zaradi različnih vzrokov, kot so na primer odrez začetnih in končnih delov trakov ali plošč, obrezovanje robov, napake na proizvodih in podobno. Količina notranjega povratka je odvisna od vrste in števila procesnih stopenj v proizvodnji. Delež notranjega povratka se odraža v celotnem izkoristku (Kosmač, 2007a, str. 6).

Jekleni odpadki so kovinski vložki, ki jih zlagajo v elektroobložni peči. Poleg kovinskega vložka pa je treba dodajati tudi nekovinski vložek. Najpomembnejši sestavini nekovinskega vložka sta koks kot vir ogljika za potek kemijskih reakcij in apno, ki ga potrebujejo za tvorbo žilindrov. V Jeklarni se zahteva natančna kontrola jeklenega odpadka. Prva kontrola se izvaja že pred transportom v Jeklarno, in to glede na velikost in obliko jeklarskega odpadka, radioaktivnost materiala in kemijske sestavine naključno izbranih kosov (Kosmač, 2007a, str. 6).

3.1.2 Elektroobložna peč

Če odštejemo pripravo vložka, ki je izredno pomembna, je talilna peč prvi agregat v tehnološko-proizvodni verigi Jeklarne, ko iz starega železa pridobijo končni proizvod Jeklarne, to je slab za nadaljnjo predelavo. Elektroobložna peč je agregat, v katerem potekajo taljenje vložka, oksidacija oziroma razogljichenje, odfosforenje in ogretje taline na ustrezno temperaturo za nadaljnjo obdelavo na vakuumski napravi oziroma ponovčni peči (Prešeren, 2000, str. 9). Shematski prikaz elektroobložne peči je prikazan na sliki 10.

Slika 10: Presek elektroobložne peči



Vir: Jurjavčič & Cotič (2012, str. 40).

V elektroobložni peči raztalijo staro jeklo, ki ga na ta način reciklirajo in iz njega naredijo novo jeklo. Elektroobložno peč z jeklenim odpadkom polnijo z vrha peči. Za zakladanje se uporabljajo zakladalne košare. Ko je peč polna, se namesti pokrov peči in tri grafitne elektrode se vertikalno pomaknejo proti jeklenemu odpadku. Ob stiku se električna energija pretvori v toploto, saj med elektrodami in jeklenim odpadkom nastane električni oblok (Kosmač, 2007b, str. 9).

S taljenjem jeklenega odpadka se na dnu peči nabira tekoče jeklo. Potem ko je založena prva košara, računalnik po posebnem programu vodi taljenje v peči. Računalnik izračuna za težo posamezne košare potrebno količino energije in da signal, preden je ta energija porabljena, da pripravijo naslednjo košaro za zakladanje. Ko je izračunana energija porabljena, dvigne elektrode in odpre obok (Arh in drugi, 1988, str. 73).

S taljenjem se zmanjšuje volumen jeklenega odpadka v elektroobložni peči, zato se morajo navzdol pomikati tudi elektrode, kar zagotovijo z nastavljanjem položaja elektrodnih ram. Ko je del jeklenega odpadka raztaljen in je znotraj peči zopet dovolj prostora, se delovanje peči prekine, odpre se pokrov peči in vanjo se založi nova količina jeklenega odpadka. Najpogosteje se za izdelavo ene šarže jekla uporabljata dve zakladalni košari z jeklenim odpadkom ali pa so potrebne tri košare (Kosmač, 2007b, str. 9).

Ko je taljenje končano, to je po prvi meritvi temperature, računalnik sam preklopi v fazo rafinacije in vodi segrevanje taline do zelene prebodne temperature. Pri taljenju si jeklarji z računalniško vodeno tehnologijo pomagajo z vpihovanjem kisika, predvsem za rezanje ostankov starega železa ob vratih. Potem ko je raztaljeno z vpihovanjem ogljika v žlindro, skrbijo za tvorjenje peneče žlindre (Arh in drugi, 1988, str. 73).

Za delo v elektroobločni peči je pomembno, da jeklarji nastavijo pravilno vsebnost ogljika pri tistih vrstah jekla, ki jih v vakuumu razogljijo, ter parameter segrevanja taline nastavijo na pravilno temperaturo. Z električno energijo se generirata električni oblok in toplota, ki povzročita dvig temperature v peči do 1600 °C. Jekleni odpadki se stali, na dnu peči pa se nabira talina vročega tekočega jekla (Arh in drugi, 1988, str. 73).

Zaradi manjše gostote od raztaljenega jekla se na njegovi površini tvori plast nečistoč, ki jim pravijo žindra. Po zaključenem postopku izdelave šarže v elektroobločni peči se tekoče jeklo nadalje obdela s postopki sekundarne metalurgije, žindra pa se izlije iz peči, kjer se talina prične strjevati. Na eno tono pridobljenega jekla tako nastane od 120 do 150 kg žlindre (Jurjavčič & Cotič, 2012, str. 41).

3.1.3 Obdelava jekla v ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika oziroma sekundarni del proizvodnje

Obdelava jekla v ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika je najpomembnejši del izdelave jekla. Raztaljeno jeklo delovodje obdelajo v ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika ali napravi za vakuumsko razplinjanje. Tu potekajo zelo pomembni procesi dezoksidacije, razogljčenja, razžveplanja, čiščenja taline nekovinskih vključkov ter izdelava predpisane kemične sestave (Arh in drugi, 1988, str. 74; Polanc, 2011).

Na ponovni peči se izvedejo dezoksidacija, legiranje in ogrevanje na temperaturi za vakuumsko razplinjanje oziroma ohlajanje na temperaturi dviga na kotliv. Pri ponovni metalurgiji mora delovodja ponovne peči preveriti kemično sestavo, odstraniti neželene elemente, kot so vodik (H), dušik (N), fosfor (P), kisik (O), zmanjšati število vključkov ter nastaviti natančno temperaturo in kemično sestavo taline. Delovodja ponovne peči na potopno sondo namesti termoelement in tako opravi kontrolo temperature taline (Arh, 1988, str. 59–60).

Delovodja na napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika preveri, ali rezultati kemične analize ustrezajo zahtevanim, in se na osnovi tega odloči o potrebnih dodatkih, o potrebni količini kisika za oksidacijo, o zaključku obdelave oziroma, če rezultati ne ustrezajo, o nadomestni šarži ali drugih možnih rešitvah. Končna faza vsake sekundarne obdelave jekla v ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika je nastavitvev pravilne temperature, ki jo opravi delovodja pred ulivanjem (Arh in drugi, 1988, str. 74; Polanc, 2011).

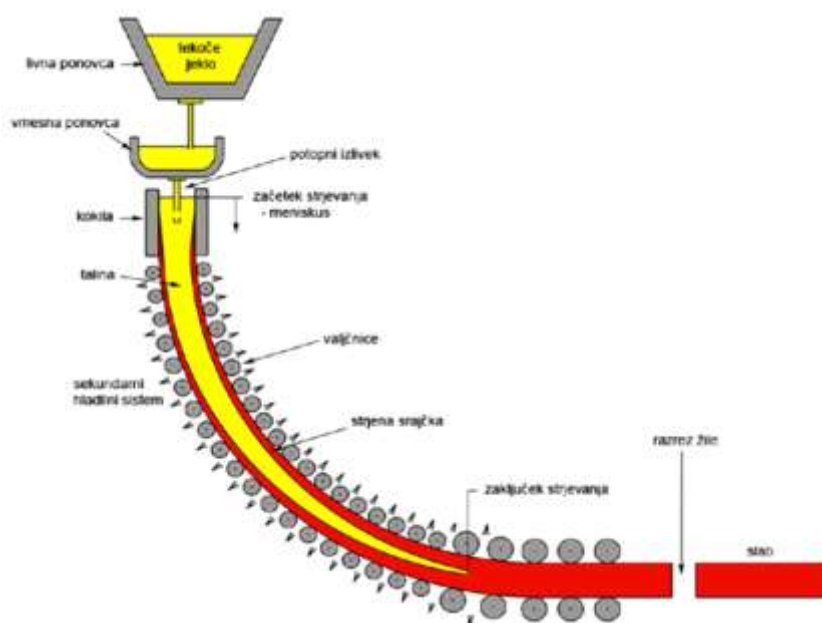
Temperaturo taline delovodja pri sekundarnem delu proizvodnje meri ves čas izdelave od raztalitve do dviga na napravo za kontinuirano ulivanje jekla. Da bi delovodje sekundarni del proizvodnje jekla lahko pravilno vodili in obvladali, je treba vzeti naslednje minimalno število vzorcev jekla za kemično analizo: sekundarna obdelava na ponovčni peči (po petminutni homogenizaciji, po legiranju, pred dvigom ponovce na kontiliv) in sekundarna obdelava na vakuumski napravi (po končani degazaciji, ki je lahko tudi vzorec za končno analizo) (Acroni, 2010, str. 3).

Pri izdelavi nerjavnih vrst jekel mora delovodja pri sekundarnem delu proizvodnje jekla poleg kemijske ustreznosti kontrolirati še, ali vrednost delta ferita ustreza zahtevam, ki so predpisane v katalogu jekel. Previsoko vsebnost uravnava z dodatki avstenitotvornih elementov, prenizko pa z dodatki feritotvornih elementov (Acroni, 2000, str. 4). Kontrolno pot procesa primarne in sekundarne izdelave jekla prikazujem v prilogi 3, v prilogi 4 pa strukturo službe kontrole kakovosti.

3.1.4 Ulivanje na kontinuirani livni napravi

Osnovni princip procesa kontinuiranega ulivanja jekla, ki je prikazan na sliki 11, temelji na ulivanju tekočega jekla v vodno hlajeno bakreno kokilo, kjer se na stenah kokile začne proces strjevanja jekla. Ulivanje na livni napravi, poteka tako, da jeklo, ko je obdelano na oddelku sekundarne metalurgije, iz livne ponovce priteče v vmesno ponovco (ta služi pri sekvenčnem ulivanju za zagotavljanje zadostne količine jekla med menjavo livne ponovce), iz vmesne ponovce pa v kokilo, ki je srce livne naprave (Bradaškja, 2009, str. 24; Šubelj, 2006, str. 11).

Slika 11: Presek kontinuirane livne naprave



Vir: Bradaškja (2009, str. 24).

Delovodje kontinuirane livne naprave jeklo med ulivanjem zaščitijo pred škodljivim vplivom kisika iz zraka na celotni tehnološki poti ulivanja. Površino taline v kokili delovodje pokrijejo z livnim prahom, ki se tam raztopi, ob vsakem nihaju kokile pa del tekoče žindre steče v vmesni prostor med bakrene stene in žilo ter preprečuje lepljenje jekla na bakrene stene. Tekoča žindra v vmesnem prostoru med bakrenimi ploščami in žilo se uporablja za kontrolo pretoka toplote, na površini taline pa ščiti jeklo pred toplotnimi izgubami in sprejema vključke, ki priplavajo na površino (Bradaškja, 2009, str. 24; Šubej, 2008, str. 30).

Ko žila zapusti kokilo, jo delovodje vodijo med valji segmentov livnega loka, ob izhodu jo izravnajo in nato razrežejo. Znotraj livnega loka, ki je v hladilni komori, delovodje žilo ohlajajo z vodo prek hladilnih šob tako, da kontrolirajo temperaturni profil žil. Mesto zaključka strjevanja je odvisno od hitrosti, temperature in dimenzije (debeline) ulivanja, vrste jekla (snovnih lastnosti) ter razmer ohlajanja. Kontinuirano ulivanje je povezovalni proces med proizvodnjo jekla in nadaljnjo predelavo. Na livni napravi je jeklo zadnjič v tekoči obliki, nato pa mu kokila določi obliko, ki je lahko kvadratna, okrogla ali pravokotna (Šubej, 2008, str. 29–30).

Kontinuirano ulivanje jim omogoča ulivanje slabov do širine 2060 mm, debeline 200 ali 250 mm ter poljubne dolžine, ki jih je treba pred valjanjem ponovno segreti na temperaturo 1300 °C v potisni peči (Polanc, 2011). V kontinuirani livni napravi so naslednji procesni parametri: sestava taline, format slaba, temperatura ulivanja, hitrost ulivanja, raven taline v kokili, frekvenca nihanja kokile, livni prašek, pretoki vsake izmed štirih stranic kokile, vstopna temperatura hladila primarnega ohlajevalnega sistema, pretoki prh dvanajstih sekundarnih ohlajevalnih sistemov in vstopna temperatura hladila sekundarnega ohlajevalnega sistema (Filipič & Šarler, 1997, str. 393).

3.2 Vpliv človeškega dejavnika na kakovost jeklenih polizdelkov – slabov

Tudi najmodernejše proizvodne dvorane z dragimi stroji in napravami so samo skupki konstrukcij, opek, jekla in elektronske opreme, še tako sofisticirane organizacijske strukture so samo mrtva črka na papirju. Življenje v njih prebudi šele človek in ko se z njimi zlije v enoten proizvodni sistem, zaživijo v polnem razmahu (Novšak, 2002, str. 3). Znana resnica, vendar mnogo premalokrat navedena, je, da je 80 % uspeha podjetja odvisnega od zaposlenih in le 20 % od opreme (Triplat, 2000, str. 8). Postopki sekundarne metalurgije so zagotovo med najpomembnejšimi in tudi najzahtevnejšimi postopki v procesu izdelave jekla. Tu se jeklo naredi, saj s postopki sekundarne metalurgije delovodje določijo lastnosti jekla (Kosmač, 2008, str. 18).

Postopki sekundarne metalurgije pomenijo kritično proizvodno fazo v proizvodnji jekla med primarnim procesom, ki ga predstavlja elektroobločna peč, in ulivanjem na kontinuirani napravi. V Acroniju spadajo na področje sekundarne metalurgije vakuumski napravi (vakuumška oksidacija in dezoksidacija) in ponovna peč. Delovodja mora pred

začetkom dela najprej preveriti, ali ponovčna peč oziroma vakuumska naprava pravilno deluje. Poleg tega mora pregledati in prekontrolirati dodatne materiale in surovine glede na zahteve iz delovne dokumentacije. Preveriti mora tudi brezhibnost merilnih instrumentov in instalacij energetskih medijev. Ko preveri vse predpisane parametre, lahko začne proces sekundarne rafinacije jekla na ponovčni peči in vakuumski napravi ter glede na vrsto jekla izvaja postopke sekundarne obdelave jekla (Arčon in drugi, 2017).

Najpomembnejši procesi v sekundarni metalurgiji so dezoksidacija, razogljčenje, razžveplanje in razplinjenje. Dezoksidacija je postopek odstranjevanja kisika iz taline. S postopki sekundarne metalurgije delovodje zmanjšajo delež kisika v jeklu, preden se jeklo začne strjevati, saj se tako izognejo tvorbi mehurjev med procesom kontinuiranega ulivanja in poroznosti proizvodov. Razogljčenje je postopek odstranjevanja ogljika iz taline. Ogljik je najpomembnejši legirni element v jeklu. Delež ogljika v jeklu je treba skrbno nadzorovati, saj določa veliko lastnosti jekla in tudi namen uporabe. Proces razogljčenja delovodjem pomaga zmanjšati tako površinske napake kot tudi razpoke na slabu pri kontinuiranem ulivanju (Kosmač, 2008, str. 18).

Postopek razžveplanja obsega odstranitev žvepla iz tekočega jekla. Žveplo škodljivo vpliva na duktilnost, žilavost, varivost in korozijsko odpornost. Žveplo močno vpliva tudi na ulivanje jekla, saj lahko povzroči močno pokanje na kontinuiranem ulivanju. Razplinjanje je proces, ki ga uporabljajo delovodje za odstranjevanje vodika in dušika iz taline jekla. Odstranjevanje vodika iz taline pripomore k zmanjšanju notranjih napak, odstranjevanje dušika iz taline pa k zmanjšanju raztrganin v jeklu pri postopku kontinuiranega ulivanja jekla (Kosmač, 2008, str. 18).

Delovodja v sekundarni metalurgiji dodaja ustrezne količine apna in ostale legirne elemente, ki jih je treba dodati v talino jekla, nadzira stanje in delovanje ponovčne peči in vakuumske naprave ter po potrebi spremeni parametre, meri temperaturo taline jekla, jemlje vzorce jekla za kemijsko analizo, kontrolira rezultate kemične analize in ugotavlja skladnost dobljene kemijske analize s predpisano kemijsko sestavo. S pravilnim vodenjem in upravljanjem avtomatiziranega procesa izdelave jekla in s skrbnim nadzorom kemijskih elementov, temperature in deleža nekovinskih vključkov v talini lahko delovodje učinkovito izkoristijo vse možnosti računalniško vodenih tehnologij v proizvodnji jekla in s tem zagotovijo kakovostno jeklo (Arčon in drugi, 2017).

Kontinuirana livna naprava je osnovni agregat, ki je povezovalni proces med proizvodnjo jeklenih polizdelkov – slabov in nadaljnjo predelavo. Njen glavni cilj je uliti jeklo v zeleno obliko brez napak, ki bi bile posledice ulivanja. Za doseganje ustrezne kakovosti končnih izdelkov mora kontinuirano ulivanje potekati v ozkem področju ustreznih procesnih parametrov. Nastavni procesni parametri so v veliki meri odvisni od snovnih lastnosti posameznih vrst jekel in se prav zaradi tega med seboj tudi močno razlikujejo glede na vrsto ulivnega jekla (Bradaškja, 2009, str. 24). Zelo pomembna je priprava jekla na

oddelku sekundarne metalurgije, kajti kakovosti jekla po začetku ulivanja ne morejo več bistveno izboljšati, lahko pa jo hitro poslabšajo (Šubej, 2008, str. 30).

Priprava taline v sekundarni metalurgiji mora biti ustrezna (kemična sestava, čistoča jekla, temperatura dviga taline), kontinuirana livna naprava pa vzdrževana in v dobri kondiciji. Delovodja kontinuirane livne naprave mora pred začetkom dela preveriti, ali kontinuirana livna naprava pravilno deluje. Poleg tega mora proučiti delovno dokumentacijo, preveriti predpisane parametre, šele nato lahko začne s procesom litja. Najprej preveri, če sestava taline ustreza predpisom iz delovne dokumentacije. Vzorec taline se preveri s kemijsko analizo. Če talina ustreza, se aktivira livna peč, sicer se v talilno peč dodajajo ustrezni elementi (dolegiranje), dokler talina ne ustreza zahtevam, šele nato se aktivira livna peč. Tik pred začetkom ulivanja se vzorec zlitine še enkrat preveri. Če zlitina ustreza, delovodja lahko aktivira proces litja, sicer se zlitina ponovno dolegira. Nato delovodja glede na delovno dokumentacijo nastavi tako vrednost formata slaba kot tudi temperaturo in hitrost ulivanja (Arčon in drugi, 2017; Bradaškja, 2009, str. 24–25).

Zelo je pomembno, da delovodje kontinuirane livne naprave zelo točno spremljajo in nadzirajo temperaturo ulivanja, hitrost ulivanja, nivo taline v kokili, frekvenco nihanja kokile, livni prašek, pretoke vsake izmed štirih stranic kokile, vstopno temperaturo hladila primarnega ohlajevalnega sistema, pretoke prh dvanajstih sekundarnih ohlajevalnih sistemov in vstopno temperaturo hladila sekundarnega ohlajevalnega sistema. Mesto zaključka strjevanja slaba je namreč odvisno od hitrosti ulivanja, temperature ulivanja, dimenzije (debeline) ulivanja, vrste jekla (snovnih lastnosti) ter razmer ohlajanja. Odstopanje od predpisanih vrednosti sproža zaporedje ukrepov, ki negativno vplivajo na kakovost, v skrajnem primeru pa vodijo do težav pri ulivanju (Bradaškja, 2009, str. 24–25).

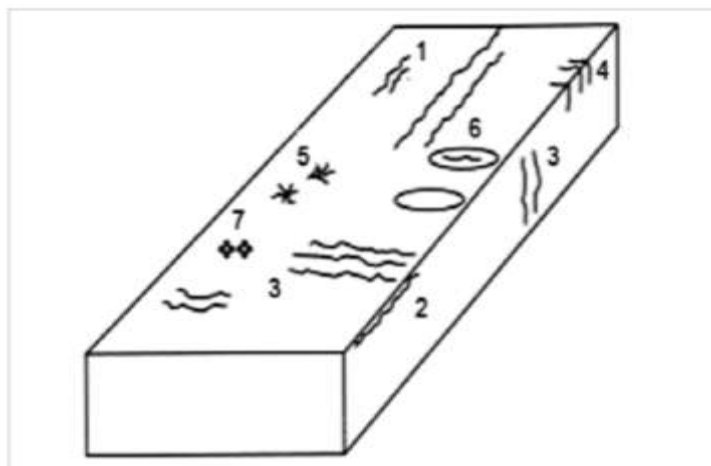
Tudi najsodobnejša avtomatika ne more zadostiti zahtevam po obvladljivosti specifičnih pogojev začetka in konca ulivanja taline na kontinuirani livni napravi. Za vse to je potreben človek, ki natančno ve, kako ukrepati v različnih kombinacijah vplivnih parametrov ulivanja. Samo dobro izobražen delavec lahko prepreči nastanek napak v začetnem delu ulite žile, ki se na končnem izdelku odrazijo v obliki luskin. Enako velja za napake v zadnjem delu ulite žile, ki se odrazijo v obliki ujetih nekovinskih vključkov (Klinar, 2011b, str. 20). Poleg skrajnih primerov se pri kontinuiranem ulivanju jekla lahko pojavljajo še druge vrste napak. Pojavljajo se lahko tako na površini kot tudi v centralnem delu kontinuirano ulite žile. Delimo jih v tri glavne skupine, in sicer na površinske napake, notranje napake in napake oblike slaba. V večini primerov so napake rezultat zaporedja dogodkov, ne le posledica vpliva enega parametra, in lahko močno vplivajo na izplen proizvodnje ter na končno kakovost izdelkov (Bradaškja, 2009, str. 24–25).

3.2.1 Površinske napake

Površinske napake se pojavijo na površini žile in nastanejo zaradi termo-mehanskih obremenitev žile. Shematski prikaz površinskih napak na kontinuirano uliti žili je prikazan

na sliki 12. S številko 1 je na sliki 12 prikazana vzdolžna površinska razpoka, s številko 2 vzdolžna robna razpoka, s številko 3 prečna površinska razpoka, s številko 4 prečna robna razpoka, s številko 5 zvezdasta razpoka, s številko 6 prečna poglobitev in s številko 7 gnezdo vključkov (Bradaškja, 2009, str. 24).

Slika 12: Površinske napake na kontinuirano uliti žili



Vir: Bradaškja (2009, str. 25).

Vzdolžne razpoke imajo izvor v kokili in so posledica neenakomernega hlajenja (odvoda toplote) v kokili ter nastavitve kokilnih plošč. Prečne razpoke so posledica prekomernega hlajenja sekundarnega hladilnega sistema in lokalne podhladitve delov žile v območju ukrivljanja in ravnanja žile. Na njihov nastanek močno vpliva kemična sestava, predvsem so tem vrstam razpok podvržena jekla z dodanimi mikrolegirnimi elementi (niobij – Nb, vanadij – V in podobno). Zvezdaste razpoke imajo izvor v kokili, kjer zaradi njene neustrezne nastavitve prihaja do abrazije ter difuzije bakra – Cu v površino žile. Lahko pa je vzrok tudi prekomerno hlajenje, povezano z izmeničnimi termo-mehanskimi obremenitvami. Do vključkov livnega praška pa prihaja zaradi neustreznega pretakanja toka taline v kokili oziroma neustreznega livnega praška (Bradaškja, 2009, str. 24).

3.2.2 Notranje napake

Med notranje napake štejemo notranje razpoke, robne razpoke, sredinsko izcejanje in centralno poroznost, vključke livnega praška, gnezdasti tip vključkov, praznine kot posledico plinskih mehurčkov. Razpoke nastajajo kot posledica mehanskih obremenitev, do katerih prihaja med izbočenjem površine žile med opornimi valjčnicami. Sredinsko izcejanje ter centralna poroznost sta povezana s kemično sestavo jekla, stanjem naprave ter pripravo jekla pred ulivanjem. Vključki so lahko posledica neustreznega pretakanja jekla v kokili (vključki livnega praška), lahko pa nastajajo tudi v vmesni ali livni ponovci kot reoksidacijski produkti ali delci žindre (Bradaškja, 2009, str. 25).

3.2.3 Napake oblike slaba

Med napake oblike slaba štejemo vzdolžne poglobitve, prečne poglobitve, izbočenje žile, spreminjanje širine žile, spreminjanje debeline žile, neustrezno obliko prečnega preseka žile. Tovrstne napake izvirajo v večini primerov iz neustrezne nastavitve kokile. Nastajajo tudi zaradi spremembe hitrosti ulivanja, nastavitve segmentov ter vzdrževanja opornih in pogonskih valjčnic. Naprava za kontinuirano ulivanje jekla je vmesni člen med izdelavo ter vročo predelavo jekla. Njen glavni cilj je uliti jeklo v želeno obliko brez napak, ki bi bile posledica ulivanja. Jeklarji morajo poznati vplive in posledice vsebnosti kemijskih elementov, da lahko izberejo ustrezen postopek ulivanja taline ter pravilne nastavitve temperature in hitrosti ulivanja, odstopanje od predpisanih vrednosti sproža zaporedje ukrepov, ki negativno vplivajo na kakovost, v skrajnem primeru pa vodijo do težav pri ulivanju (Arčon in drugi, 2017; Bradaškja, 2009, str. 25).

4 ANALIZA VPLIVA ČLOVEŠKEGA DEJAVNIKA NA KAKOVOST JEKLENIH POLIZDELKOV – SLABOV

4.1 Opis raziskovalnega procesa

Proizvodnja visokokakovostnih jekel z določenimi fizikalnimi lastnostmi pa je mogoča le, če lahko jeklarji vodijo proces izdelave jekla saj avtomatizacija procesa proizvodnje jekla ne more popolnoma nadomestiti človeških strokovnjakov. Načrtovanje in nadziranje procesa proizvodnje jekla ter na splošno sprejemanje odločitve o kakovosti jekla so naloge človeka, saj ga sodobna tehnologija ne more nadomestiti (Gabrovšek & Jezeršek, 1967, str. 117; Rodič, Žvokelj, Legat & Krivec, 1992, str. 54–55). V nadaljevanju sem zaradi navedenih dejstev ugotavljala, ali obstaja povezava med človeškim dejavnikom in kakovostjo jeklenih polizdelkov.

Namen magistrskega dela je ugotoviti, kako pomembno vlogo ima človeški dejavnik v procesu proizvodnje jekla. Predvsem želim ugotoviti, ali človeški dejavnik vpliva na kakovost jeklenih polizdelkov – slabov v obratu Jeklarna v podjetju Acroni. Analizirati želim povezavo med človeškim dejavnikom in prisotnostjo napak v jeklenih polizdelkih – slabih ter povezavo med tipom napak v jeklenih polizdelkih – slabih in človeškim dejavnikom. Posebej se osredotočim na vlogo delovodij na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika in delovodij na kontinuirani livni napravi. Na osnovi zastavljenih namenov in ciljev magistrskega dela postavljam naslednje raziskovalne hipoteze:

- H1: Obstaja povezava med prisotnostjo napak v šarži jekla in delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika.
- H2: Obstaja povezava med tipom napak v šarži jekla in delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika.

- H3: Obstaja povezava med prisotnostjo napak v šarži jekla in delovodji na kontinuirani livni napravi.
- H4: Obstaja povezava med tipom napak v šarži jekla in delovodji na kontinuirani livni napravi.

Podatke za izvedbo empiričnega dela magistrskega dela analiziram s pomočjo interne dokumentacije službe kontrole kakovosti o procesu proizvodnje šarže jekla v obratu Jeklarna v letih od 2014 do 2016. Raziskava temelji na 4035 naključno izbranih šaržah jekla, od teh je 3874 ali 96 % takih, ki nimajo napake v šarži, in 161 ali 4 % takih, ki imajo napake v šarži. Posebej se osredotočim na šarže jekla z napakami. Najprej opravim analizo ob upoštevanju delovodij na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika, potem pa še ob upoštevanju delovodij na kontinuirani livni napravi.

V analizi imam opravka z opisnimi spremenljivkami. Izhodišče zanjo je kontingenčna tabela, preizkus odvisnosti med pari spremenljivk pa opravim s pomočjo kontingence. Pristop uporabljamo, kadar proučujemo odvisnost med dvema opisnima spremenljivkama, od katerih ima vsaj ena več kot dve vrednosti. Zanima nas, ali se dejanske vrednosti nekega preučevanega pojava statistično značilno razlikujejo od pričakovanih vrednosti (Rogelj, 2002, str. 162).

V nadaljevanju sem uporabila kontingenčne tabele za pregledovanje, ali se napake kot tudi tip napak v šaržah jekla razlikujejo po delovodjih na ponovčni peči in vakuumski napravi ter delovodjih na kontinuirani livni napravi. Zanima me vpliv delovodij na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika ter delovodij na kontinuirani livni napravi na pojav napak kot tudi na tip napak v šaržah jekla. Pri preverjanju ničelne domneve o neodvisnosti med opisnima spremenljivkama uporabim hi-kvadrat (Rogelj, 2002, str. 162).

S hi-kvadratom želimo preveriti, ali sta dve spremenljivki povezani (soodvisni). Na osnovi izračunane vrednosti hi-kvadrata in izbrane dopustne verjetnosti za sprejem napačnega sklepa (ki je v ekonomiji in poslovnih vedah običajno 0,05 ali nižja) bodisi sprejmemo ničelno hipotezo (kadar rezultat ni statistično značilen, tj. kadar znaša verjetnost za napačen sklep več kot 0,05), bodisi zavrnemo ničelno hipotezo in z izbranim tveganjem sprejmemo alternativno hipotezo (kadar je rezultat statistično značilen, verjetnost za napačen sklep na znaša 0,05 ali manj) (Field, 2005, str. 686).

V tem primeru gre za preverjanje, ali prihaja do naključnega odstopanja ali pa delovodje na ponovčni peči in vakuumski napravi ter delovodje na kontinuirani livni napravi vplivajo na pojav napak kot tudi na tip napak v šaržah jekla. Da je hi-kvadrat zanesljiv, morajo biti izpolnjeni določeni pogoji, ki jih ne smem prekršiti, sicer preizkus ne bo verodostojen. Pri hi-kvadratu morata biti izpolnjena 2 pogoja: več kot 20 % pričakovanih teoretičnih frekvenc ne sme biti manjših od 5 in najmanjša pričakovana frekvenca mora biti vsaj 1 (Field, 2005, str. 686).

Če ta dva pogoja nista izpolnjena, imam problem in hi-kvadrata ne morem uporabiti na danih podatkih. Vrednost hi-kvadrata mi ne poda moči povezanosti. V ta namen izračunam Kramarjev koeficient in/ali popravljeni Pearsonov koeficient kontingence, ki imata vrednosti na intervalu (0,1). Interpretiram ga na naslednji način (za dano skupino enot oziroma vzorec) (Field, 2005, str. 32):

- $0.05 < \alpha < 0.3$ zelo šibka povezanost;
- $0.3 < \alpha < 0.6$ srednje močna povezanost in
- $0.6 < \alpha < 1$ zelo močna povezanost.

4.2 Vzorec

Raziskava temelji na 4035 enotah naključno izbranih šarž jekla. Iz tabele 3 ugotavljam, da 3874 ali 96 % šarž ni imelo napak, medtem pa je 161 ali 4 % šarž imelo napake. Podatki za analizo so pridobljeni iz interne dokumentacije službe kontrole kakovosti o procesu proizvodnje v obratu Jeklarna. Posebej se osredotočam na šarže jekla, ki so bile proizvedene v letih od 2014 do 2016.

Tabela 3: Absolutne in relativne frekvence šarž brez napak in z napakami v preučevanem obdobju

Šarže	Frekvenca	Delež v %
Brez napak	3874	96,0
Z napakami	161	4,0
Skupaj	4035	100,0

Vir: lastno delo.

Šarže z napakami predstavljajo 4 % vseh izdelanih šarž oziroma jih je 161. Najpogostejši tip napak v šarži so raztrganine, ki se pojavijo kar 117-krat ali v 72,7 %, kot je razvidno v tabeli 4. Sledijo kratke vzdolžne razpokice, ki se pojavijo 37-krat ali v 23 %, površinske prečne raztrganine in robne prečne raztrganine se pojavljajo v enakem številu 3-krat ali v 1,9 %. Od vseh napak pa se najmanj pojavlja vzdolžna površinska razpoka, ki je zabeležena samo enkrat, kar predstavlja 0,6 % vseh napak v šarži jekla.

Tabela 4: Absolutne in relativne frekvence tipologije napak v preučevanem obdobju

Tipologija napak	Frekvenca	Delež v %
Vzdolžna površinska razpoka	1	0,6
Površinske prečne raztrganine	3	1,9
Robne prečne raztrganine	3	1,9
Raztrganine	117	72,7
Kratke vzdolžne razpokice	37	23,0
Skupaj	161	100,0

Vir: lastno delo.

Največkrat prisoten delovodja na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika (v nadaljevanju pripadajočih podpoglavjih delovodja naprav LF in VOD) je delovodja naprav LF in VOD 5 (1120-krat ali 27,8 %), sledi mu delovodja naprav LF in VOD 2 (1038-krat ali 25,7 %), kar je razvidno iz tabele 5. 832-krat (20,6 %) je zabeležen delovodja naprav LF in VOD 4 in 770-krat (19,1 %) delovodja naprav LF in VOD 1. Najmanjšo prisotnost (104-krat ali 2,6 %) so zabeležili delovodja naprav LF in VOD 6, delovodja naprav LF in VOD 7 (96-krat ali 2,3 %) in delovodja naprav LF in VOD 3 (77-krat ali 1,9 %).

Tabela 5: Absolutne in relativne frekvence delovodje na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika v preučevanem obdobju

Delovodje naprav LF in VOD	Frekvenca	Delež v %
Delovodja naprav LF in VOD 1	770	19,1
Delovodja naprav LF in VOD 2	1038	25,7
Delovodja naprav LF in VOD 3	77	1,9
Delovodja naprav LF in VOD 4	832	20,6
Delovodja naprav LF in VOD 5	1120	27,8
Delovodja naprav LF in VOD 6	104	2,6
Delovodja naprav LF in VOD 7	94	2,3
Skupaj	4035	100,0

Vir: lastno delo.

Največkrat prisoten delovodja na kontinuirani livni napravi (v nadaljevanju pripadajočih podpoglavjih delovodja naprave KL) je delovodja naprave KL 2 (1180-krat ali 29,2 %), kar je razvidno iz tabele 6. Sledijo mu delovodja KL naprave 1 (908-krat ali 22,5 %), delovodja naprave KL 3 (832-krat ali 20,6 %) in delovodja naprave KL 5 (638-krat ali 15,8 %). Najmanj je prisoten delovodja naprave KL 4 (477-krat ali 11,8 %).

Tabela 6: Absolutne in relativne frekvence delovodje na kontinuirani livni napravi v preučevanem obdobju

Delovodje naprave KL	Frekvenca	Delež v %
Delovodja naprave KL 1	908	22,5
Delovodja naprave KL 2	1180	29,2
Delovodja naprave KL 3	832	20,6
Delovodja naprave KL 4	477	11,8
Delovodja naprave KL 5	638	15,8
Skupaj	4035	100,0

Vir: lastno delo.

4.3 Rezultati

V nadaljevanju predstavljam rezultate raziskave, ki sem jo opravila, da bi ugotovila, ali obstaja povezanost med spremenljivkama delovodja na ponovni peči in napravi za

vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika ter spremenljivko prisotnost napak v šarži. Posebej se osredotočam na šarže jekla z napakami. Najprej rezultate predstavim ob upoštevanju delovodij na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika, potem pa še ob upoštevanju delovodij na kontinuirani livni napravi.

Iz tabele 7 je razvidno, da se odstotki glede na šarže z napakami in šarže brez napak bistveno razlikujejo po delovodjih naprav na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika.

Ugotavljam, da je delovodja naprav LF in VOD 1 skupno proizvedel 770 šarž, kar predstavlja 19,1 % vseh proizvedenih šarž, kar je razvidno iz tabele 7. Med 770 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 1, je 96,5 % šarž brez napak in 3,5 % šarž z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 19,2 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 1. Od 161 šarž z napako jih je 16,8 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 1. Med 4035 šaržami je 18,4 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 1. Med 4035 šaržami je 0,7 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 1.

Delovodja naprav LF in VOD 2 je skupno proizvedel 1038 šarž, kar je 25,7 % vseh proizvedenih šarž, kar je razvidno iz tabele 7. Med 1038 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 2, je 99,2 % šarž brez napak in 0,8 % šarž z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 26,6 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 2. Od 161 šarž z napako jih je 5 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 2. Med 4035 šaržami je 25,5 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 2. Med 4035 šaržami je 0,2 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 2.

Delovodja naprav LF in VOD 3 je skupno proizvedel 77 šarž, kar je 1,9 % vseh proizvedenih šarž, kar je razvidno iz tabele 7. Med 77 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 3, je 98,7 % šarž brez napak in 1,3 % šarž z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 2 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 3. Od 161 šarž z napako jih je 0,6 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 3. Med 4035 šaržami je 1,9 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 3. Med 4035 šaržami je 0 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 3.

Delovodja naprav LF in VOD 4 je skupno proizvedel 832 šarž, kar je 20,6 % vseh proizvedenih šarž, kar je razvidno iz tabele 7. Med 832 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 4, je 95,3 % šarž brez napak in 4,7 % šarž z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 20,5 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 4. Od 161 šarž z napako jih je 24,2 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 4. Med 4035 šaržami je 19,7 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 4.

Med 4035 % šaržami je 1 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 4.

Delovodja naprav LF in VOD 5 je skupno proizvedel 1120 šarž, kar je 27,8 % vseh proizvedenih šarž, kar je razvidno iz tabele 7. Med 1120 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 5, je 97,1 % šarž brez napak in 2,9 % šarž z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 28,1 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 5. Od 161 šarž z napako jih je 19,9 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 5. Med 4035 šaržami je 27 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 5. Med 4035 šaržami je 0,8 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 5.

Delovodja naprav LF in VOD 6 je skupno proizvedel 104 šarže, kar je 2,6 % vseh proizvedenih šarž, kar je razvidno iz tabele 7. Med 104 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6, je 48,1 % šarž brez napak in 51,9 % šarž z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 1,3 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6. Od 161 šarž z napako jih je 33,5 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6. Med 4035 šaržami je 1,2 odstotka takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 6. Med 4035 šaržami je 1,3 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 6.

Delovodja naprav LF in VOD 7 je skupno proizvedel 94 šarž, kar je 2,3 % vseh proizvedenih šarž, kar je razvidno iz tabele 7. Med 94 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 7, je 100 % šarž brez napak in 0 % z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 2,4 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 7. Od 161 šarž z napako jih je 0 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 7. Med 4035 šaržami je 2,3 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 7. Med 4035 šaržami je 0 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprav LF in VOD 7.

Najslabšo kakovost šarž med vsemi delovodji je imel delovodja naprav LF in VOD 6, saj je bilo z napako kar 51,9 % šarž, ki jih je proizvedel v svoji seriji. K skupni proizvodnji neustreznih šarž je prispeval 1,3 % od 4 %, kar je razvidno iz tabele 7. Odlično kakovost je dosegel delovodja naprav LF in VOD 7, čeprav je k skupni proizvodnji vseh šarž prispeval samo 2,3 %, toda vse njegove šarže so bile proizvedene brez napak. Vsekakor je zelo dobro kakovost dosegel tudi delovodja naprav LF in VOD 2, saj je bilo z napako le 0,8 % vseh šarž, ki jih je proizvedel.

Tabela 7: Kontingenčna tabela za spremenljivki "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"

			Delovodja na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika							Skupaj
			Delovodja naprav LF in VOD 1	Delovodja naprav LF in VOD 2	Delovodja naprav LF in VOD 3	Delovodja naprav LF in VOD 4	Delovodja naprav LF in VOD 5	Delovodja naprav LF in VOD 6	Delovodja naprav LF in VOD 7	
Prisotnost napak v šarži	Šarže brez napak	Frekvenca	743	1030	76	793	1088	50	94	3874
		% od prisotnost napak v šarži	19,2 %	26,6 %	2,0 %	20,5 %	28,1 %	1,3 %	2,4 %	100,0%
		% od delovodja naprav LF in VOD	96,5 %	99,2 %	98,7 %	95,3 %	97,1 %	48,1 %	100,0 %	96,0 %
		% od skupaj	18,4 %	25,5 %	1,9 %	19,7 %	27,0 %	1,2 %	2,3 %	96,0 %
	Šarže z napako	Frekvenca	27	8	1	39	32	54	0	161
		% od prisotnost napak v šarži	16,8 %	5,0 %	0,6 %	24,2 %	19,9 %	33,5 %	0,0 %	100,0%
		% od delovodja naprav LF in VOD	3,5 %	0,8 %	1,3 %	4,7 %	2,9 %	51,9 %	0,0 %	4,0 %
		% od skupaj	0,7 %	0,2 %	0,0 %	1,0 %	0,8 %	1,3 %	0,0 %	4,0 %
Skupaj		Frekvenca	770	1038	77	832	1120	104	94	4035
		% od skupaj	19,1 %	25,7 %	1,9 %	20,6 %	27,8 %	2,6 %	2,3 %	100,0%

Vir: lastno delo.

Iz tabele 7 je razvidna smer povezave, da je prisotnost napak v šarži odvisna od delovodje na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika. Ker pa me zanima tudi, ali je ta povezava med spremenljivkama statistično značilna, se lotim preverjanja domneve. V ničelni domnevi trdim, da povezave ni, v alternativni domnevi pa, da povezava je. V primeru kontingence izračunam hi-kvadrat, ki je prikazan v tabeli 8.

Tabela 8: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"

	Vrednost	Število prostorskih stopenj	Natančna stopnja značilnosti (2-stranska)
Pearsonov hi-kvadrat	662,465 ^a	6	,000
Verjetnostno razmerje	264,848	6	,000
Linearno z linearno asociacijo	54,997	1	,000
Število veljavnih podatkov	4035		

a. 3 celice (21,4 %) imajo teoretične (pričakovane) frekvence manjše kot 5. Najnižja teoretična frekvenca je 3,07.

Vir: lastno delo.

Kot je razvidno iz tabele 8, vrednost preizkusa znaša 662,465, pri tem pa imam opombo, da imam težave z majhnim številom enot v 3 celicah, saj sta teoretični frekvenci v teh celicah pod 5. Vseeno je preizkus visoko značilen, zato nadaljujem in preverim, ali je preizkus pokazal statistično značilne razlike. Pri 6 stopinjah prostosti je točna stopnja značilnosti 0,000, kar je manj od 0,05, zato lahko podam končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,000) zavrnem ničelno in sprejemam alternativno domnevo, da delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika vpliva na prisotnostjo napak v šarži. Povezanost med tema dvema spremenljivkama torej obstaja. Kako močna je ta povezanost, je razvidno iz tabele 9.

Tabela 9: Moč povezanosti med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"

	Vrednost	Statistična značilnost.
Pearsonov hi-kvadrat	,405	,000
Kramarjev koeficient	,405	,000
Kontingenčni koeficient	,376	,000
Število veljavnih podatkov	4035	

Vir: lastno delo.

Kramarjev koeficient in kontingenčni koeficient kažeta na srednje močno povezanost med obema spremenljivkama, kot je razvidno iz tabele 9, kar pomeni, da delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika srednje močno vpliva na

prisotnost napak v šarži. Zgornji podatki so skladni z mojo prvo hipotezo, da obstaja povezava med prisotnostjo napak v šarži in delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika.

Ker sem s hi-kvadratom potrdila svojo prvo hipotezo, kot je razvidno iz tabele 8, da delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika vpliva na prisotnost napak v šarži, me zanima, ali delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika vpliva tudi na tip napake v šarži. Ponovno sem za analizo uporabila kontingenčno tabelo, v katero sem vključila samo tiste šarže, ki so imele v vzorcu napake. Kot je razvidno iz tabele 4, jih je bilo 161.

Na podlagi tabele 10 lahko razberem, da se tipologija napak razlikuje glede na delovodjo na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika. Iz tabele 10 je razvidno tudi, da so raztrganine in kratke vzdolžne razpokice najpogostejši tip napak, ki se pojavljajo pri delovodjih na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika

Med 27 šaržam z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 1, je 3,7 % šarž z napako površinska prečna raztrganina, 59,3 % šarž z napako raztrganine in 37 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice. Med 39 šaržami z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 4, je 2,6 % šarž z napako vzdolžno površinska razpoka, 71,8 % šarž z napako raztrganine in 25,6 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice. Od 117 šarž z napako raztrganine jih je 13,7 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 1, 2,6 % delovodja naprav LF in VOD 2, 0 % delovodja naprav LF in VOD 3, 23,9 % delovodja naprav LF in VOD 4, 17,1 % delovodja naprav LF in VOD 5 in 42,7 % delovodja naprav LF in VOD 6.

Od 37 šarž z napako kratke vzdolžne razpoke jih je 27 % proizvedel delovodja naprav LF in VOD 1, 13,5 % delovodja naprav LF in VOD 2, 2,7 % delovodja naprav LF in VOD 3, 27 % delovodja naprav LF in VOD 4, 18,9 % delovodja naprav LF in VOD 5 in 10,8 % delovodja naprav LF in VOD 6. Med 32 šaržami z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 5, je 6,3 % šarž z napako površinska prečna raztrganina, 9,4 % šarž z napako robna prečna raztrganina, 62,5 % šarž z napako raztrganine in 21,9 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice. Med 54 šaržami z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6, je 92,6 % šarž z napako raztrganine in 7,4 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice.

Zanimiva je tudi naslednja ugotovitev, da je tako pri delovodji naprav LF in VOD 2 kot pri delovodji naprav LF in VOD 3 večja verjetnost, da pride do napake kratke vzdolžne razpokice, pri ostalih delovodjih je največja verjetnost, da pride do napake raztrganine. Največ napak (med 161 šaržami z napako) je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6, kar 33,5 %.

Tabela 10: Kontingenčna tabela za spremenljivki "tipologija napak" in "delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"

			Delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika						Skupaj
			Delovodja naprav LF in VOD 1	Delovodja naprav LF in VOD 2	Delovodja naprav LF in VOD 3	Delovodja naprav LF in VOD 4	Delovodja naprav LF in VOD 5	Delovodja naprav LF in VOD 6	
Tipologija napak	Vzdolžna površinska razpoka	Frekvenca	0	0	0	1	0	0	1
		% od tipologija napak	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
		% od delovodja naprav LF in VOD	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %
		% od skupaj	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %
	Površinske prečne raztrganine	Frekvenca	1	0	0	0	2	0	3
		% od tipologija napak	33,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	66,7 %	0,0 %	100,0 %
		% od delovodja naprav LF in VOD	3,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,3 %	0,0 %	1,9 %
		% od skupaj	0,6 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,2 %	0,0 %	1,9 %
	Robne prečne raztrganine	Frekvenca	0	0	0	0	3	0	3
		% od tipologija napak	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
		% od delovodja naprav LF in VOD	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	9,4 %	0,0 %	1,9 %
		% od skupaj	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,9 %	0,0 %	1,9 %
	Raztrganine	Frekvenca	16	3	0	28	20	50	117
		% od tipologija napak	13,7 %	2,6 %	0,0 %	23,9 %	17,1 %	42,7 %	100,0 %
		% od delovodja naprav LF in VOD	59,3 %	37,5 %	0,0 %	71,8 %	62,5 %	92,6 %	72,7 %
		% od skupaj	9,9 %	1,9 %	0,0 %	17,4 %	12,4 %	31,1 %	72,7 %
	Kratke vzdolžne razpokice	Frekvenca	10	5	1	10	7	4	37
% od tipologija napak		27,0 %	13,5 %	2,7 %	27,0 %	18,9 %	10,8 %	100,0 %	
% od delovodja naprav LF in VOD		37,0 %	62,5 %	100,0 %	25,6 %	21,9 %	7,4 %	23,0 %	
% od skupaj		6,2 %	3,1 %	0,6 %	6,2 %	4,3 %	2,5 %	23,0 %	
Skupaj	Frekvenca	27	8	1	39	32	54	161	
	% od skupaj	16,8 %	5,0 %	0,6 %	24,2 %	19,9 %	33,5 %	100,0 %	

Vir: lastno delo.

Iz tabele 10 je vidna smer povezave, da je tip napake odvisen od delovodje na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika. Ker pa me zanima tudi, ali je ta povezava med spremenljivkama statistično značilna, se lotim preverjanja domneve. V ničelni domnevi trdim, da povezave ni, v alternativni domnevi pa, da povezava je. V primeru kontingence izračunam hi-kvadrat, ki je prikazan v tabeli 11.

Tabela 11: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"

	Vrednost	Število prostorskih stopenj	Natančna stopnja značilnosti (dvostranska)
Pearsonov hi-kvadrat	43,258 ^a	20	,002
Verjetnostno razmerje	40,695	20	,004
Linearno z linearno asociacijo	1,438	1	,230
Število veljavnih podatkov	161		

a. 21 celic (70 %) ima teoretične (pričakovane) frekvence manjše kot 5. Najnižja teoretična frekvenca je .01.

Vir: lastno delo.

Vrednost preizkusa znaša 43,258, pri tem pa imam opombo, da imam težave z majhnim številom enot v 21 celicah, saj sta teoretični frekvenci v teh celicah pod 5. Vseeno je preizkus visoko značilen, zato nadaljujem in preverim, ali je preizkus pokazal statistično značilne razlike. Pri 20 stopinjah prostosti je točna stopnja značilnosti 0,002, kar je manj od 0,05, zato lahko podam končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,002) zavrnem ničelno in sprejemem alternativno domnevo, da delovodja na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika vpliva na tip napake v šarži. Povezanost med tema dvema spremenljivkama torej obstaja. Kako močna je ta povezanost, mi kaže tabela 12.

Tabela 12: Moč povezanosti med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika"

	Vrednost	Statistična značilnost.
Pearsonov hi-kvadrat	,518	,002
Kramarjev koeficient	,259	,002
Kontingenčni koeficient	,460	,002
Število veljavnih podatkov	161	

Vir: lastno delo.

Kramarjev koeficient kaže na šibko povezanost in kontingenčni koeficient kaže na srednje močno povezanost med obema spremenljivkama, kot je razvidno iz tabele 12, kar pomeni, da delovodja na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika srednje močno vpliva na tip napake v šarži. S tem sprejemem predpostavljeno drugo

hipotezo, da obstaja povezanost med delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljčenje s pomočjo kisika in tipom napak v šarži jekla.

V nadaljevanju me zanima, ali med spremenljivkama delovodja na kontinuirani livni napravi in prisotnost napak v šarži obstaja povezava. Ponovno sem za analizo uporabila kontingenčno tabelo, v katero sem vključila vse šarže, ki so imele v vzorcu prisotne in odsotne napake v šarži. Kot je razvidno iz tabele 3, jih je bilo 4035.

Na podlagi tabele 13 ugotavljam, da se deleži po delovodjih na kontinuirani livni napravi glede na šarže z napako kot tudi deleži po prisotnosti napak v šarži po delovodjih na kontinuirani livni napravi med seboj razlikujejo.

Ugotavljam, da je delovodja naprave KL 1 skupno proizvedel 908 šarž, kar je 22,5 % vseh izdelanih šarž, kar je razvidno iz tabele 13. Med 908 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 1, je 99,1 % šarž brez napak, 0,9 % šarž pa je z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 23,2 % proizvedel delovodja naprave KL 1. Od 161 šarž z napako jih je 5 % proizvedel delovodja naprave KL 1. Med 4035 šaržami je 22,3 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprave KL 1. Med 4035 šaržami je 0,2 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprave KL 1.

Delovodja naprave KL 2 je skupno proizvedel 1180 šarž, kar je 29,2 % vseh izdelanih šarž, kar je razvidno iz tabele 13. Med 1180 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 2, je 94,9 % šarž brez napak, 5,1 % šarž pa je z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 28,9 % proizvedel delovodja naprave KL 2. Od 161 šarž z napako jih je 37,3 % proizvedel delovodja naprave KL 2. Med 4035 šaržami je 27,8 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprave KL 2. Med 4035 šaržami je 1,5 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprave KL 2.

Delovodja naprave KL 3 je skupno proizvedel 832 šarž, kar je 20,6 % vseh izdelanih šarž, kar je razvidno iz tabele 13. Med 832 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 3, je 97,1 % šarž brez napak, 2,9 % šarž pa je z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 20,9 % proizvedel delovodja naprave KL 3. Od 161 šarž z napako jih je 14,9 % proizvedel delovodja naprave KL 3. Med 4035 šaržami je 22 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprave KL 3. Med 4035 šaržami je 0,6 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprave KL 3.

Delovodja naprave KL 4 je skupno proizvedel 477 šarž, kar je 11,8 % vseh izdelanih šarž, kar je razvidno iz tabele 13. Med 477 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 4, je 93,1 % šarž brez napak, 6,9 % šarž pa z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 11,5 % proizvedel delovodja naprave KL 4. Od 161 šarž z napako jih je 20,5 % proizvedel delovodja naprave KL 4. Med 4035 šaržami je 11 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprave KL 4. Med 4035 šaržami je 0,8 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprave KL 4.

Delovodja naprave KL 5 je skupno proizvedel 638 šarž, kar je 15,8 % vseh izdelanih šarž, kar je razvidno iz tabele 13. Med 638 šaržami, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 5, je 94,4% šarž brez napak, 5,6 % šarž pa je z napako. Od 3874 šarž brez napak jih je 15,5 % proizvedel delovodja naprave KL 5. Od 161 šarž z napako jih je 22,4 % proizvedel delovodja naprave KL 5. Med 4035 šaržami je 14,9 % takšnih, ki so proizvedene brez napak in s pomočjo delovodje naprave KL 5. Med 4035 šaržami je 0,9 % takšnih, ki so proizvedene z napako in s pomočjo delovodje naprave KL 5.

Delovodja naprave KL 2 je proizvedel 37,3 % vseh šarž z napako in tako dosegel najslabšo kakovost izliti slabov v skupni seriji proizvodnje, toda delovodja naprave KL 4 je dosegel najslabšo kakovost izliti slabov v svoji seriji, saj je njegov delež slabov z napako kar 6,9-odstoten. Ugotavljam, da je delovodja naprave KL 4 dosegel za 1,8 odstotne točke slabšo kakovost v svoji seriji izdelanih slabov glede na delovodjo naprave KL 2. Najboljši rezultati je dosegel delovodja naprave KL 1, saj je njegov delež pri proizvodnji slabov z napakami samo 0,2 % od 4 %. Prav tako ima tudi najnižji prispevek k proizvodnji slabov z napako v svoji seriji, samo 0,9 %, torej je z 99,1 % kakovostnih slabov najučinkovitejši v svoji seriji.

Tabela 13: Kontingenčna tabela za spremenljivki "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"

		Delovodja na kontinuirani livni napravi					Skupaj		
		Delovodja naprave KL 1	Delovodja naprave KL 2	Delovodja naprave KL 3	Delovodja naprave KL 4	Delovodja naprave KL 5			
Prisotnost napak v šarži	Šarže brez napak	Frekvenca	900	1120	808	444	602	3874	
		% od prisotnost napak v šarži	23,2 %	28,9 %	20,9 %	11,5 %	15,5 %	100,0 %	
		% od delovodja naprave KL	99,1 %	94,9 %	97,1 %	93,1 %	94,4 %	96,0 %	
		% od skupaj	22,3 %	27,8 %	20,0 %	11,0 %	14,9 %	96,0 %	
	Šarže z napako	Frekvenca	8	60	24	33	36	161	
		% od prisotnost napak v šarži	5,0 %	37,3 %	14,9 %	20,5 %	22,4 %	100,0 %	
		% od delovodja naprave KL	0,9 %	5,1 %	2,9 %	6,9 %	5,6 %	4,0 %	
		% od skupaj	0,2 %	1,5 %	0,6 %	0,8 %	0,9 %	4,0 %	
	Skupaj		Frekvenca	908	1180	832	477	638	4035
			% od skupaj	22,5 %	29,2 %	20,6 %	11,8 %	15,8 %	100,0 %

Vir: lastno delo.

Na podlagi tabele 13 je vidna smer povezave, da je prisotnost napak odvisna od delovodje na kontinuirani livni napravi. Ker pa me zanima tudi, ali je ta povezava med

spremenljivkama statistično značilna, se lotim preverjanja domneve. V ničelni domnevi trdim, da povezave ni, v alternativni domnevi pa, da povezava je. V primeru kontingence izračunam hi-kvadrat, ki je prikazan v tabeli 14.

Tabela 14: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"

	Vrednost	Število prostorskih stopenj	Natančna stopnja značilnosti (dvostranska)
Pearsonov hi-kvadrat	44,480 ^a	4	,000
Verjetnostno razmerje	52,397	4	,000
Linearno z linearno asociacijo	21,616	1	,000
Število veljavnih podatkov	4035		

a. 0 celic (0,0 %) ima teoretične (pričakovane) frekvence manjše kot 5. Najnižja teoretična frekvenca je 19,03.

Vir: lastno delo.

Predpostavke hi-kvadrata so izpolnjene, kot je razvidno iz tabele 14, saj nima nobena celica teoretične frekvence manj kot 5 (najmanjša teoretična frekvenca je 19,03). Vrednost preizkusa znaša 44,480 in je visoko značilna, zato nadaljujem in preverim, ali je preizkus pokazal statistično značilne razlike. Pri 4 stopinjah prostosti je točna stopnja značilnosti 0,000, kar je manj od 0,05, zato lahko podam končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,000) zavrnem ničelno in sprejemem alternativno domnevo, da delovodja na kontinuirani livni napravi vpliva na prisotnost napak v šarži. Povezanost med tema dvema spremenljivkama torej obstaja. Kako močna je ta povezanost, je razvidno iz tabele 15.

Tabela 15: Moč povezanosti med spremenljivkama "prisotnost napak v šarži" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"

	Vrednost	Statistična značilnost
Pearsonov hi-kvadrat	,105	,000
Kramarjev koeficient	,105	,000
Kontingenčni koeficient	,104	,000
Število veljavnih podatkov	4035	

Vir: lastno delo.

Kramarjev koeficient in kontingenčni koeficient, kot je razvidno iz tabele 15, kažeta na šibko povezanost med obema spremenljivkama, kar pomeni, da delovodja na kontinuirani livni napravi šibko vpliva na prisotnost napak v šarži. S tem sprejemem postavljeno tretjo hipotezo, da obstaja povezava med prisotnostjo napak v šarži jekla in delovodji na kontinuirani livni napravi.

Ker sem s hi-kvadratom potrdila domnevo oziroma tretjo hipotezo, da delovodja na kontinuirani livni napravi vpliva na prisotnost napak v šarži, me zanima, ali delovodja na kontinuirani livni napravi vpliva tudi na tip napake v šarži. Ponovno sem za analizo uporabila kontingenčno tabelo, v katero sem vključila samo tiste šarže, ki so imele v vzorcu prisotne napake v šarži. Kot je razvidno iz tabele 4, jih je bilo 161.

Iz tabele 16 je razvidno, da so raztrganine in kratke vzdolžne razpokice najpogostejši tip napak, ki se pojavljajo pri delovodjih na kontinuirani livni napravi.

Od 117 šarž z napako raztrganine jih 3,4 % proizvedel delovodja naprave KL 1, 45,3 % delovodja naprave KL 2, 12 % delovodja naprave KL 3, 18,8 % delovodja naprave KL 4 in 20,5 % delovodja naprave KL 5, kar je razvidno iz tabele 16. Od 37 šarž z napako kratke vzdolžne razpokice jih 10,8 % proizvedel delovodja naprave KL 1, 18,9 % delovodja naprave KL 2, 21,6 % delovodja naprave KL 3, 18,9 % delovodja naprave KL 4 in 29,7 % delovodja naprave KL 5, kar je razvidno iz tabele 16.

Med 8 šaržami z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 1, je 50 % šarž z napako raztrganine in 50 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice, kar je razvidno iz tabele 16. Med 60 šaržami z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 2, je 88,3 % šarž z napako raztrganine in 11,7 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice, kar je razvidno iz tabele 16.

Med 24 šaržami z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 3, je 8,3 % šarž z napako površinska prečna raztrganina, 58,3 % šarž z napako raztrganine in 33,3 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice, kar je razvidno iz tabele 16. Med 33 šaržami z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 4, je 3 % šarž z napako površinska prečna raztrganina, 9,1 % šarž z napako robne prečne raztrganine, 66,7 % šarž z napako raztrganine in 21,2 % šarž z napako kratke vzdolžne razpokice, kar je razvidno iz tabele 16.

Zanimivo je tudi dejstvo, da obstaja 50-odstotna verjetnost, da bo delovodja naprave KL 1 v svoji seriji šarž naredi slab z raztrganino ali kratko vzdolžno razpokico. Pri delovodji naprave KL 2 je večja verjetnost (88,3 %), da bo v svoji seriji proizvedel slab z raztrganino kot slab s kratko vzdolžno razpokico (11,7 %). Pri delovodji naprave KL 3 je večja verjetnost, da bo v svoji seriji proizvedel slab z raztrganino (59,3 %) kot pa slab s kratko vzdolžno razpokico (33,3 %) in slab s površinsko prečno raztrganino (8,3 %). Delovodja naprave KL 4 ima skupno največ različnih napak, tako se pri njem pojavlja največja verjetnost, da bo proizvedel slab z raztrganino (66,7 %), nato pa slab s kratko vzdolžno razpokico (21,2 %), slab z robno prečno raztrganino (9,1 %) in slab s površinsko prečno raztrganino (3 %).

Tabela 16: Kontingenčna tabela za spremenljivki "tipologija napak" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"

		Delovodja na kontinuirani livni napravi					Skupaj	
		Delovodja naprave KL 1	Delovodja naprave KL 2	Delovodja naprave KL 3	Delovodja naprave KL 4	Delovodja naprave KL 5		
Tipologija napak	Vzdolžna površinska razpoka	Frekvenca	0	0	0	0	1	1
		% od tipologija napak	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	100,0 %
		% od delovodja naprave KL	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,8 %	0,6 %
		% od skupaj	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %	0,6 %
	Površinske prečne raztrganine	Frekvenca	0	0	2	1	0	3
		% od tipologija napak	0,0 %	0,0 %	66,7 %	33,3 %	0,0 %	100,0 %
		% od delovodja naprave KL	0,0 %	0,0 %	8,3 %	3,0 %	0,0 %	1,9 %
		% od skupaj	0,0 %	0,0 %	1,2 %	0,6 %	0,0 %	1,9 %
	Robne prečne raztrganine	Frekvenca	0	0	0	3	0	3
		% od tipologija napak	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
		% od delovodja naprave KL	0,0 %	0,0 %	0,0 %	9,1 %	0,0 %	1,9 %
		% od skupaj	0,0 %	0,0 %	0,0 %	1,9 %	0,0 %	1,9 %
	Raztrganine	Frekvenca	4	53	14	22	24	117
		% od tipologija napak	3,4 %	45,3 %	12,0 %	18,8 %	20,5 %	100,0 %
		% od delovodja naprave KL	50,0 %	88,3 %	58,3 %	66,7 %	66,7 %	72,7 %
		% od skupaj	2,5 %	32,9 %	8,7 %	13,7 %	14,9 %	72,7 %
	Kratke vzdolžne razpokice	Frekvenca	4	7	8	7	11	37
		% od tipologija napak	10,8 %	18,9 %	21,6 %	18,9 %	29,7 %	100,0 %
		% od delovodja naprave KL	50,0 %	11,7 %	33,3 %	21,2 %	30,6 %	23,0 %
		% od skupaj	2,5 %	4,3 %	5,0 %	4,3 %	6,8 %	23,0 %
Skupaj		Frekvenca	8	60	24	33	36	161
		% od skupaj	5,0 %	37,3 %	14,9 %	20,5 %	22,4 %	100,0 %

Vir: lastno delo.

Na podlagi tabele 16 je vidna smer povezave, da je tip napake odvisen od delovodje kontinuirane livne naprave. Ker pa me zanima tudi, ali je ta povezava med spremenljivkama statistično značilna, se lotim preverjanja domneve. V ničelni domnevi trdim, da povezave ni, v alternativni domnevi pa, da povezava je. V primeru kontingence izračunam hi-kvadrat, ki je prikazan v tabeli 17.

Tabela 17: Hi-kvadrat za povezavo med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"

	Vrednost	Število prostorskih stopenj	Natančna stopnja značilnosti (dvostranska)
Pearsonov hi-kvadrat	34,238 ^a	16	,005
Verjetnostno razmerje	30,903	16	,014
Linearno z linearno asociacijo	,939	1	,333
Število veljavnih podatkov	161		

a. 16 celic (64,0%) ima teoretične (pričakovane) frekvence manjše kot 5. Najnižja teoretična frekvenca je ,05.

Vir: lastno delo.

Vrednost preizkusa znaša 34,238, kot je razvidno iz tabele 17, pri tem pa imam opombo, da imam težave z majhnim številom enot v 16 celicah, saj sta teoretični frekvenci v teh celicah pod 5. Vseeno je preizkus visoko značilen, zato nadaljujem in preverim, ali je preizkus pokazal statistično značilne razlike. Pri 16 stopinjah prostosti je točna stopnja značilnosti 0,005, kar je manj od 0,05, zato lahko podam končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,005) zavrnem ničelno in sprejemem alternativno domnevo, da delovodja na kontinuirani livni napravi vpliva na tip napake v šarži. Kako močna je ta povezanost, nam kaže tabela 18.

Tabela 18: Moč povezanosti med spremenljivkama "tipologija napak" in "delovodja na kontinuirani livni napravi"

	Vrednost	Statistična značilnost.
Pearsonov hi-kvadrat	,461	,005
Kramarjev koeficient	,231	,005
Kontingenčni koeficient	,419	,005
Število veljavnih podatkov	161	

Vir: lastno delo.

Kot je razvidno iz tabele 18, Kramarjev koeficient kaže na šibko povezanost, kontingenčni koeficient pa na močno povezanost med obema spremenljivkama, kar pomeni, da delovodja na kontinuirani livni napravi srednje močno vpliva na tip napake v šarži. S tem sprejemem predpostavljeno četrto hipotezo, da obstaja povezava med tipom napak v šarži in delovodji na kontinuirani livni naprave.

4.4 Interpretacija rezultatov

Na podlagi tabele 7 ugotavljam, da je delovodja naprav LF in VOD 6 povezan s tretjino (33,5 %) vseh slabih šarž v sekundarni proizvodnji in da ima več kot polovica vseh šarž (51,9 %), ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6 v svoji seriji, napako. Opazila sem smer povezave, da je prisotnost napak v šarži odvisna od delovodij na ponovčni peči

in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika. Ker pa me je zanimalo, ali je ta povezava med spremenljivkama statistično značilna, sem se lotila preverjanja domneve s pomočjo hi-kvadrata. Kot je razvidno iz tabele 8, je vrednost preizkusa znašala 662,465, pri tem sem imela opombo, da imam težave z majhnim številom enot v 3 celicah, saj sta teoretični frekvenci v teh celicah pod 5. Ker je bil preizkus visoko značilen, sem preverila, ali je pokazal statistično značilne razlike. Pri 6 stopinjah prostosti je bila točna stopnja značilnosti 0,000, kar je manj od 0,05, zato sem lahko podala končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,000) sem zavrnila ničelno in sprejela alternativno domnevo, da delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika vpliva na prisotnost napak v šarži. S pomočjo Kramarjevega in kontingenčnega koeficient sem preverila moč povezanosti med spremenljivkama. Oba koeficienta kažeta na srednje močno povezanost med obema spremenljivkama, kot je razvidno iz tabele 9, kar pomeni, da delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika srednje močno vpliva na prisotnost napak v šarži. Zgornji podatki so bili skladni z mojo prvo hipotezo, da obstaja povezava med prisotnostjo napak v šarži in delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika. Rezultati raziskave se ujemajo z ugotovitvijo Gabrovška in Jezerška (1967, str. 117), da je možna izdelava kakovostnih jeklenih polizdelkov – slabov le, če lahko jeklarji vodijo proces izdelave jekla. Poleg tega lahko rezultate pojasnim tudi z nekvalificiranostjo oziroma slabo usposobljenostjo in neizkušenostjo delovodje pri sekundarnem procesu izdelave jekla ter z nepoznavanjem procesa izdelave jekla. To pomeni, da delovodje ne vedo, zakaj se določena faza izvaja oziroma opravljajo posamezne faze dela rutinsko, a ne vedno, zakaj je tako. Poleg tega imajo nizko stopnjo zavesti o pomembnosti procesa, ki ga opravljajo, saj pravilno ali nepravilno delo vpliva na končno kakovost jeklenih polizdelkov – slabov (Klinar, 2011a, str. 26). Rezultati raziskave se nadalje ujemajo tudi z ugotovitvijo Rodiča, Žvoklja, Legata in Krivca (1992, str. 53), ki pravijo, da je kakovost izdelkov odvisna od znanja zaposlenih, ki vodijo proces izdelave jekla.

Na podlagi tabele 10 ugotavljam, da so raztrganine najpogostejši tip napak (72,7 %), ki se pojavljajo v šarži z napako. Delovodja naprav LF in VOD 6 je povezan s tretjino (31,1 %) vseh šarž z napako raztrganine v sekundarni proizvodnji. Tudi več kot polovica šarž z napako (59,3 %), ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6 v svoji seriji, so bile šarže z raztrganino. Opazila sem torej smer povezave, da je tip napak v šarži odvisen od delovodij na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika. Ker pa me je zanimalo, ali je ta povezava med spremenljivkama statistično značilna, sem se lotila preverjanja domneve s pomočjo hi-kvadrata. Kot je razvidno iz tabele 11, je vrednost preizkusa znašala 43,258, pri tem sem imela opombo, da imam težave z majhnim številom enot v 11 celicah, saj sta teoretični frekvenci v teh celicah pod 5. Ker je bil preizkus visoko značilen, sem preverila, ali je pokazal statistično značilne razlike. Pri 20 stopinjah prostosti je bila točna stopnja značilnosti 0,002, kar je manj od 0,05, zato sem lahko podala končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,002) sem zavrnila ničelno in sprejela alternativno domnevo, da delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko

razogljichenje s pomočjo kisika vpliva na tip napak v šarži. S pomočjo Kramarjevega in kontingenčnega koeficient sem preverila moč povezanosti med spremenljivkama. Kramarjev koeficient kaže na šibko povezanost, kontingenčni koeficient pa na srednje močno povezanost, kar pomeni, da delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika srednje močno vpliva na tip napak v šarži, kot je razvidno iz tabele 12. Zgornji podatki so bili skladni z mojo drugo hipotezo, da obstaja povezava med tipom napak v šarži in delovodji na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika. Rezultati raziskave se ujemajo z ugotovitvijo Bradaškje (2009, str. 24), ki pravi, da na nastanek napak močno vpliva kemična sestava. Rezultate lahko tudi pojasnim z ugotovitvijo, da mora biti talina, ki se pripravlja v sekundarni metalurgiji, ustrezna, saj lahko z neustreznimi odnosi elementov kemijskih sestav jekla delovodja na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika močno zgreši pričakovane ali zahtevane lastnosti proizvodov (Rodič, Žvokelj, Legat & Krivec, 1992, str. 53).

Na podlagi tabele 13 ugotavljam, da je delovodja naprave KL 2 povezan z več kot tretjino (37,3 %) vseh slabih šarž na kontinuirani livni napravi. 5,1 % vseh proizvedenih šarž, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 2 v svoji seriji, so bile šarže z napakam. Čeprav je delovodja naprave KL 2 imel zabeleženo največ skupnih napak v seriji izdelave slabov na kontinuirani livni napravi, sta imela delovodja naprave KL 4 in delovodja naprave KL 5 večji delež proizvodnje slabih slabov, ki sta jih proizvedla v svoji seriji. 6,9 % šarž, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 4 v svoji seriji, so bile šarže z napako, in 5,6 % šarž, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 5 v svoji seriji, so bile šarže z napako. Na podlagi rezultatov ugotavljam, da je imel delovodja naprave KL 2 najslabšo kakovost izdelanih slabov med vsemi delovodji, toda bil je učinkovitejši v svoji seriji, saj je izdelal manj neustreznih slabov glede na vse svoje proizvedene slabe. Delež neustreznih slabov glede na proizvedene slabe je bil pri delovodji naprave KL 4 za 1,8 odstotne točke večji kot pri delovodji naprave KL 2. Opazila sem, da je smer povezave prisotnost napak v šarži odvisna od delovodje na kontinuirani livni napravi. Ker pa me je zanimalo, ali je ta povezava med spremenljivkama statistično značilna, sem se lotila preverjanja domneve s pomočjo hi-kvadrata. Kot je razvidno iz tabele 14, je vrednost preizkusa znašala 44,480 in predpostavke hi-kvadrata so bile izpopolnjene. Ker je bil preizkus visoko značilen, sem preverila, ali je pokazal statistično značilne razlike. Pri 4 stopinjah prostosti je bila točna stopnja značilnosti 0,000, kar je manj od 0,05, zato sem lahko podala končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,000) sem zavrnila ničelno in sprejela alternativno domnevo, da delovodja na kontinuirani livni napravi vpliva na prisotnost napak v šarži. S pomočjo Kramarjevega in kontingenčnega koeficienta sem preverila moč povezanosti med spremenljivkama. Oba koeficienta kažeta na šibko povezanost med obema spremenljivkama, kot je razvidno iz tabele 15, kar pomeni, da delovodja na kontinuirani livni napravi šibko vpliva na prisotnost napak v šarži. Zgornji podatki so bili skladni z mojo tretjo hipotezo, da obstaja povezava med prisotnostjo napak v šarži in delovodji na kontinuirani livni napravi. Rezultati raziskave se ujemajo z ugotovitvijo Klinarja (2011b, str. 20), ki opozarja, da samo dobro usposobljen delovodja lahko prepreči

nastanek napak na slabu pri kontinuiranem ulivanju. Rezultati se ujemajo tudi z ugotovitvama Gabrovška in Jezerška (1967, str. 117), ki pravita, da le če so delovodje usposobljeni, da vodijo proces ulivanja na kontinuirani livni napravi, lahko izdelajo slab brez napak.

Na podlagi tabele 16 ugotavljam, da so raztrganine najpogostejši tip napak (72,7 %), ki se pojavljajo v šarži z napakam pri delovodjih na kontinuirani livni napravi. Delovodja naprave KL 2 je povezan skoraj s polovico (45,3 odstotka) vseh šarž z raztrganino pri kontinuiranem procesu ulivanja šarž. Tudi 88,3 % šarž z napako, ki jih je proizvedel delovodja naprave KL 2, so bile šarže z raztrganino. Kot pri delovodjih na ponovni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika sem tudi tukaj opazila smer povezave, da je tip napak v šarži odvisen od delovodij na kontinuirani livni napravi. Ker pa me je zanimalo, ali je ta povezava med spremenljivkama statistično značilna, sem se lotila preverjanja domneve s pomočjo hi-kvadrata. Kot je razvidno iz tabele 17, je vrednost preizkusa znašala 34,238. Pri tem sem imela opombo, da imam težave z majhnim številom enot v 16 celicah, saj sta teoretični frekvenci v teh celicah pod 5. Ker je bil preizkus visoko značilen, sem preverila, ali je pokazal statistično značilne razlike. Pri 16 stopinjah prostosti je bila točna stopnja značilnosti 0,005, kar je manj od 0,05, zato sem lahko podala končen vsebinski sklep. Pri zanemarljivi točni stopnji značilnosti (0,005) sem zavrnila ničelno in sprejela alternativno domnevo, da delovodja na kontinuirani livni napravi vpliva na tip napak v šarži. S pomočjo Kramarjevega in kontingenčnega koeficient sem preverila moč povezanosti med spremenljivkama. Kramarjev koeficient kaže na šibko povezanost, kontingenčni koeficient pa na srednje močno povezanost, kar pomeni, da delovodja na kontinuirani livni napravi srednje močno vpliva na tip napak v šarži, kot je razvidno iz tabele 18. Zgornji podatki so bili skladni z mojo četrto hipotezo, da obstaja povezava med tipom napak v šarži in delovodji na kontinuirani livni napravi. Rezultati raziskave se ujemajo z ugotovitvijo Bradaškje (2009, str. 24–25), ki meni, da imajo razpoke izvor v kokili, kjer zaradi neustrezne nastavitve kokile delovodje na kontinuirani livni napravi prihaja do teh napak oziroma so lahko vzroki tudi prekomerno hlajenje ter neustrezna priprava jekla pred ulivanjem. Poleg tega lahko rezultate pojasnim tudi z neustreznim vodenjem kontinuiranega procesa, saj le dobro usposobljen in izobražen delovodja lahko obvladuje proces ulivanja na kontinuirani livni napravi. Usposobljen delovodja natančno ve, kako mora ukrepati v različnih kombinacijah vplivnih parametrov ulivanja, da bi preprečil nastanek napak (Klinar, 2011b, str. 20).

S pomočjo hi-kvadrata sem potrdila vse štiri predpostavljene hipoteze. Pri vseh hipotezah se je izkazalo, da je možna izdelava kakovostnih jeklenih polizdelkov – slabov le, če lahko delovodje vodijo proces izdelave jekla. To pomeni, da mora biti delovodja usposobljen in dobro izobražen na področju metalurškega procesa izdelave jekla. Zelo je pomembno, da delovodje razumejo, zakaj se določene faze v procesu izdelave jekla izvajajo le z ustreznim razumevanjem teoretičnih osnov, da lahko uspešno spremljajo in po potrebi dopolnjujejo parametre tehnološkega procesa izdelave jekla. Izkazalo se je, da so napake v šarži rezultat

zaporedja dogodkov (neustrezna priprava v sekundarni metalurgiji in neustrezni procesni parametri pri kontinuiranem ulivanju), ne le posledica vpliva enega parametra. Priprava taline je večinoma odvisna od odločitve delovodje o ustreznosti šarže jekla. Zaključim lahko, da je kakovost jeklenih polizdelkov – slabov odvisna od znanja delovodij na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika in delovodji na kontinuirani livni napravi (Gabrovšek & Jezeršek, 1967, str. 117; Klinar, 2011b, str. 20).

4.5 Omejitve raziskave in izzivi za prihodnja raziskovanja

Analiza podatkov je bila opravljena s pomočjo interne dokumentacije službe kontrole kakovosti o procesu proizvodnje šarže jekla v obratu Jeklarna. Ker osebno nisem zbirala podatkov, je bilo pomembno, da se seznanim z nizom podatkov, kako so bili zbrani in kakšne so kategorije rezultatov. Čeprav so se podatki v službi kakovosti zbirali za drug namen, sem pri izvedbi raziskave predpostavljala, da bo možno zbrane podatke statistično obdelati in da bom dobila odgovore na svoja raziskovalna vprašanja. Prav tako sem sklepala, da so bili podatki zbrani natančno. Zaradi varovanja tajnih podatkov so bile pri analizi omejitve. Ne vem natančno, kako je bil postopek zbiranja podatkov opravljen in kako dobro je bil izveden, prav tako nisem imela nadzora nad tem, kaj vsebuje podatkovni niz. Izzive za prihodnja raziskovanja vidim predvsem v tem, da bi bilo zunanjim raziskovalcem kljub varovanju tajnih podatkov omogočeno zbiranje podatkov za reševanje njihovih specifičnih vprašanj.

SKLEP

Kljub silnemu razvoju novih materialov in tehnologij nikakor ne smemo zanemariti ali podcenjevati vpliva človeškega dejavnika na proizvodnjo jeklenih izdelkov, ki se proizvajajo z moderno opremo, z novimi sredstvi in računalniško podprtimi sistemi. Prav zaradi modernizacije, ki odpira nove možnosti za razvoj kakovosti v proizvodnji, je človeški dejavnik pri vodenju kompleksnih sistemov še vedno eden najpomembnejših pri njihovem izkoristku. Nove možnosti, ki so dane in tudi v proizvodnji v obratu Jeklarna očitne, lahko ob zanemarjanju celovitih sistemov zagotavljanja kakovosti ostanejo neizkoriščene ali pa celo privedejo do padanja kakovosti, česar ne bi smeli dopuščati. Le s pravilnim izvajanjem specifičnih procesov lahko jeklarji dobijo želeno kakovost jekla. Ugotovila sem, da kljub visoki stopnji avtomatizacije in nenehni skrbi za celovito zagotavljanje ter obvladovanje kakovosti taline, ki jo pripravlja sekundarna metalurgija, in ulitkov pri kontinuiranem litju prihaja do nekaterih napak. Resnična učinkovitost proizvodnega procesa je odvisna od kakovosti dela izvajalcev oziroma upravljavcev procesa izdelave jekla. V ta namen sem tudi analizirala vpliv človeškega dejavnika na kakovost jeklenih polizdelkov – slabov v obratu Jeklarna pri dveh ključnih procesih izdelave jekla.

Najprej sem se osredotočila na vlogo delovodij na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika. Sekundarni proces obdelave jekla je najpomembnejši del izdelave jekla v obratu Jeklarna, saj se tu izvajajo zelo pomembni procesi za zagotavljanje ustreznosti kemijske sestave taline jekla. Delovodje s postopki sekundarne metalurgije določijo lastnosti jekla, zato sem v svoji prvi hipotezi predpostavljala, da obstaja povezava med prisotnostjo napak na jeklenih polizdelkih – slabih in delovodjo na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika. V svoji drugi hipotezi sem predpostavljala, da obstaja povezava med tipom napak na jeklenih polizdelkih – slabih in delovodjo na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika. Rezultati raziskave so pokazali, da delovodje na ponovčni peči in napravi za vakuumsko razogljichenje s pomočjo kisika vplivajo tako na prisotnost napak kot tudi na tip napak v jeklenih polizdelkih – slabih. Vpliv človeškega dejavnika je bil najizrazitejši pri delovodji naprav LF in VOD 6, saj je bil povezan s kar tretjino vseh izdelanih slabih šarž in tudi več kot polovica šarž, ki jih je proizvedel delovodja naprav LF in VOD 6, so bile šarže z napakam. Delovodja naprav LF in VOD 6 je bil tudi povezan s polovico vseh raztrganin v šaržah, te pa so bile tudi najpogostejši tip napak, ki so se pojavljale v talini šarže.

Zadnja faza izdelave šarže v obratu Jeklarna je proces kontinuiranega ulivanja taline, ki tekoče jeklo pretvori v končni produkt obrata Jeklarna, to je jekleni polizdelek – slab. Predpogoj za uspešen proces ulivanja šarže na kontinuirani livni napravi je, da mora biti priprava taline v sekundarni metalurgiji ustrezna, kar pomeni, da mora delovodja na kontinuirani livni napravi pred začetkom ulivanja preveriti kemično sestavo jekla. Odstopanje od predpisanih vrednosti sproža zaporedje ukrepov, ki negativno vplivajo na kakovost, v skrajnem primeru pa vodijo do težav pri ulivanju ali pa celo privedejo do padanja kakovosti. V svoji tretji hipotezi sem zato predpostavljala, da obstaja povezava med prisotnostjo napak na jeklenih polizdelkih – slabih in delovodjo na kontinuirani livni napravi. V svoji četrti hipotezi sem predpostavljala, da obstaja povezava med tipom napak na jeklenih polizdelkih – slabih in delovodjo na kontinuirani livni napravi. Rezultati raziskave so pokazali, da delovodje na kontinuirani livni napravi vplivajo tako na prisotnost napak kot tudi na tip napak v jeklenih polizdelkih – slabih. Vpliv človeškega dejavnika je bil najizrazitejši pri delovodji naprave KL 2, saj je bil povezan s skoraj polovico vseh izdelanih slabih šarž. Čeprav je delovodja naprave KL 2 proizvedel skupno največ napak med vsemi delovodji na kontinuirani livni napravi, po svoji učinkovitosti ni bil najslabši. Najslabšo učinkovitost pri ulivanju šarže v svoji seriji je imel delovodja naprave KL 4, saj je imel večji delež ulitih slabih šarž (6,9 %) v svoji seriji kot delovodja naprave KL 2 (5,1 %). Slabšo učinkovitost od delovodje naprave KL 2 je imel tudi delovodja naprave KL 5, saj je bilo 5,1 % šarž, ki jih je ulil v svoji seriji, z napako. Delovodja naprave KL 2 je bil tudi povezan s skoraj polovico (45,3 %) vseh raztrganin v šaržah, te pa so bile tudi najpogostejši tip napak, ki so se pojavljale v talini šarže.

Rezultati raziskave so pokazali, da človeški dejavnik vpliva na kakovost jeklenih polizdelkov v obratu Jeklarna, zato sem s tem tudi potrdila svoje štiri hipoteze.

Ugotavljam, da so napake v šarži rezultat zaporedja dogodkov (neustrezna priprava v sekundarni metalurgiji in neustrezni procesni parametri pri kontinuiranem ulivanju) in ne posledica vpliva enega parametra. Priprava taline je večinoma odvisna od odločitve delovodje glede ustreznosti šarže jekla. Izkazalo se je, da je za kakovost jeklenih polizdelkov – slabov izredno pomembno poznavanje vseh medsebojnih vplivov: vsebnosti legirnih elementov, izdelave, predelave, toplotne obdelave jekla in kinetike razvoja mikrostrukture. S poznavanjem teh vplivov lahko delovodje učinkovito izkoristijo možnosti modernih naprav in računalniško vodenih tehnologij v proizvodnji jekla. Ugotavljam, da morajo delovodje obvladovati vplive in posledice vsebnosti elementov kemijske sestave, če hočejo že v Jeklarni ustrezno zagotavljati kakovost kasnejših izdelkov. Do napak v proizvodnem procesu izdelave jeklenih polizdelkov – slabov prihaja predvsem zaradi nepoznavanja celotnega procesa predelave taline jekla. Delovodje morajo najprej zelo dobro poznati teoretične osnove metalurškega proces izdelave jekla (kaj se v celotnem postopku predelave jekla dogaja) in s tem pridobiti znanja, ki jim bodo v izrednih primerih omogočala uspešno preprečevanje nastanka napak, ki se lahko pojavijo pri proizvodnji jeklenih polizdelkov – slabov.

Ugotavljam, da je izboljšanje kakovosti odvisno od izobrazbe in kulturne ravni posameznikov, ki sodelujejo v proizvodnji jeklenih polizdelkov – slabov. Brezupno je poskušati prepričevati zaposlene, naj izboljšajo kakovost svojega dela, če ne razumejo, zakaj se določena faza v procesu izvaja, ali ne vedo, zakaj je prav tako. Tako je ključno, da podjetje Acroni svoje zaposlene izobražuje, usposablja, informira ter seznanja z osnovami metalurškega procesa izdelave jekla od priprave vložnih surovin do začetka ulivanja, z metodami za izboljšanje kakovosti, z rezultati statističnega spremljanja proizvodnje in z neuspelo proizvodnjo (delež neuspele proizvodnje v realizaciji, najpogostejše napake, vzroki za napake), če hoče v obratu Jeklarna zmanjšati vpliv človeškega dejavnika na kakovost jeklenih polizdelkov – slabov.

LITERATURA IN VIRI

1. Acroni. (2000). *Tipsko navodilo podjetja Acroni* (interno gradivo). Jesenice: Acroni.
2. Acroni. (2009). *Letno poročilo podjetja Acroni* (interno gradivo). Jesenice: Acroni.
3. Acroni. (2010). *Tehnološki predpis podjetja Acroni* (interno gradivo). Jesenice: Acroni.
4. Acroni. (2012). *Letno poročilo podjetja Acroni* (interno gradivo). Jesenice: Acroni.
5. Arčon, A., Erjavec, C., Smolej, M., Juhart, B., Kotnik, A., Debelak, M., Kranjc, B. & Češarek, M. (2017, 4. julij). Katalog strokovnih znanj in spretnosti za talilca jekla. *Katalog*. Pridobljeno 2. avgusta 2018 iz <http://www.nrpslo.org/katalog.aspx/06065241>
6. Arh, J. (1988). Zakaj ponovčne peči v jeklarnah. *Železarski zbornik*, 22(2), 59–63.
7. Arh, J., Biček, J., Demšar, M., Koselj, A., Polak, I. & Mlakar, A. (1988). Postavitev in obratovanje Jeklarnе 2 na Jesenicah. *Železarski zbornik*, 22(3), 65–77.

8. Ažman, S. (2002, 31. december). Acroni se rodi. *Acroni Jesenice: posebna izdaja 10 let*, str. 7.
9. Božič, S. (2009). *Kakovost in zanesljivost proizvodnje*. Ljubljana: Narodna in univerzitetna knjižnica.
10. Bradaškja, B. (2009, 26. maj). Kontinuirno ulivanje – izziv za končno kakovost jekla. *Interni časopis skupine SIJ*, str. 24–25.
11. Chowdhury, M. A. (2014). The necessity to incorporate TQM and QA study into the undergraduate chemistry/science/engineering curriculum. *The TQM Journal*, 26(1), 2–13.
12. Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS*. London: Sage Publications.
13. Filipič, B. & Šarler, B. (1997). Optimizacija procesnih parametrov pri kontinuiranem ulivanju jekla v železarni Acroni Jesenic. *Železarski zbornik*, 31(5), 391–395.
14. Fornezzi, T. (2015). *Mikrostruktura in mehanske lastnosti debele pločevine iz jekla S355J0002+N* (diplomsko delo). Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta.
15. Gabrovšek, M. & Jezeršek, A. (1967). Vpliv antimona in ogljika na fizikalne lastnosti jekla pri statičnih in dinamičnih preizkusih. *Železarski zbornik*, 1(2), 117–130.
16. Garvin, D. A. (1987). Competing on the eight dimensions of quality. *Harvard Business Review*, 65(6), 101–109.
17. Guan, J. & Fan, L. (2010). Impacts of supply chain globalization on quality management and firm performance: some evidences in Shanghai. *Advances in Intelligent Decision Technologies*, 54(4), 259–267.
18. Harrington, J. H., Voehl, F. & Wiggin, H. (2012). Applying TQM to the construction industry. *The TQM Journal*, 24(4), 352–362.
19. Hribar, K. & Presterel, M. (2001, 6. junij). Kakovost. *Novice*, str. 10.
20. Inden. (brez datuma). *Avtomatizacija proizvodnje linije*. Pridobljeno 15. januarja 2017 iz http://inden.si/novice/inteligentna_avtomatizacija.html
21. Ivanović, M. D. & Majstorovic, V. D. (2006). Model developed for the assessment of quality management level in manufacturing systems. *The TQM Magazine*, 18(4), 410–423.
22. Jurjavčič, P. & Cotič, Z. (2012, 25. december). Črna jeklarska žlindra v asfaltu. *Mineral: strokovna revija za rudarstvo in gradbeništvo*, str. 40–44.
23. Karia, N. & Asaari, M. H. (2006). The effects of total quality management practices on employees' work-related attitudes. *The TQM Magazine*, 18(1), 30–43.
24. Klinar, M. (2009, 18. december). Vakuumska obdelava taline. *Interni časopis skupine SIJ*, str. 30–31.
25. Klinar, M. (2011a, 9. avgust). Šola metalurgije v Jeklarni Acronija. *Interni časopis skupine SIJ*, str. 26.
26. Klinar, M. (2011b, 31. oktober). Začetek in konec ulivanja na kontinuirani livni napravi – kot vzlet in pristanek letala. *Interni časopis skupine SIJ*, str. 20.
27. Kosmač, A. (2007a, 26. november). Vse se začne pri reni. *Bilten skupine SIJ*, str. 6.
28. Kosmač, A. (2007b, 21. december). Elektroobločna peč je srce jeklarne. *Bilten skupine SIJ*, str. 9.

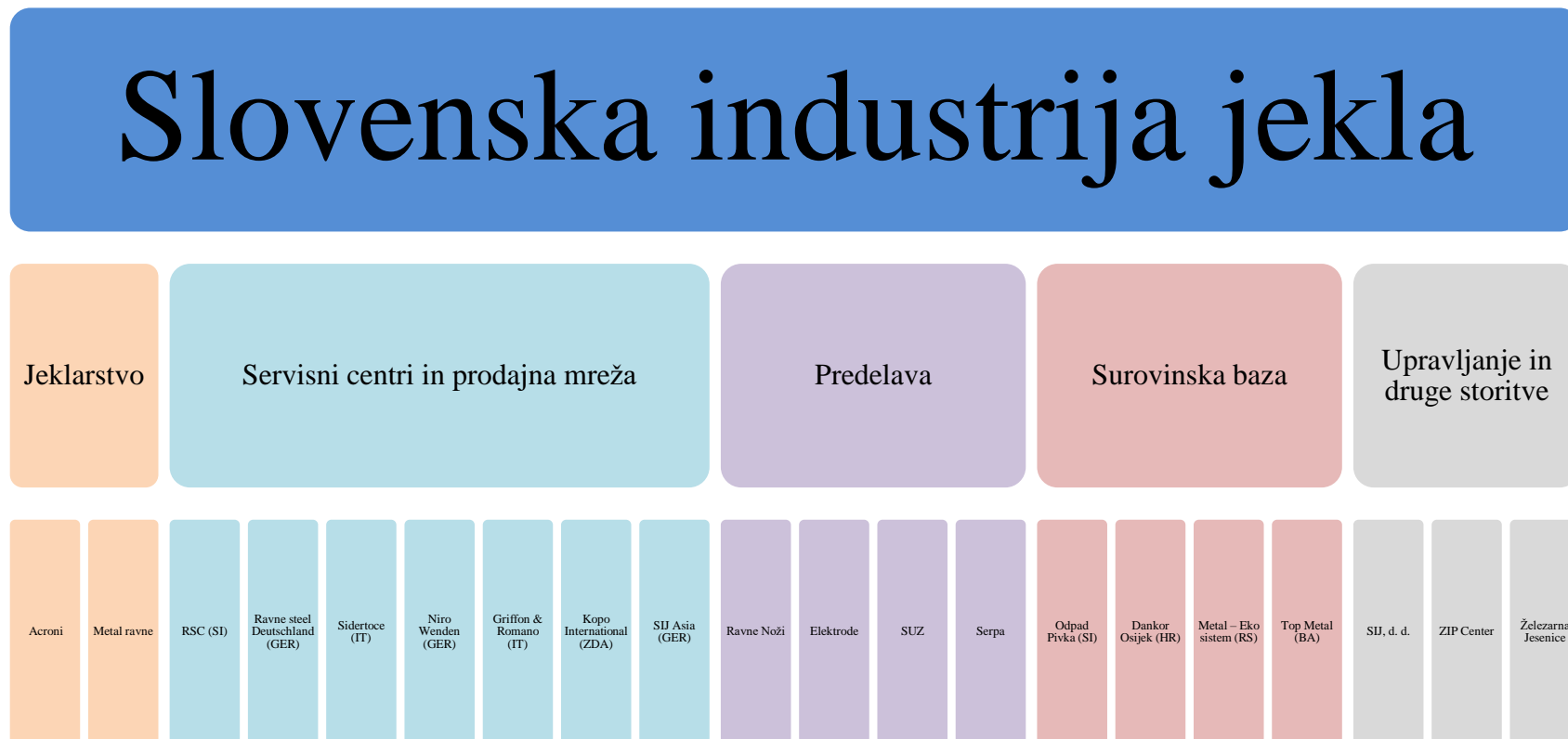
29. Kosmač, A. (2008, 25. februar). Jeklu določimo lastnosti s postopki sekundarne metalurgije. *Novice*, str. 18.
30. Kreže, T. (2008). *Standardizacija in kakovost*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
31. Krošl, M. (2008). Razvrščanje naročil v šarže kot dodatek APS sistemu. *Gospodarska zbornica Slovenije*, str. 11.
32. Lee, S. M. (2015). The age of quality innovation. *International Journal of Quality Innovation*, 1(1), 1–5.
33. Mahadevan, B. (2010). *Operations management: theory and practice* (2. izd.). New Delhi: Person Education.
34. Marolt, J. & Gomišček, B. (2005). *Management kakovosti*. Kranj: Moderna organizacija.
35. Mendes, L. & Jesus, J. (2018). Influence of total quality-based human issues on organisational commitment. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(3/4), 260–286.
36. Mitra, A. (2008). *Fundamentals of quality control and improvement*. Hoboken: Wiley.
37. Možina, S., Jereb, J., Florjančič, J., Svetlik, I., Jamšek, F., Lipičnik, B., Vodovnik, Z., Svetic, A., Stanojević, M. & Merkač, S. M. (1998). *Management kadrovskih virov*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
38. Nebl, T. & Schroeder, A. K. (2011). Understanding the interdependencies of quality problems and productivity. *The TQM Journal*, 23(5), 480–495.
39. Novak, R. (2001). *Novosti in spremembe, ki jih prinaša standard ISO 9001:2000*. Ljubljana: Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje.
40. Novšak, A. (2002, 11. november). Neinovativni delavec je strošek, inovativni pa razvojni potencial podjetja. *Novice*, str. 3.
41. Piskar, F. & Dolinšek, S. (2006). *Učinki standarda kakovosti ISO: od managementa kakovosti do poslovnega modela*. Koper: Fakulteta za management.
42. Plešivčnik, J. (2009). *Uporaba nevronske mreže pri napovedovanju mahenskih lastnosti jekla* (diplomsko delo). Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.
43. Polajnar, A., Buchmeister, B. & Leber, M. (2001). *Proizvodni menedžment*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
44. Polanc, B. (2011). *Predstavitev podjetja Acroni in novih investicij* [zgoščenka]. Jesenice: Acroni.
45. Prešeren, B. (2000, 1. januar). Prvi agregat – elektroobložna peč (EOP). *Novice*, str. 9–10.
46. Rodič, A., Žvokelj, J., Legat, F. & Krivec, S. (1992). Vpliv kemijske sestave na lastnosti jekel za verige po toplotni obdelavi. *Kovine zlitine tehnologije*, 26(1/2), 53–57.
47. Rogelj, R. (2002). *Statistika 2*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
48. Rusjan, B. (1999). *Management proizvodnje*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
49. Rusjan, B. (2013). *Management proizvodnih in storitvenih procesov*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.

50. Schroeder, R. G. (2008). *Operations management: contemporary concepts and cases* (4. izd.). Boston: McGraw-Hill.
51. Shamsuddin, A. & Masjuki, H. (2003). Survey and case investigations on application of quality management tools and techniques in SMIs. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 20(7), 795–826.
52. Šegelj, J., Kaker, B. & Urnaut, B. (1993). Celovito obvladovanje kakovosti v metalurgiji. *Narodna in univerzitetna knjižnica*, 27(1/2), 75–81.
53. Šoštar, A. (2000). *Management kakovosti*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
54. Šubelj, E. (2008, 25. april). Kontinuirno ulivanje jekla. *Interni časopis skupine SIJ*, str. 29–30.
55. Šubelj, E. (2006, 3. marec). Vpliv povečanega deleža sekvenčnega ulivanja na livni napravi v Jeklarni. *Novice*, str. 11.
56. Toakley, A. R. & Marosszeky, M. (2003). Towards total project quality – a review of research needs. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 10(3), 219–228.
57. Triplat, B. I. (2010). *Načrtovanje sledljivosti logističnih procesov v podjetju Acroni, d. o. o.* (diplomsko delo). Kranj: Višja strokovna šola B&B.
58. Triplat, J. (2000, 1. januar). Tehnološki postopek Jeklarne Bela. *Novice*, str. 8.
59. Vujošević, N. (1992). *Sistemi kakovosti po ISO 9000*. Ljubljana: Gospodarski vestnik.
60. Wagner, S. (2013). Quality control. *Software Product Quality Control*, 20(4), 111–151.
61. Weckenmann, A., Akkasoglu, G. & Werner, T. (2015). Quality management – history and trends. *The TQM Journal*, 27(3), 281–293.
62. Werner, T. & Weckenmann, A. (2012). Sustainable quality assurance by assuring competence of employees. *Measurement: Journal of the International*, 45(6), 1534–1539.

PRILOGE

Priloga 1: Organizacijska struktura Slovenske industrije jekla

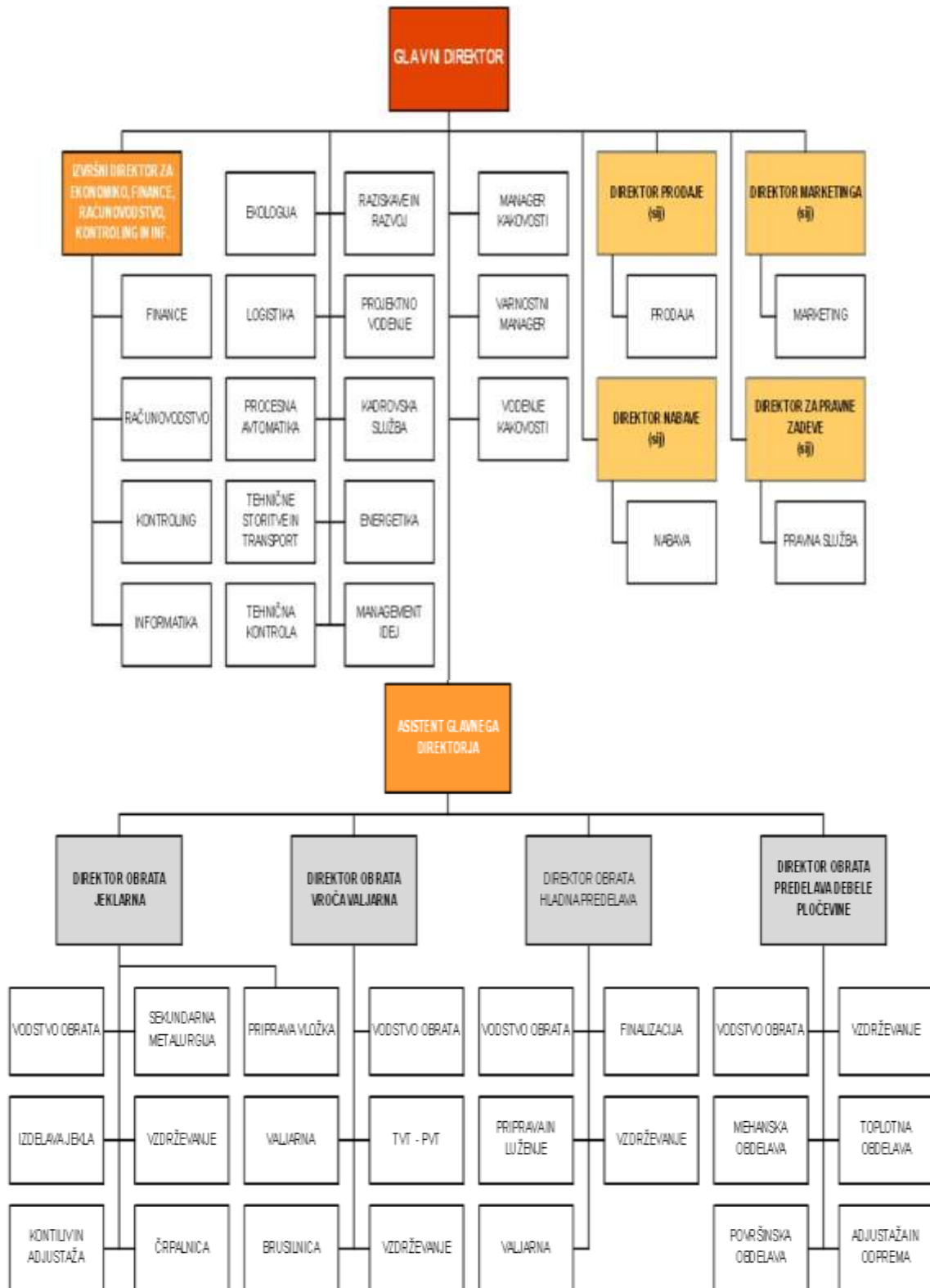
Slika 1: Organizacijska struktura Slovenske industrije jekla



Prirejeno po Acroni (2009, str. 12).

Priloga 2: Organizacijska shema podjetja Acroni

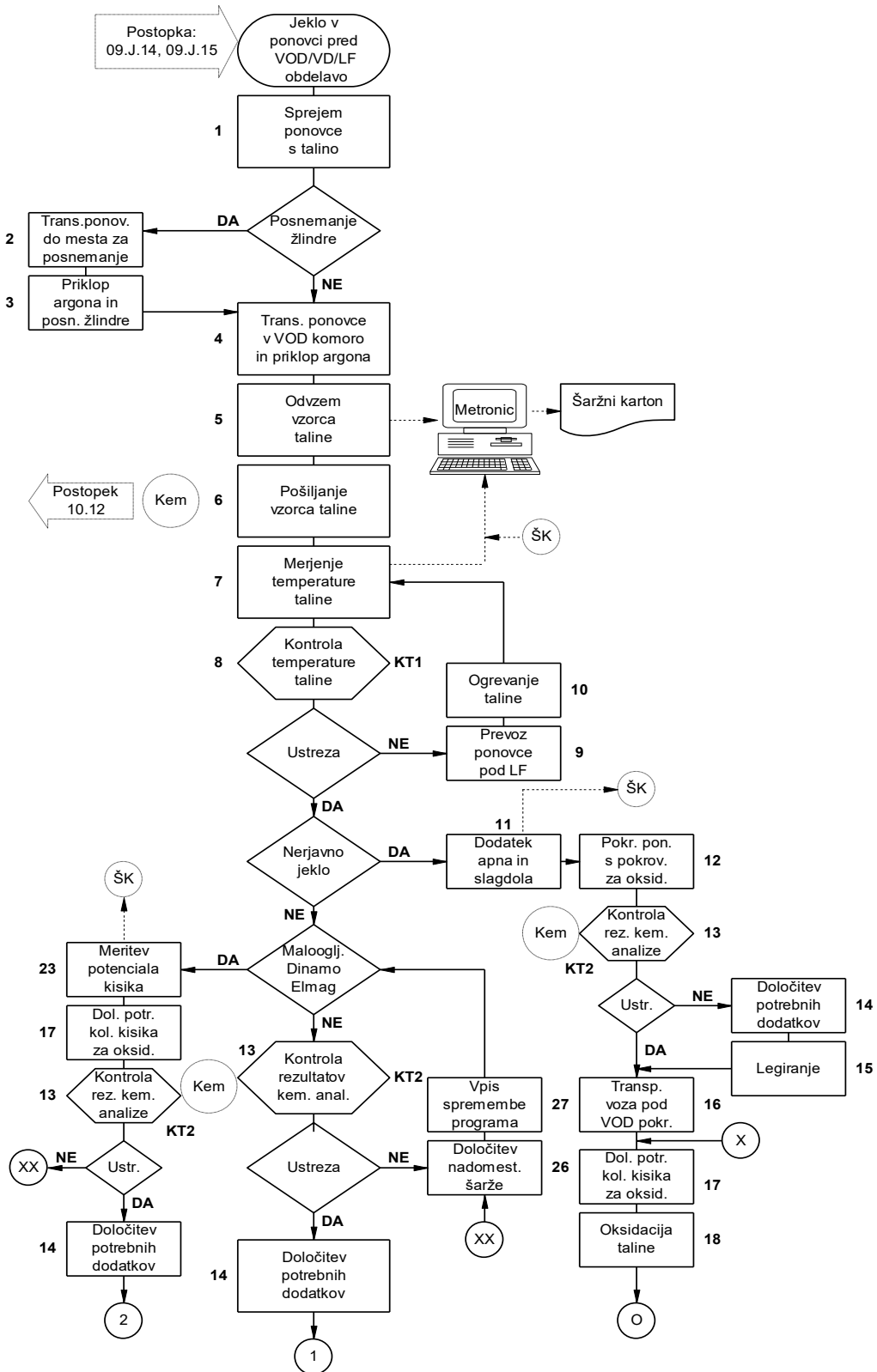
Slika 2: Organizacijska shema podjetja Acroni

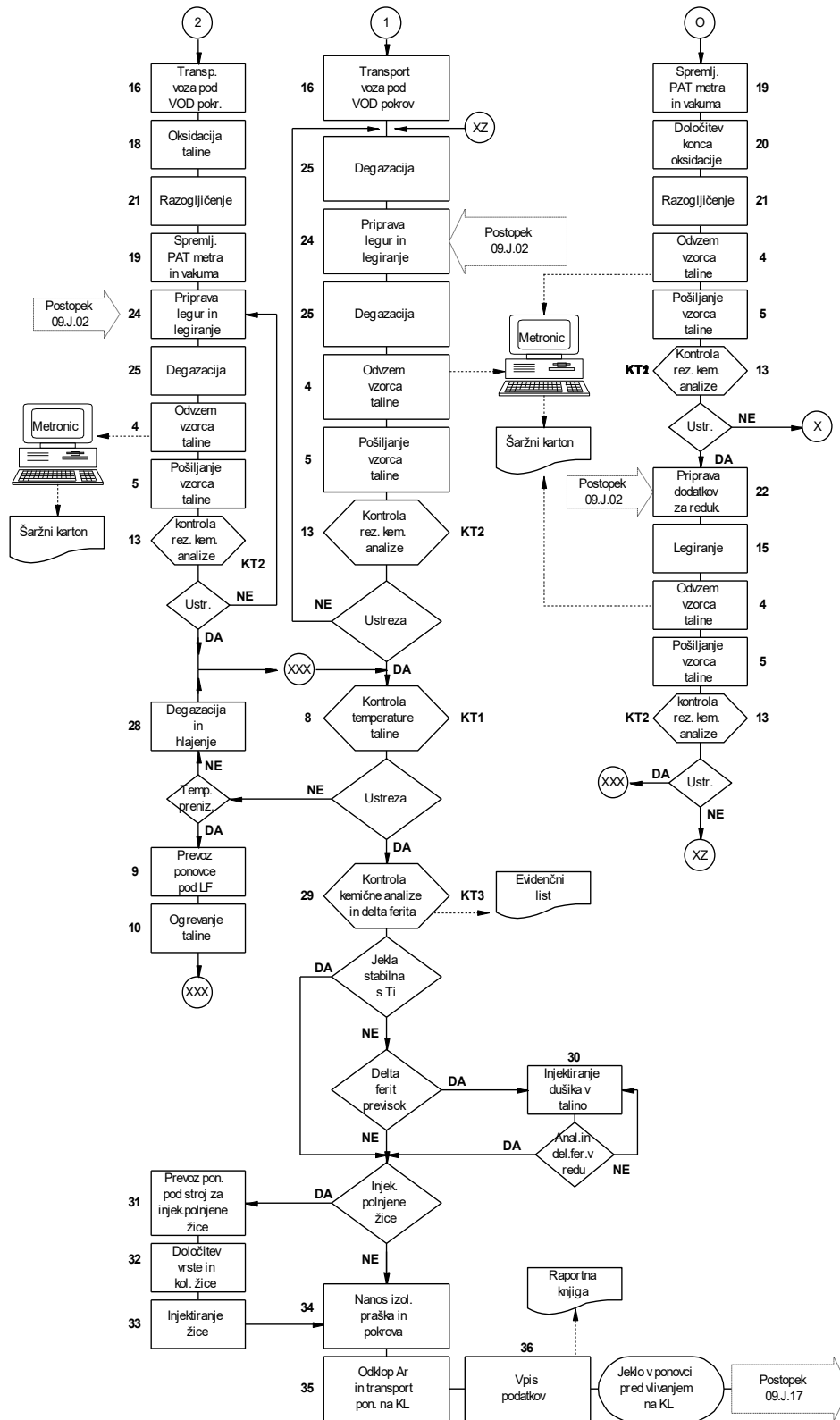


Vir: Acroni (2009, str. 13).

Priloga 3: Shema kontrolnega procesa sekundarne proizvodnje jekla v obratu Jeklarna

Slika 3: Shema kontrolnega procesa sekundarne proizvodnje jekla v obratu Jeklarna





Vir: Acroni (2010, str. 5–6).

Priloga 4: Struktura službe kontrole kakovosti v sekundarnem delu proizvodnje jekla v obratu Jeklarna

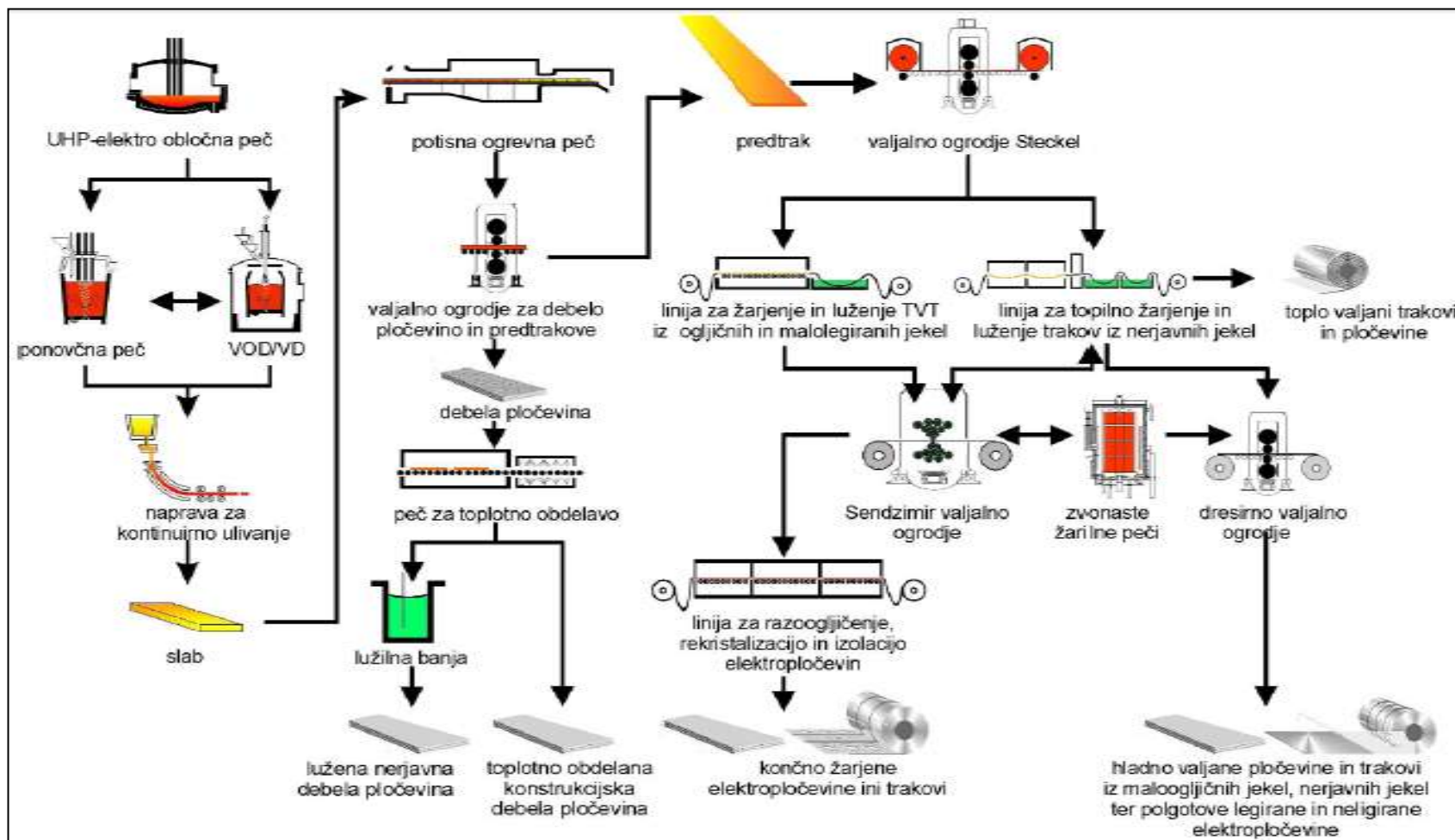
Tabela 1: Struktura službe kontrole kakovosti v sekundarnem delu proizvodnje jekla v obratu Jeklarna

Zap. št. iz sheme procesa	Dejavnost	Odgovoren in soodgovoren izvajalec						
		Industrijski inženir	Izmenski vodja proizvodnje	Izdelovalec jekla	Operator VOD/LF	Žerjavovodja 160/63	Talilec	Industrijski inženir - Vodja izdelave jekla
1	Sprejem ponovce s talino			O	S			
2	Transp. ponov. do mesta za posnemanje			O	S	S		
3	Priklop argona in posnemanje žlindre				O	S		
4	Transp. ponov. v VOD-komoro in prikl. Argona				O	S		
5	Odvzem vzorca taline				O			
6	Pošiljanje vzorca taline				O			
7	Merjenje temperature taline			S	O			
8	Kontrola temperature taline			S	O			
9	Prevoz ponovce pod LF	S		O	S			
10	Ogrevanje taline	S		O	S			
11	Dodatek apna slagdola	S		S	O			
12	Pokr. ponovce s pokrovom za oksidacijo			S	O			
13	Kontrola rezultata kemične analize			O	S			
14	Določitev potrebnih dodatkov	S		O	S			
15	Legiranje			S	O			
16	Transport voza pod VOD-pokrov			S	O			
17	Določitev potrebne količine kisika za oksidacijo	S		O	S			
18	Oksidacija taline	S		S	O			
19	Spremljanje PAT metra in vakuma			O	S			
20	Določitev konca oksidacije	S		O	S			
21	Razogljichenje			O	S			
22	Priprava dodatkov za redukcijo	S		O	S			
23	Meritev potenciala kisika			S	O			
24	Priprava legur in legiranje			O			S	
25	Degazacija			S	O			
26	Določitev nadomestne šarže	S	O	S				S
27	Vpis spremembe programa			O				
28	Degazacija in hlajenje			S	O			
29	Kontrola kemične analize in delta ferita			O	S			
30	Injektiranje dušika v talino			O	S			
31	Prevoz ponov. pod stroj za injekt. polnjene žice			S	O			
32	Določitev vrste in količine žice	S		O	S			
33	Injektiranje žice			S	O			
34	Nanos izolacijskega praška in pokrova			S			O	
35	Odklop Ar in transport ponovce na KL			S		S	O	
36	Vpis podatkov			O	S			

Vir: Acroni (2010, str. 7).

Priloga 5: Shema tehnološke poti jekla od izdelave in predelave do opreme

Slika 4: Shema tehnološke poti jekla od izdelave in predelave do opreme



Vir: Acroni (2009, str. 16).