

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MANAGEMENT

ZAKLJUČNA PROJEKTNA NALOGA

ROBERT OZANIČ

KOPER, 2018



UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MANAGEMENT

Zaključna projektna naloga

**VPELJAVA PROCESNEGA FMEA-ja KOT ORODJA  
ZA MANAGEMENT KAKOVOSTI LOGISTIČNIH  
PROCESOV**

Robert Ozanič

Koper, 2018

Mentor: prof. dr. Roberto Biloslavo



## POVZETEK

Kompleksnost logističnih procesov je zaradi želje po povečanju prilagodljivosti nabavne verige navkljub intenzivni uporabi IKT (informacijsko komunikacijske tehnologije) vse večja, s tem pa se izgublja transparentnost nad potekom posameznih procesov. Ob številni konkurenci na trgu mora podjetje ne samo konkurirati z vitko proizvodnjo in kakovostnimi izdelki, temveč svojo prednost iskati tudi v optimizaciji ostalih procesov, kot je npr. logistika. Kompleksnosti procesov ne rešujemo s povečevanjem števila zaposlenih, temveč z optimizacijo teh oz. z analizo prepoznanih zastojev ter uvedbami ustreznih rešitev. Korektivno reševanje napak pripelje do tega, da napake v procesu dopuščamo in jih na osnovi povratnih informacij sodelujočih v procesu oz. končnih uporabnikov rešujemo. Med orodji kakovosti so vse bolj v ospredje prodrle metode, ki omogočajo oz. opozarjajo, da je treba procese oz. aktivnosti premisliti v naprej in jih poskušati optimizirati. FMEA je metoda, ki se vse bolj uporablja ne samo za procese izdelave izdelkov, temveč tudi za analizo procesov v posrednih področjih. Logistični proces je eno ključnih področij, ki je močno vezano na proizvodnjo. Napake se lahko zgodijo pri prevzemu materiala, interni logistiki, pripravi materiala za proizvodnjo in odpremi.

*Ključne besede:* FMEA, logistika, proces, skladišče, kakovost.

## SUMMARY

Despite the intensive use of ICTs (information and communications technology), the complexity of the logistics processes is increasing due to the wish to increase the flexibility of the supply chain. This eliminates the transparency over the course of the individual processes. With plenty of competition in the market, the company must not only compete with lean production and quality products, but it must also seek its advantage in optimizing other processes such as logistics. The complexity of the processes is not solved by increasing staff, but by optimizing them or analysing the identified errors in congestion and by introducing appropriate solutions. Corrective troubleshooting leads to errors in the process being permitted and being solved on the basis of information provided by participants in the process and the end users. Among the forefront of quality tools we can observe methods that enable or point out that processes and activities have to be thought through and optimized. FMEA is a method that is increasingly being used not only for product manufacturing processes, but also for the analysis of processes in indirect areas. The logistics process is one of the key processes heavily bound to production. Errors can occur when the material is taken over, in the internal logistics, in the preparation of the material for production or at dispatching.

*Keywords:* FMEA, logistic, process, warehouse, quality.

UDK: 005.336.3:656(043.2)



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Robertu Biloslavu za pomoč pri izdelavi zaključne projektne naloge.

Za strokovno pomoč bi se zahvalil somentorici Poloni Lužan in svoji družini, ki me je podpirala in spodbujala pri študiju.





## VSEBINA

<b>1</b>	<b>Uvod.....</b>	<b>1</b>
	1.1 Opredelitev problema.....	1
	1.2 Namen in cilji naloge .....	2
	1.3 Metode dela.....	2
	1.4 Predpostavke in omejitve .....	2
<b>2</b>	<b>Kratka predstavitev podjetja Bosch Rexroth d. o. o.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Orodje kakovosti FMEA .....</b>	<b>6</b>
	3.1 Orodja kakovosti .....	7
	3.2 Zgodovina razvoja FMEA.....	9
	3.3 Vrste FMEA .....	9
<b>4</b>	<b>Študija primera .....</b>	<b>11</b>
	4.1 Obstoječi logistični sistem v podjetju (posnetek stanja) .....	11
	4.2 Posnetek stanja v skladišču .....	12
	4.2.1 Prezem materiala.....	12
	4.2.2 Skladiščenje.....	13
	4.2.3 Interna logistika.....	13
	4.2.4 Odprema materiala .....	14
	4.3 Prenova logističnega procesa s pomočjo FMEA .....	14
	4.3.1 Prezem materiala.....	15
	4.3.2 Skladiščenje.....	17
	4.3.3 Interna logistika.....	19
	4.3.4 Odprema materiala .....	21
	4.4 Prednosti in slabosti spremembe logističnih procesov.....	22
<b>5</b>	<b>Zaključek .....</b>	<b>23</b>
	5.1 Spoznanja .....	23
	5.2 Predlogi za prakso .....	26
	<b>Literatura.....</b>	<b>27</b>

## **SLIKE**

Slika 1: Nova lokacija v Škofji Loki .....	3
Slika 2: Strukturna analiza procesa logistike .....	15
Slika 3: Strukturna analiza prevzema materiala .....	16
Slika 4: Strukturna analiza skladiščenja .....	18
Slika 5: Strukturna analiza interne logistike.....	19
Slika 6: Strukturna analiza odpreme materiala.....	21

# 1 UVOD

Globalni gospodarski trg postaja vse bolj neusmiljen do podjetij. Razlike v konkurenčnosti med podjetji postajajo vse manjše, zato svoje kakovosti ne poskušajo dokazovati samo s kakovostjo proizvodov, točnimi dobavnimi roki, sledenjem ISO standardom in normam, temveč se tudi znotraj poslovanja trudijo procese urediti najbolj optimalno. Poleg optimizacije pa je potrebna tudi ideja o vpetju preventive in stalnih izboljšav, saj smo le s stalnimi izboljšavami in inovativnostjo lahko konkurenčni na trgu.

Kakovost izdelkov in storitev je rezultat kakovosti dela in prizadevanj vseh zaposlenih, ki so vključeni v proces dela, od ideje do končnega izdelka. Kakovost je eno od glavnih meril, po katerem se ocenjujejo podjetja. Stalnost pri doseganju visoke kakovosti izdelkov omogoča lažje preživetje na sicer zahtevnem globalnem trgu.

Eno izmed najbolj razširjenih orodij kakovosti, ki se lahko uporabi ne samo na izdelkih, temveč tudi v procesih, je FMEA (Failure Mode and Effects oz. analiza možnih napak in njihovih posledic).

Metoda FMEA iz oddelkov kakovosti, razvoja, tehnologije in proizvodnje počasi prehaja tudi v ostale oddelke, kot je logistika. Logistika je eno izmed pomembnejših vhodnih in izhodnih elementov podjetja, zato ji uspešna postavitev procesov omogoča vpliv na stabilizacijo ostalih, ki so z njo tesno povezani.

FMEA omogoča sistematični nadzor procesa, ki ga želimo izboljšati. Omogoča pregled stanja, usmerja v iskanje možnih napak oziroma odstopanj ter privede do sistematičnega odpravljanja napak.

S pomočjo metode FMEA je že v fazi načrtovanja (razvoja novega proizvoda) mogoče oceniti funkcijo proizvoda v smislu tržnih – odjemalčevih pričakovanj (Kokol 2006).

## 1.1 Opredelitev problema

Problem, ki ga obravnavamo, izhaja iz prehoda iz starega informacijskega sistema na novi informacijski sistem SAP.

Prehod je povzročil prilagoditev delovnih procesov, kar je od podjetja zahtevalo implementacijo orodja FMEA v logističnem procesu za analizo šibkih točk. Ker je literature o orodju FMEA še relativno malo, bomo v nalogi proučili:

- Ali je FMEA prava metoda za analizo in optimizacijo logističnih procesov?
- Ali lahko s pomočjo te metode določimo glavne šibkosti v procesu in ali nas te lahko vodijo v iskanje rešitev za izboljšanje procesa?
- Ali s pomočjo metode FMEA lahko določimo ukrepe, ki sledijo rezultatu analize?

## **1.2 Namen in cilji naloge**

Namen naloge je pokazati uporabnost orodja kakovosti FMEA ne samo v proizvodnih procesih, temveč tudi v logistiki. Orodje nam omogoča celovito obravnavo procesa, določitev morebitnih napak, njihovo vrednotenje ter razvoj akcijskega načrta za odpravo morebitnih napak. Rezultat vpeljave FMEA je tudi kontrolni načrt. To je preprost pregled nadzora procesa in dodelitev potrebnih aktivnosti. Vsebuje vse korake procesa od prevzema blaga do odpreme končnih izdelkov, vključno s kontrolnimi pregledi, ki se spreminjajo v procesu.

Cilji naloge so:

- pregledati teoretične zapise orodja kakovosti FMEA;
- proučiti delovanje računalniškega sistema APIS, ki omogoča uporabo metode FMEA;
- s pomočjo orodja FMEA analizirati trenutne procese v logistiki in določiti ukrepe za izboljšanje, stabilnost in zmanjšanje napak v procesu;
- uvesti kontrolni načrt v logistični proces.

## **1.3 Metode dela**

V uvodnem delu naloge bomo s pomočjo analize in sinteze del tujih in domačih avtorjev predstavili izsledke o orodjih za zagotavljanje kakovosti s posebnim poudarkom na primeru logistike in orodja FMEA. V empiričnem delu naloge pa bomo uporabili študijo primera. Prikazali bomo implementacijo in izvedbo FMEA v logistiki izbranega podjetja, za kar bomo uporabili programsko orodje APIS, ki je na razpolago v obravnavanem podjetju.

## **1.4 Predpostavke in omejitve**

Predpostavljamo, da bo izvedba FMEA s pomočjo programa APIS omogočala samodejni izvoz kontrolnega načrta. FMEA bo pokazal, kateri koraki v procesu so med najbolj kritičnimi in na katere se mora ekipa najbolj osredotočiti.

Pri izdelavi FMEA ne pričakujemo večjih težav, saj udeleženci izpolnjujejo potrebne pogoje za izdelavo FMEA, prav tako predpostavljamo, da ne bo težav z uporabo računalniškega programa APIS.

Omejitev v izbranem podjetju lahko pričakujemo le glede morebitnih občutljivih informacij, za katere bomo morali od vodstva pridobiti ustrezna dovoljenja. Druga omejitev predstavlja uporabo študije primera, zaradi česar spoznanj ne bo možno neposredno prenesti v druga okolja oz. organizacije.

## 2 KRATKA PREDSTAVITEV PODJETJA BOSCH REXROTH D. O. O.

Začetki podjetja segajo v leto 1982, ko se je začelo sodelovanje med podjetjema ISKRA Železniki in INDRAMATOM iz Nemčije. To sodelovanje se je še okrepilo, ko so v Domelu v Železnikih leta 1986 ustanovili ločen oddelek za proizvodnjo pogonskih motorjev. Ko je Mannesmann Rexroth odkupil 100 % deleža Domelove proizvodnje pogonskih motorjev, je ta prešla v nemške roke in takrat se je ustanovilo podjetje Indramat elektromotorji d. o. o. Z razvojem podjetja je prišla tudi pridobitev certifikata ISO 9001 v letu 2000. V letu 2001 je Robert Bosch prevzel Mannseman Rexroth in v letu 2002 je Bosch Rexroth postal 100 % lastnik podjetja Indramat elektromotorji d. o. o. Zaradi vse večjih naročil in prostorske stiske se je del podjetja v letu 2003 preselil na novo lokacijo v Škofji Loki (Bosch Rexroth 2016a).



**Slika 1: Nova lokacija v Škofji Loki**

Vir: Bosch Rexroth 2016b

V letu 2003 je podjetje začelo proizvodnjo varilnih transformatorjev, ki jih je prodajalo znanim kupcem, kot sta Audi in BMW. Že naslednje leto pa se je proizvodnji v Škofji Loki pridružil še razvojni oddelek, ki je bil do leta 2004 v Ljubljani. V letu 2004 je podjetje pridobilo certifikat ISO 14000 in leto kasneje uvedlo še standard ISO 14001. V naslednjih desetih letih je prevzelo celotno proizvodnjo linearnih motorjev, ki so jih izdelovali v Nemčiji, začelo proizvodnjo statorjev MSK, novo trafo-platformo za avtomobilsko industrijo, proizvodnjo gredi, linearnih motorjev brez železa ter nazadnje še najnovjšo proizvodnjo linijo MS2N. V letu 2016 se je podjetje Indramat elektromotorji d. o. o. preimenovalo v Bosch Rexroth d. o. o. (Bosch Rexroth 2016a).

Podjetje Bosch Rexroth d. o. o. danes posluje kot mednarodno podjetje, preko matičnega podjetja Robert Bosch. Podjetje izdeluje tehnološko zahtevne izdelke (in polizdelke) manjših serij (do 5000 kosov). S svojim znanjem sodeluje pri izvedbi različnih projektov (v prototipni fazi) z ostalimi podjetji znotraj koncerna Bosch. Razmere na svetovnem trgu so se od časa globalizacije vedno bolj zaostrovale. »Know-how«, prilagodljivost zaposlenih, kakovostni izdelki in inovativnost so pri tem najmočnejši aduti podjetja za uspešno delovanje na globalnem trgu. Hitro prilagajanje in odzivnost na zahteve kupcev podjetju omogočata uspešno poslovanje in zadovoljstvo tako lastnikov kot tudi zaposlenih za dolgoročni obstoj na globalnem trgu. Poslanstvo podjetja so prilagodljivost proizvodnje in razvoj motorjev, ki zahtevajo tehnično znanje v majhnih serijah, kakovost izdelkov in zanesljivost dobav. Najpomembnejši izdelki podjetja so (Bosch Rexroth 2016a):

- motorji z ohišjem (uporabljajo se pri npr. tiskarskih strojih),
- vodno hlajeni motorji z ohišjem (uporabljajo se za stroje CNC),
- linearni motorji,
- varilni transformatorji (uporabljajo se pri robotskih rokah),
- statorji (MKD, MHD, MSK),
- sinhroni motorji z ohišjem,
- linearni motorji brez železa.

V podjetju je trenutno zaposlenih 374 delavcev, ki razvijajo in proizvajajo motorje ter transformatorje za potrebe avtomobilske industrije, obdelovalne stroje in avtomatizacijo proizvodnje. Uspešno poslovanje prinaša zadovoljstvo lastnikov in pridobitev novih projektov. Podjetje veliko vlaga v usposabljanje zaposlenih, ki visoko motivirani prispevajo k rasti podjetja. Podjetje ima v javnosti jasno prepoznavno celostno podobo glede svoje pozitivne naravnosti v zvezi z varnostjo pri delu zaposlenih in okolijsko problematiko (Bosch Rexroth 2016a). Sem spadajo:

- Trajnost: Zavedajo se, da mora biti ravnanje v skladu z ekonomijo, ekologijo in z odgovornostjo do skupnosti kot tudi do prihodnjih generacij. Osnovna načela podjetja so skrb za varnost in zdravje zaposlenih, varčno ravnanje z viri kot tudi skrb za čisto okolje.
- Odgovornost: Naloga vseh zaposlenih je, da preprečujejo možne nevarnosti za ljudi in okolje ter se strogo držijo zakonodajnih in drugih zahtev s področja varnosti in zdravja pri delu ter varovanja okolja. Poleg tega so ene od vodilnih nalog tudi prepoznavanje možnih nevarnosti, njihovo ocenjevanje in sprejemanje primernih ukrepov.
- Procesi: Procese razvijajo ob upoštevanju gospodarnosti tako, da dajejo prednost varnosti in zdravju ljudi ter zmanjševanju vpliva na okolje na najmanjšo možno mero. Pripravljeni so za obvladovanje izrednih razmer. To je osnova za sodelovanje z dobavitelji in pogodbeniki.
- Stalne izboljšave: Procese in delovanje redno nadzorujejo. Merijo njihove učinke na ljudi in okolje. Na tak način prepoznajo šibke točke in možnosti izboljšav. Izsledki jim

omogočajo oblikovanje učinkovitega programa za varnost in zdravje pri delu ter varovanje okolja.

- Izdelki: Razvijajo in izdelujejo izdelke, ki so varni, okolju prijazni in varčni. Izdelki povečujejo varnost za ljudi in zmanjšujejo obremenitve okolja, tudi kasneje pri recikliranju in odstranjevanju (Bosch Rexroth 2016a).

### 3 ORODJE KAKOVOSTI FMEA

FMEA – analiza možnih napak in njihovih posledic je metoda, s katero naj bi že vnaprej odkrili in preprečili napake do katerih lahko pride v procesu izdelave izdelka. Metoda izhaja iz problematike nastajanja in odpravljanja napak pri razvoju izdelka. To pomeni, da največ napak izhaja iz prvih faz nastajanja tako izdelka kot tudi procesa, kot so načrtovanje, razvoj in uvajanje v proizvodnjo. Prav odpravljanje napak v prvih fazah nastajanja nam omogoča bistveno cenejšo izdelavo izdelka, kot če napake odkrijemo v kasnejših fazah, kot so proizvodnja, preskušanje in uporaba. Pri izvajanju analize FMEA se največkrat vprašamo, kaj gre lahko narobe, kakšen je vzrok, da gre nekaj narobe in kakšen je učinek na to, kar gre narobe (Fejfar 2011, 13).

FMEA se uporablja (Bosch Rexroth 2016c):

- v fazi snovanja proizvoda,
- v fazi razvoja in konstrukcije,
- v fazi poskušanja.

Metoda FMEA omogoča (Fejfar 2011, 14):

- zmanjševanje stroškov pri odpravljanju napak,
- zgodnje odkrivanje napak,
- zmanjševanje tveganja zaradi napak,
- izboljšanje zanesljivosti proizvoda.

S pomočjo metode FMEA predvidevamo napake in jih razvrstimo glede na pomembnost, pri tem pa upoštevamo (Fejfar 2011, 14):

- verjetnost, da se bo napaka ponovila,
- možnost, da bo ta napaka prišla do odjemalca,
- ocenitev resnosti učinka te napake.

Iz takšne ocenitve dobimo razvrstitev v obliki dejavnika – stopnje pomembnosti napake (SPN) ali angleško RPN (Risk Priority Number). V tej fazi lahko načrtujemo ukrepe, s pomočjo katerih bomo potencialne napake onemogočili ali jih minimizirali. Ko so ukrepi izvedeni, je treba FMEA ponoviti za enako težavo s ciljem, da so ukrepi zares onemogočili nastanek potencialnih napak (Fejfar 2011, 15).

Izvedba FMEA naj bi potekala po sistematičnem pristopu. Priporočen pristop je sestavljen iz osmih korakov (Stamatis 2003, 23–25):

1. Določitev skupine, zbiranje in soočanje idej (brainstorming) – zagotoviti moramo, da so v skupini ljudje, ki so pripravljeni sodelovati, imajo znanje in disciplino. Skupina naj bi obsegala do šest članov iz različnih področij.
2. Uporaba diagrama – ideja je, da zagotovimo, da je celotna skupina na isti valovni dolžini. Vprašamo se, ali vsi sodelujoči razumejo težava, s katero se bodo spopadli. S tem diagramom dosežemo pregled nad procesom, omogoča pa nam lažje razumevanje težave.



Določimo prioritete – ko skupina razume, kakšen problem je treba rešiti, začnemo dejansko analizo težave. Najpogostejši vprašanji sta: »Kateri del je pomemben?« in »Kje naj skupina sploh začne?«

3. Zbiranje podatkov – v tej fazi skupina začne zbirati podatke o napakah in jih pravilno razporedi v obrazec FMEA za napake.
4. Analiza podatkov – podatki, ki smo jih vpisali v obrazec FMEA, nam povejo več o težavi, ki jo moramo rešiti, s tem pa si tudi pomagamo pri odločitvah, ki jih bomo sprejeli pri reševanju težave. Pri analizi lahko skupina uporablja brainstorming, statistični nadzor procesa, Pareto diagram in ostale analize, za katere misli, da bi bili zanje najbolj uporabni. Dobljeni podatki iz analize bodo uporabljeni za izpolnitev obrazca FMEA v povezavi z napakami, obstoječimi kontrolami in razpravo o oceni pojava, zaznavanja in resnosti napak.
5. Rezultati – predvidene napake razdelimo glede na verjetnost ponavljanja napak, resnost napake, zaznavanja napake in jih ovrednotimo po stopnji pomembnosti napake.
6. Ukrepi – v tej fazi že dobimo rezultate, ki smo jih zabeležili. Porajajo se nam tri pomembna vprašanja: »Ali je situacija boljša kot prej?«, »Ali je situacija slabša kot prej?« in »Ali je situacija enaka kot prej?«
7. Naredimo vse še enkrat – še enkrat preverimo vse korake, da preverimo, ali smo onemogočili nastanek mogočih napak in dejansko napredovali pri odpravi napak.

Cilji uporabe orodja FMEA so odkrivanje in izločevanje morebitnih vzrokov za napake, dokumentiranje procesa načrtovanja in razvoja ter prepoznavanje ukrepov, ki jih lahko izvedemo, da izločimo vzroke potencialnih napak, povečamo možnost zaznavanja napak, zmanjšamo možnost pojava napak in zmanjšujemo resnost napak (Stamatis 2003, 25).

### **3.1 Orodja kakovosti**

Pri razreševanju vedno bolj zapletenih težav je uporaba orodij kakovosti vse bolj zaželeno, saj nam pomagajo pri razumevanju, reševanju, odpravljanju in izboljševanju procesov. Pomembno je, da ljudje, ki so povezani z nadzorom kakovosti, preprečevanjem neustrezne kakovosti in izboljševanjem procesov, dobro poznajo orodja in tehnike, njihove značilnosti in omejitve ter so z njihovo uporabo sposobni reševati različne težave, s katerimi se srečujejo pri delu (Marolt in Gomišček 2005, 215–216).

Orodja kakovosti delimo med statistična in nestatistična orodja managementa kakovosti. Nestatističnih orodij managementa kakovosti je štiriindvajset (Marolt in Gomišček 2005, 216). Za uporabo oz. nadgradnjo analize FMEA niso uporabna vsa orodja, zato bom opisal samo tiste, ki bi jih kasneje lahko uporabili pri nadgradnji FMEA.

Brainstorming – sproščeno skupinsko sodelovanje ljudi, ki odprto podajajo svoja razmišljanja, zamisli, ideje, na osnovi katerih se izoblikujejo izhodišča, ki nas pripeljejo do ustreznih rešitev.

Zelo pomembna sta sodelovanje in enakopravnost vseh članov skupine pri izražanju svojih zamisli, saj mora vsak udeleženec podati idejo. Če kdo v danem trenutku nima ideje, se cikel nadaljuje naprej do drugega udeleženca. Ta cikel ponovimo večkrat, da dobimo čim večje število idej, ne glede na kakovost. Zelo pomemben pa je tudi pozitiven odnos vseh sodelujočih do lastnih in tujih idej. Za izvedbo so pomembne (Mikulak, McDermott in Beauregard 2008, 32):

- dobra tehnična priprava,
- pravočasna seznanitev s težavo,
- časovna omejitev sestanka,
- prava izbira ljudi.

Pareto diagram je graf, ki prikazuje težave, ki so razporejene po pomembnosti vplivov na možne vzroke napak. Je zelo preprost, saj je iz njega hitro mogoče razbrati, kaj nam povzroča največje težave (Usmani 2015b, 1).

Za Pareto diagram je značilna trditev 20/80, kar pomeni, da 20 % napak povzroči 80 % težav. S pomočjo Pareto diagrama se osredotočimo na dve najpomembnejši napaki, ki v večini primerov odpravita 80 % negativnih učinkov. Teh 20 % napak predstavlja majhno, vendar zelo pomembno število napak v primerjavi z ostalimi 80 % napak (Usmani 2015b, 1).

Pareto diagram lahko uporabljamo v naslednjih primerih (Usmani 2015b, 1):

- ko imamo veliko podatkov in jih želimo analizirati,
- ko želimo ugotoviti glavni vzrok za večino težav,
- ko želimo imeti prednostne naloge.

Pareto diagram omogoča (Usmani 2015b, 1):

- prepoznavo tistih delov, pri katerih nam ukrepi za preprečevanje napak nudijo največje koristi,
- prepoznavo številčno majhnih, vendar zelo pomembnih napak,
- grafični prikaz napak.

Pareto diagram je zelo uporaben graf za vodje projektov. Vodjem projektov pomaga prepoznati nekaj pomembnih vzrokov za številne težave. Prav tako jim omogoča, da dajo prioritete svojim nalogam in dejavnostim. Pareto diagram je preprosto narisati, uporabljati in z njim s težavami seznaniti zainteresirane strani (Usmani 2015b, 1).

Diagram vzrokov in posledic (imenovan tudi Ishikawa oz. diagram ribje kosti) vizualno kategorizira možne vzroke za nastalo težavo na osnovi prepoznavanja osnovnih vzrokov. Diagram je izumil Kaoru Ishikawa za pomoč zaposlenim, da bi se izognili vzroku, ki bi lahko še povečali težavo. Zelo je pomembno je namreč, da vemo, kateri je pravi vzrok za težave, preden začnemo razmišljati o vseh možnih rešitvah (Usmani, 2015a).

Diagram vzrokov in posledic nam da obsežen seznam možnih vzrokov za identifikacijo glavnega vzroka težave. Prva prednost tega orodja je, da omogoča boljše razumevanje težave in lahko v eni potezi odpravi vzrok, namesto da težavo rešujemo postopno v več delih (Usmani 2015a, 1).

Diagram uporablja tehniko viharjenja možganov (brainstorming) za zbiranje vzrokov. Z njim pridemo do neke vrste miselnega vzorca, ki nam vse ugotovljene vzroke prikazuje v grafični obliki. Včasih se zgodi, da se najbolj očiten razlog oz. vzrok za težave izkaže kot manjši problem in da se manjši vzrok izkaže kot največji problem. Ta grafikon nam daje možnost, da temeljito razmislimo o glavnem vzroku težave, ki vodi do zaključka (Usmani 2015a, 1).

Diagram nas prisili, da proučimo vse možne vzroke težave, namesto da se osredotočimo le na najbolj očitne. Tu so vzroki razvrščeni v več kategorij, da zlahka prepoznamo pravi vir variacij (Usmani 2015a, 1).

Diagram ribje kosti je zelo pomembno orodje pri ugotavljanju vzroka težave. Čeprav za pravilno postavitev tega diagram porabimo kar nekaj časa, so koristi ogromne. To orodje nam največkrat pomaga odstraniti vzroke težave in poglobiti razumevanje med člani tima. V današnjih časih diagram ribje kosti uporabljajo v vseh gospodarskih panogah ne glede na to, ali gre za proizvodnjo, trženje, vodenje projektov itd. (Usmani 2015a, 1).

### **3.2 Zgodovina razvoja FMEA**

FMEA je v zgodnjih 60. letih prejšnjega stoletja najprej začela uporabljati ameriška NASA (National Aeronautics and Space Administration) v programih Apollo, Viking, Voyager itd. Nekaj let kasneje, leta 1967, pa so FMEA začeli uporabljati tudi v civilnem letalstvu. V 70. letih prejšnjega stoletja FMEA že prodre tudi na področje industrije. Tako jo uporabijo pri presoji o iskanju nafte na morju, opisu čistilnih naprav, v živilski industriji in ne nazadnje tudi v avtomobilski industriji, kjer je prvi uporabnik Ford. Leta 1993 je AIAG (Automotive Industry Action Group) prvi objavil standarde za avtomobilsko industrijo, ki so v veljavi še danes. Izdali so že četrto različico. Čeprav je bil FMEA prvotno razvit za uporabo v vojaške namene, ga zdaj uporabljajo v različnih industrijah, tako na področju prehrambnih storitvenih dejavnosti, plastike, programske opreme in zdravstvenega varstva (Wikipedia 2016, 1).

### **3.3 Vrste FMEA**

FMEA delimo v različne skupine glede na obseg in smernice tem, ki jih obravnava. Najširši razpon zajema sistemski FMEA. Načelo, ki ga predstavlja, je, da se v ekipo sodelujočih vpletejo tako kupec, razvijalec, proizvajalec kot tudi dobavitelj. Sistemski FMEA tako pokriva želje in omejitve vseh sodelujočih strani (Mraz 2010, 12).

Dizajn FMEA (v nadaljevanju D-FMEA) se izvaja v fazi razvoja izdelka. V tem koraku se osredotočamo na iskanje morebitnih napak oz. nevarnosti, ki bi lahko privedle do slabe konstrukcije izdelka (Mraz 2010, 12).

Procesni FMEA (v nadaljevanju P-FMEA) se osredotoča na prepoznavanje morebitnih nevarnosti oz. šibkih točk v procesu. P-FMEA je trenutno najbolj razširjen za procese v proizvodnji, vendar njegove prednosti lahko uporabimo za analizo ostalih procesov, kot je npr. logistika (Mraz 2010, 12).

V nadaljevanju se bomo osredotočili na predstavitev dejanske uporabe P-FMEA v enem izmed logističnih procesov.

## 4 ŠTUDIJA PRIMERA

Na začetku leta 2016 je iz centralnega oddelka matičnega podjetja Bosch Rexroth prišla zahteva po pregledu procesov logistike in izvedbi pregleda s pomočjo FMEA ter nadgradnji z izdelavo kontrolnega načrta. V podjetju je oddelek kakovosti. Eni izmed njegovih nalog sta modeliranje in nadzor nad procesom izvajanja FMEA. Oddelek načrtuje FMEA za obdobje treh let, na osnovi katerega razporedi razpoložljive kapacitete. Kratkoročna zahteva po implementaciji oz. izdelavi logističnega FMEA je zahtevala prilagoditev letnega načrta in celotnega podjetja. Skupaj z ostalimi oddelki v podjetju se je ocenil tveganje predstavitev oz. zamaknitve ostalih FMEA in izpolnitve zahteve po izdelavi logističnega FMEA v pol leta.

Po Boschevih zahtevah mora biti vsak član ekipe ustrezno usposobljen z osnovnim znanjem FMEA. Vsi sodelujoči so že imeli opravljeno osnovno izobraževanje preko WEB šolanja (interno šolanje, opravljeno preko spleta, ki ga lansira centrala matičnega podjetja).

### 4.1 Obstoječi logistični sistem v podjetju (posnetek stanja)

Eden izmed ključnih oddelkov v proizvodnem podjetju je logistika. V izbranem podjetju je sestavljena iz več pododdelkov:

- oskrba z materialom (ločena od nabavnega oddelka),
- planska služba,
- skladišče.

Oskrba z materialom je zadolžena, da je material, ki ga kupujemo, bodisi na domačem trgu ali na tujem trgu, vedno v podjetju ob pravem času in primerni količini, glede na potrebe proizvodnje. Uspešnost oskrbe z materialom je v veliki meri odvisna od odnosov oz. povezanosti tako z drugimi oddelki v podjetju kot tudi z našimi dobavitelji.

V našem podjetju oskrba z materialom skrbi za 80 domačih in 60 tujih dobaviteljev.

Tuje dobavitelje ločimo še na dobavitelje, ki so znotraj Evropske unije, kot je naša največja partnerica Nemčija, in dobavitelje, ki prihajajo iz držav izven Evropske unije, kot sta v našem primeru Kitajska in Turčija.

V podjetju imajo planski oddelek, kjer je zaposlenih 6 planerjev. Vsak planer je zadolžen za določeno linijo proizvodov. V podjetju uporabljajo dve vrsti načrtovanja, dolgoročno in kratkoročno. Dolgoročno načrtovanje vključuje vnašanje napovedi za tekoče leto v informacijski sistem, med kratkoročno načrtovanje pa spada dnevno načrtovanje dela proizvodnih linij. Naloge planerjev so:

- izdelovanje in spremljanje terminskega načrta proizvodnje,
- odpiranje, urejanje, usklajevanje in razporejanje delovnih nalogov v programu SAP,
- eskaliranje zamud,

- nadziranje in uravnavanje zalog v supermarketih,
- spremljanje in optimizacija zalog,
- načrtovanje delavcev glede na potrebe naročil in glede na dolgoročni načrt,
- usklajevanje aktivnosti s centralno službo logistike v Nemčiji.

Ker naročila zelo nihajo, je naloga planerjev, da jih porazdelijo glede na kapacitete ljudi v proizvodnji. Če je ljudi premalo, morajo odrediti nadurno delo ter obratno, če je premalo naročil glede na kapacitete delavcev, jih je treba napotiti na čakanje na dom ali pa jih prerazporediti na druge linije. Planerji dnevno komunicirajo s proizvodnjo in se udeležujejo rednih dnevnih sestankov.

Skladišče je prostor, kamor shranjujemo material, ki je potreben, da lahko proizvodnja nemoteno proizvaja izdelke, ki so jih naročili kupci. Skladiščni prostori morajo zagotavljati ustrezne pogoje, ki so potrebni, da se material ne uniči oz. poškoduje. Tudi razporeditev znotraj skladišča mora biti taka, da je dostop do materiala vedno mogoč v najkrajšem možnem času. To pomeni, so proste transportne poti, da imamo na razpolago sredstva, s katerimi lahko dosežemo materiale tudi na višjih položajih, in da imamo ustrezno informacijsko podporo.

Odzivnost skladišča pri pripravi materiala za proizvodnjo in točnost stanja materiala, ki je na zalogi, bistveno vplivata tako na oskrbo z materialom kot tudi na načrtovanje proizvodnje. V skladišču je tudi bistvenega pomena, da z materialom delamo, kot da je naša last. Skladišče je razdeljeno na dve lokaciji. Eno skladišče deluje v Škofji Loki, drugo pa v Železnikih.

V skladišču je zaposlenih deset skladiščnikov in dva oskrbovalca linij (milkrunnerja). Naloge skladišča so prevzem materiala, skladiščenje materiala, interna logistika in odprema končnih izdelkov.

V letu 2015 smo v podjetju zamenjali informacijski sistem in prešli na SAP, ki nam je omogočil kar nekaj izboljšav.

## **4.2 Posnetek stanja v skladišču**

### **4.2.1 Prevzem materiala**

Pri prevzemu materiala so vključeni milkrunner, kot pri nas imenujemo osebo, ki je zadolžena za transport, skladiščnik in vhodni kontrolor. Naloga milkrunnerja je, da s tovornjaka zloži material in ga pripelje v skladišče, kjer je prostor za material, ki še ni prevzet.

Skladiščnik material prevzame na osnovi dobavnice, ki naj bi vsebovala številko naročila, po katerem skladiščnik lahko naredi prevzem v informacijski sistem SAP. Številka naročila je lahko kreirana kot LPA in se začne s 550 ... ali pa kot navadno naročilo, ki se začne kot 450 ...

Poleg številke naročila mora dobavnica vsebovati še naziv materiala, kodo materiala, število kosov, številko dobavnice in naziv dobavitelja. Po prevzemu v informacijski sistem SAP nam ta na osnovi označenih materialov vhodne kontrole izpiše list, ki skladiščniku pove, da mora določen material dostaviti v vhodno kontrolo. Za materiale, ki ne gredo skozi proces kontrole, pa sistem izpiše transportne naloge, ki jih skladiščnik razporedi na dobavljeni material.

Naloga vhodnega kontrolorja je, da pregleda material, ki ga je dobil s prevzema, in ga po opravljenih meritvah vrne na prevzem kot dobrega ali pa ga obdrži pri sebi in material reklamira kot slabega.

#### **4.2.2 Skladiščenje**

Pri uskladiščenju materiala ima največjo odgovornost skladiščnik, ki se mora odločiti, kam, kako, na kakšen način bo uskladiščil material. Pri uskladiščenju materiala mora skladiščnik material poznati do te mere, da ve, v katero skladišče ga mora uskladiščiti.

Skladišče delimo na glavno skladišče, ki je sestavljeno iz notranjega skladišča, ki je v stavbi, in zunanega skladišča, ki je zunaj stavbe v industrijskem šotoru. Imamo še skladišče nevarnih snovi in skladišče odpadkov.

Uskladiščenje materiala poteka s pomočjo optičnega čitalnika, s katerim skladiščnik na transportnem nalogu odčita številko transportnega naloga, ki jo nato informacijski sistem poveže z odčitanim mestom, kamor skladiščnik postavi material. Prav na osnovi novega informacijskega sistema pa imamo zagotovljen sistem FIFO (first in - first out).

Pri skladiščenju materialov je zelo pomembno, da imamo zagotovljene predpisane pogoje skladiščenja. Tukaj mislimo predvsem na zagotavljanje prave temperature in vlage v skladišču, saj se material, ki je izpostavljen nepravilnim pogojem, lahko poškoduje do te mere, da ni več uporaben za nadaljnjo obdelavo. Pri skladiščenju je zelo pomembno tudi, da imamo proste transportne poti in skrbimo za red in čistočo.

Poseben del skladiščenja pa je skladišče nevarnih snovi, v katerem mora biti poleg predpisane temperature in vlage zgrajena tudi lovilna posoda, ki zagotavlja preprečitev izliva nevarnih snovi v okolje. Pri nevarnih snoveh moramo biti še posebej pozorni na to, kako z njimi rokujemo, in na rok uporabe.

#### **4.2.3 Interna logistika**

Pri interni logistiki je najbolj pomembno, da je predpisan material v predpisani količini na razpolago na predpisanem mestu, v predpisnem času in predpisani kakovosti za proizvodnjo.

Če hočemo zajeti vse to, morajo pri tem sodelovati planer, skladiščnik in milkrunner.

Planer najprej splanira proizvodnjo, nato skladiščnik na osnovi delovnih nalogov pripravi material, pripravljen material pa milkrunner z vlakom razvozi po celotni proizvodnji.

#### **4.2.4 Odprema materiala**

V odpremo materiala so vključeni proizvodnja, milkrunner in skladiščnik. Proizvodnja ima nalogo, da vse končne proizvode, ki jih proizvede, tudi zapakira po točno določenih predpisih in pripravi transportne naloge, ki končne izdelke spremljajo do skladišča.

Vse zapakirane končne izdelke milkrunner pripelje pred skladišče, kjer jih poveže s trakom.

Skladiščnik na osnovi spremljajočih transportnih nalogih v informacijskem sistemu kreira dobavnico, ki jo odloži na zapakiran material. Ko so narejene vse dobavnice, mora skladiščnik kreirati še zaključno transportno dokumentacijo in izpolniti CMR (Convention relative au contrat de transport international de marchandises par route) oz. tovorni list. Po zaključku vso dokumentacijo preda šoferju tovojnjaka.

Na koncu milkrunner z dobavnicami opremljen material s pomočjo skladiščnika naloži na tovojnjak.

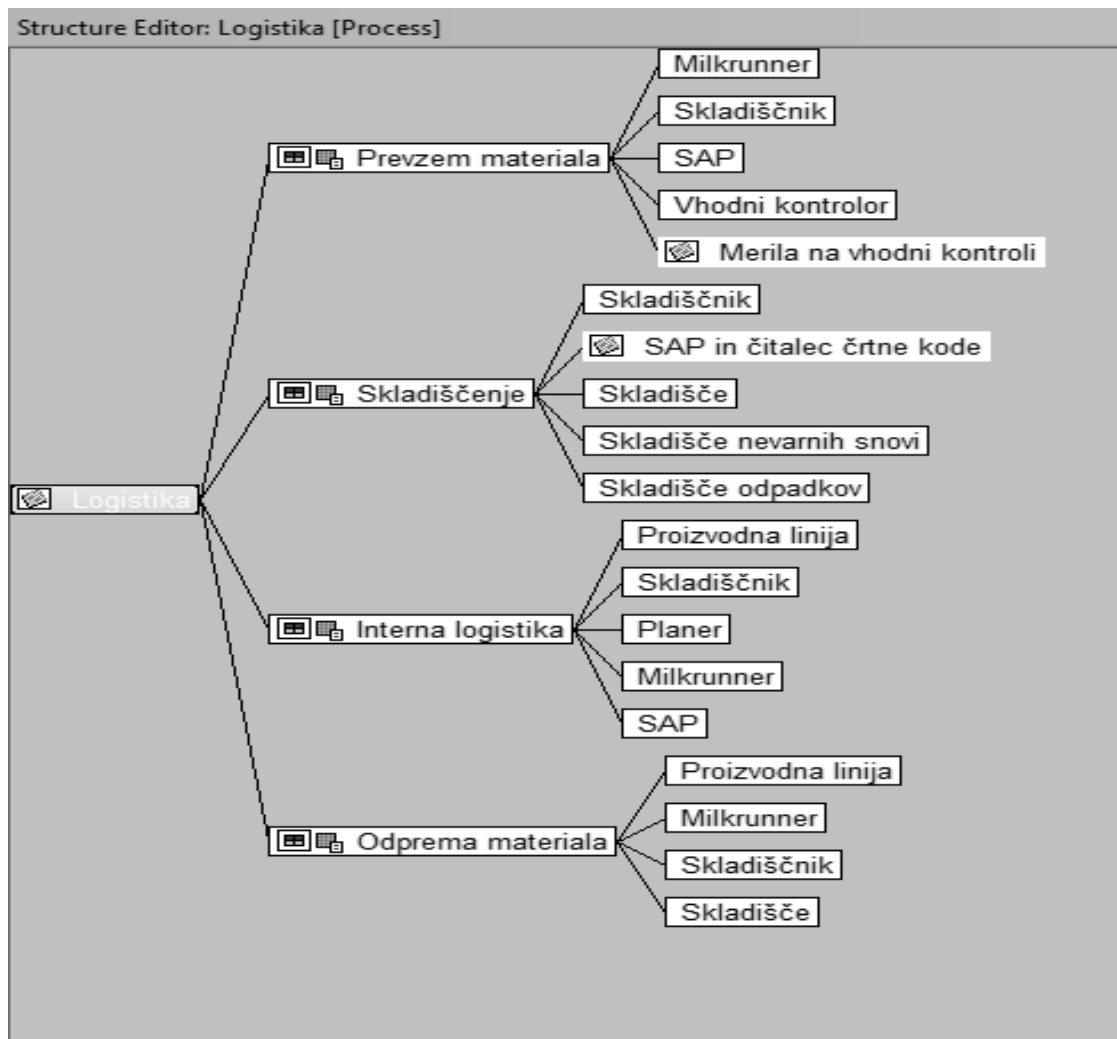
### **4.3 Prenova logističnega procesa s pomočjo FMEA**

Prvi korak je, da s pomočjo programa IQ-RM PRO 6.5, ki ga je odobrilo matično podjetje in velja kot uradni program skupine Bosch za izdelavo FMEA, izdelamo posnetek stanja izbranega procesa, analizo procesa ter optimizacijo procesa.

Potek izdelave FMEA:

- Priprava na FMEA – določitev članov tima na osnovi odgovornosti in poznavanja procesa. Člani so bili tako iz oddelka logistike kot tudi iz oddelka proizvodnje. Moderator iz oddelka kakovosti je bil odgovoren za metodološko pravilnost izvedbe FMEA ter koordinacijo. Obseg priprave je zajemal tudi določitev obsega FMEA, kar pomeni, da smo določili, kateri procesi se bodo obravnavali. Dogovorili smo se o terminskem poteku FMEA in določili cilje. Tiso bili določitev največjih tveganj v procesih, optimizacija procesov in izdelava kontrolnega načrta.
- Izdelava strukturne analize – pri strukturni analizi smo proces logistike razdelili na posamezne podprocese, ki zajemajo prevzem materiala, skladiščenje, interno logistiko in odpremo. Za vsak podproces smo definirali delovna mesta in ključno delovno opremo.





**Slika 2: Strukturna analiza procesa logistike**

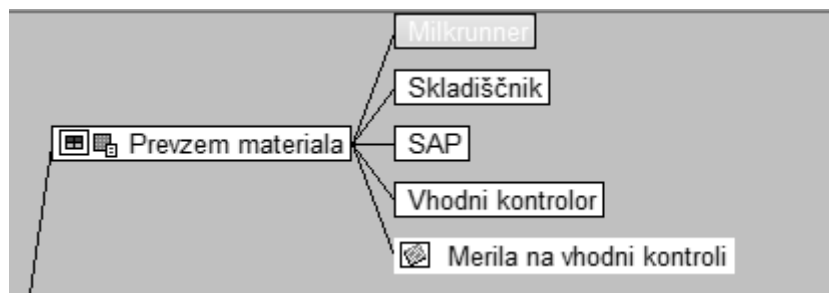
Vir: Bosch Rexroth 2016b

- Funkcijska analiza – za vsak element v strukturi, ki smo jo določili v strukturi, smo s funkcijsko analizo določili zahteve.

#### 4.3.1 *Prevzem materiala*

Pri procesu prevzema materiala ključno vlogo predstavljajo naslednji elementi:

- milkrunner (delavec, ki je zadolžen za razkladanje in nakladanje tovornjakov);
- Skladiščnik (delavec v skladišču predstavlja pomemben dejavnik procesa, pri katerem lahko pride do odstopanj oz. napak) - človek je zmotljiv in lahko dela napake, če niso preprečene;
- SAP (informacijski sistem, ki ga uporablja celotna korporacija Bosch);
- vhodni kontrolor (delavec, ki izvaja nadzor nad materiali dobavitelja in je močno vpet v sodelovanje z oddelkom logistike; v našem podjetju spada pod oddelek kakovosti).



**Slika 3: Strukturalna analiza prevzema materiala**

Vir: Bosch Rexroth 2016b

Z viharjenjem možganov (angl. *brainstormingom*) smo prišli do naslednjih napak, ki jih pri svojem delu lahko stori milkrunner:

- poškodbe materiala pri raztovarjanju,
- štetje embalažnih enot pri raztovarjanju ni izvedeno oz. je napačno,
- poškodbe materiala pri prevozu,
- vizualni pregled embalaže oz. dobavljenega materiala v primeru poškodovane embalaže ni izveden oz. je pomanjkljiv.

*Ukrep za napako »poškodbe materiala pri prevozu«*

V izogib poškodovanju materiala, ki nastane pri prevozu materiala na označeno mesto za prevzem, smo kot ukrep uvedli:

- omejitev hitrosti viličarja na 5 km/h,
- redne preglede viličarja,
- voznik viličarja mora imeti opravljeno vozniško dovoljenje za viličarja,
- delo po delovnih navodilih, s katerimi so seznanjeni vozniki viličarja.

Najpomembnejše napake, ki jih lahko stori skladiščnik:

- štetje embalažnih enot ni izvedeno oz. je pomanjkljivo,
- količinski pregled dobavljenega materiala ni izveden,
- vse dobavnice niso pobrane iz embalažnih enot,
- prevzem materiala v 24 urah ni izveden,
- nameščen napačen transportni nalog na napačen material,
- poškodbe materiala pri transportu na vhodno kontrolo,
- poškodbe materiala na mesto za skladiščenje.

*Ukrep za napako »količinski pregled dobavljenega materiala ni izveden«*

Pri prevzemu dobavljenega materiala smo uvedli količinski pregled, ki je najpomembnejši, saj s takojšnjim štetjem oz. tehtanjem dobavljenega materiala lahko takoj ugotovimo napako, s čimer se izognemo mankom oz. viškom materiala v skladišču. Hkrati takoj lahko obvestimo tudi dobavitelja o napačni dobavi.

Določitev napak za vhodnega kontrolorja:

- nepravilno izvedene meritve,
- meritve so izvedene po napačni risbi,
- meritve so izvedene z napačnimi merili,
- določeni materiali v SAP-u, ki jih ne bi bilo treba pregledovati,
- reklamacija je izdana napačnemu dobavitelju,
- reklamiran je material iz napačne serije.

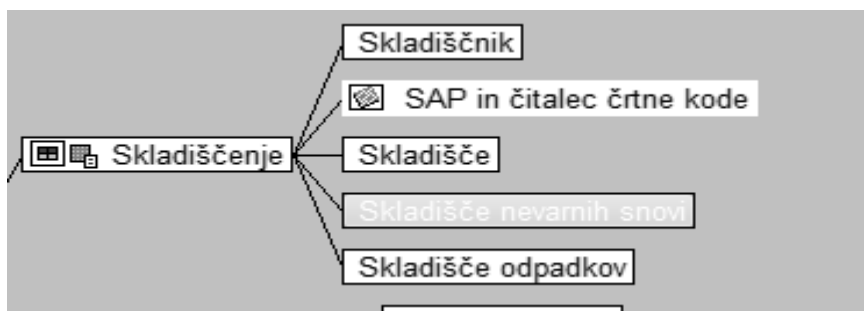
*Ukrep za napako »reklamiran je material iz napačne serije«*

K preprečitvi te napake vhodnega kontrolorja je veliko pripomogel novi operacijski sistem SAP, ki nam omogoča uporabo WMS, s katerim lahko izvajamo FIFO. Prav uskladiščenje materiala in izdajanje materiala iz različnih mest v skladišču nam pomagata pri ugotavljanju, iz katere dobave je reklamirani material.

#### **4.3.2 Skladiščenje**

Pri procesu skladiščenja imajo ključno vlogo naslednji elementi:

- skladiščnik (delavec, ki poskrbi, da je material pravilno in brez poškodb uskladiščen v skladišče);
- skladišče (prostor, ki izpolnjuje pogoje za skladiščenje materiala);
- skladišče nevarnih snovi (prostor, ki ustreza vsem zahtevam za skladiščenje nevarnih snovi);
- skladišče odpadkov (prostor, kamor odlagamo neuporabne materiale, ki so lahko nevarni oz. nenevarni za okolje in ljudi).



**Slika 4: Strukturna analiza skladiščenja**

Vir: Bosch Rexroth 2016b

Napake, ki jih lahko stori skladiščnik pri uskladiščenju materiala:

- poškodovanje materiala pri uskladiščenju,
- poškodba materiala pri sortiranju v drugo embalažno enoto,
- uskladiščenje materiala z druge dobave na istem mestu.

*Ukrep za napako »uskladiščenje materiala z druge dobave na istem mestu«*

Za preprečitev te napake so napisana navodila za delo, s katerimi je skladiščnik seznanjen in jih mora upoštevati. V pomoč skladiščniku pa je tudi SAP, kjer se vidi, da sta dve dobavi na istem mestu.

Pri skladišču smo določili naslednji možni napaki:

- material v skladišču ni zaščiten pred dežjem in vlago,
- skladiščni regali niso na razpolago za uskladiščenje materiala.

*Ukrep za napako »skladiščni regali niso na razpolago za uskladiščenje materiala«*

Če v skladiščnih regalih ni dovolj prostora, se več različnih materialov zлага na isto odlagalno mesto v regalu in palete se nalagajo ena na drugo.

Za skladišče nevarnih snovi smo poudarili napako:

- prekinjena ozemljitev.

*Ukrep za napako »prekinjena ozemljitev«*

S tedenskimi pregledi skladišča nevarnih snovi se ugotavlja in zagotavlja ustreznost ozemljitve, ki je zelo pomembna, saj z njo lahko preprečimo škodo v obliki eksplozije.

Pri skladišču odpadkov smo določili naslednji napaki:

- nevarni odpadki se ne skladiščijo ločeno (v omari),
- odpadni material se ne zbira glede na oznake na zabojnikih.

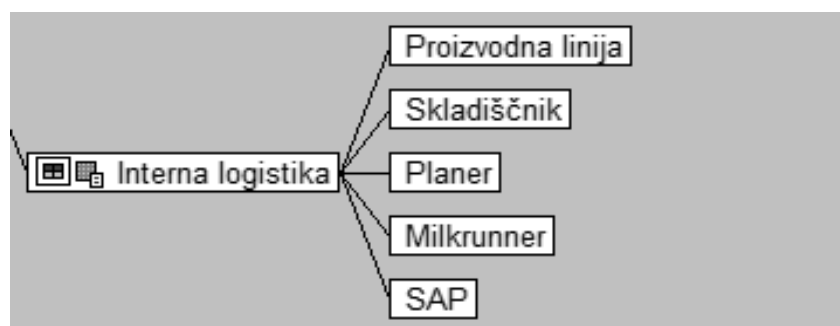
*Ukrepi za napako »nevarni odpadki se ne skladiščijo ločeno (v omari)«*

Za zbiranje nevarnih odpadkov je določena posebna omara, ki ima lovilno posodo. To omaro smo označili kot zbirno mesto nevarnih odpadkov, prav tako pa morajo biti označene vse nevarne snovi, ki pridejo iz proizvodnje, da jih lahko ločimo in pravilno uskladiščimo.

### 4.3.3 Interna logistika

Pri procesu interne logistike ključno vlogo predstavljajo naslednji elementi:

- proizvodnja linija (delovno mesto v proizvodnji hali, kjer izdelujemo polizdelke in končne izdelke);
- skladiščnik (delavec, ki je zadolžen, da je material za proizvodnjo pripravljen ob pravem času);
- planer (delavec, ki načrtuje in nivelira material v proizvodnji);
- milkrunner (delavec, ki poskrbi, da je material ob pravem času na pravem mestu);
- SAP (informacijski sistem, ki ga uporablja celotna korporacija Bosch).



**Slika 5: Strukturna analiza interne logistike**

Vir: Bosch Rexroth 2016b

Najpomembnejše napake, ki smo jih določili pri proizvodnji liniji:

- nalog je prepozno lansiran,
- nalog je prezgodaj lansiran,
- nedokončan izdelek je transportiran na naslednjo fazo izdelave,
- material je odložen na nepredvideno lokacijo,
- poškodba materiala pri notranjem transportu,
- material ni pravočasno pripravljen v skladišču.

### *Ukrepi za napako »material je odložen na nepredvideno lokacijo«*

Za preprečitev te napake smo v proizvodnji na linijah najprej določili odlagalna mesta, jih označili s trakom in vsakemu nadeli ime. Table z imeni odlagalnih mest smo postavili na vidno mesto, da lahko vsak vidi, kam mora odložiti material. Prav tako smo definirali lokacijo za odlaganje materiala na delovnem nalogu, kartici KANBAN in transportnem zaboju.

Napake, ki jih lahko stori skladiščnik pri interni logistiki:

- transportna potreba je prepozno lansirana,
- material ni v skladu s transportno zahtevo,
- material ni pripravljen za proizvodnjo linijo pred začetkom proizvodnje,
- poškodba materiala pri transportu,
- pripravljen material ni skladičen s transportnim nalogom,
- poškodbe materiala pri razkladanju oz. nakladanju materiala.

### *Ukrepi za napako »material ni v skladu s transportno zahtevo«*

Za odpravo te napake mora biti material, ki ga uskladiščimo, pravilno označen in zložen na mestu, ki smo ga skenirali, sicer proizvodnja materiala ne dobi ob pravem času.

Napake planerja so:

- planiranje in niveliranje sta neskladna z razpoložljivimi kapacitetami v proizvodnji,
- planiranje in niveliranje sta neskladna z razpoložljivimi zalogami in prostorom v skladišču,
- količinsko kreiranje delovnih nalogov je neskladno z razpoložljivimi kapacitetami,
- kreiranje delovnih nalogov je prepozno (ni dovolj časa za izdelavo pred zahtevano odpremo).

### *Ukrepi za napako »kreiranje delovnih nalogov je prepozno (ni dovolj časa za izdelavo pred zahtevano odpremo)«*

Planer mora dnevno kontrolirati razpoložljivost kapacitet in materialov, saj se le tako lahko pravočasno odzove in popravi dnevni načrt.

Napake, ki smo jih poudarili pri milkrunnerju:

- transport materiala na PSA (odlagalno mesto) v proizvodnji je neskladen z zahtevo na delovnem nalogu oz. kartici KANBAN,
- material je transportiran prepozno (več kot dve uri po oddaji kartice),
- poškodba materiala pri transportu,
- transport odvečnega in drugega materiala iz proizvodnje ni izveden,
- kartice KANBAN niso pobrane vsako uro.

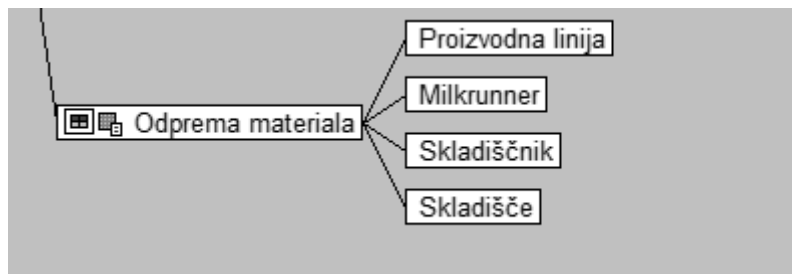
*Ukrep za napako »transport materiala na odlagalno mesto v proizvodnji je neskladen z zahtevo na delovnem nalogu oz. kartici KANBAN«*

S PSA smo označili tako delovne naloge, kartice KANBAN kot proizvodnjo. Tako milkrunner v vsakem trenutku lahko primerja, ali je material pripeljal na pravo mesto v proizvodnji.

#### **4.3.4 Odprema materiala**

Pri procesu odpreme ključno vlogo predstavljajo naslednji elementi:

- proizvodnja linija,
- milkrunner,
- skladiščnik,
- skladišče.



**Slika 6: Strukturna analiza odpreme materiala**

Vir: Bosch Rexroth 2016b

Napake, ki smo jih zaznali na proizvodnji liniji:

- število izdelkov je manjše od prodajnega načrta,
- transportni nalog ni nameščen na končni izdelek,
- končni izdelki niso na mestu za transport,
- izdelek ni pakiran v embalažo, ki je predpisana v kosovnici,
- poškodbe končnih izdelkov pri pakiranju.

*Ukrep za napako »število izdelkov je manjše od prodajnega načrta«*

Z uvedbo dnevnega načrtovanja in takojšnje nadomestitve izmetnih kosov smo poskrbeli, da ne prihaja do razlik med izdelanimi končnimi izdelki in prodajnim načrtom.

#### **4.4 Prednosti in slabosti spremembe logističnih procesov**

Implementirane spremembe v logističnih procesih so prinesle tako prednosti kot slabosti. Najpomembnejša prednost se nanaša na boljše strategije zagotavljanja kakovosti in s tem višjo kakovost izdelkov podjetja. Kakovost izdelkov pri tem prinaša tako zmanjšanje stroškov napak in popravil v garancijskih rokih, s tem pa višjo ekonomsko učinkovitost procesov. Višja kakovost podjetju prinaša tudi pomembno konkurenčno prednost na trgu. Implementacija FMEA je generirala tudi dokumentacijo, ki zajema celostne opise procesov, s čimer vsi procesi postanejo bolj transparentni in hkrati pripravljeni za sistematične evalvacije. Transparentnost procesov pogojuje lažjo identifikacijo tako napak kot točk in priložnosti za izboljšave. Sistematično dokumentiranje je odlična podlaga za evalvacije delovnih procesov, ki razkrijejo, katere napake so najbolj problematične in kritične ter katere točke v proizvodnem procesu najbolj pomembne zaradi končnega učinka na proizvodne izide. Na posnovi Pareto diagrama se je ekipa osredotočila na najbolj kritične napake in nevarnosti za nesreče ter največ energije usmerila v njihovo odpravo. Na tak način lahko podjetje prednostno obravnava tiste dejavnike, ki imajo največji vpliv na rezultate dela. Poleg prečnega pregleda so bile implementirane tudi metode za sprotno sledenje napakam in težavam, ki bodo v prihodnje omogočile identifikacijo morebitnih dodatnih kritičnih točk ter evalvacijo morebitnih sprememb in nihanj v obstoječih tveganjih.

Slabosti implementacije se nanašajo zlasti na nepričakovanost zahteve po spremembah. Podjetje namreč za spremembe ni imelo pripravljenih virov in sredstev ter je moralo ob prejetju centralne zahteve v druge časovne okvire prerazporediti že razporejena sredstva in vire ostalih FMEA ter drugih poslovnih procesov. S tem je sprememba posegla v obstoječi poslovni načrt, kar je zahtevalo še dodatno mobilizacijo virov, že za izvedbo spremembe načrtov ter smiselno razporejanje virov, ki so bili namenjeni podpori drugih poslovnih procesov. Zahteva za izdelavo FMEA je poleg tega prišla v času poletnih dopustov, ko je bilo podjetje izpostavljeno še dodatnemu pomanjkanju kapacitet. Poseg je na ta način ogrozil obstoječe in načrtovane poslovne in proizvodne procese, kar je vplivalo zlasti na zakasnjene časovne roke ter na napetosti v delovni klimi. Pri tem je bilo učinkovitost sprememb mogoče meriti šele po dejanski izvedbi, kar je v podjetju in delovni ekipi pomenilo določeno obdobje negotovosti.



## 5 ZAKLJUČEK

### 5.1 Spoznanja

Implementacija FMEA v logistični proces je predstavljala nov izziv uporabe orodja kakovosti v izbranem podjetju, saj smo ga uporabili izključno za analizo logističnih korakov in ne kot do zdaj, za proizvodne procese oz. konstrukcijsko analizo izdelka. Za izvedbo FMEA nam je Boscheva centrala namenila omejeno časovno obdobje. Za izvedbo projekta smo imeli na voljo dobra dva meseca časa, zato smo imeli sestanke dvakrat, včasih tudi trikrat na teden po dve uri. Kljub obilici dela nam je projekt uspelo zaključiti v predpisanem roku. V projekt sem bil vpet v tolikšni meri, da sem šele sedaj, čeprav sem sodeloval že pri kar nekaj izvedbah FMEA, spoznal, da je uporaba tega orodja zelo dobrodošla pomoč pri odkrivanju in odpravljanju napak, ki se lahko pojavijo v logističnem procesu.

Z uspešno izvedbo in vpeljavo FMEA v logistični proces je podjetje tudi drugim oddelkom omogočilo lažjo pot do izdelave FMEA, saj bodo zdaj logistični proces lahko uporabili kot osnovo za nadgradnjo procesa. Tako bodo na primer v proizvodnji na novo določili delovna mesta.

Program APIS poleg ocene tveganja omogoča tudi izvoz kontrolnega načrta za logistični proces, ki transparentno pokaže, kateri ukrepi so bili določeni za posamezno odstopanje. Boscheve zahteve FMEA predvidevajo vsakoletno posodobitev oz. pregled.

V celotnem procesu smo identificirali 176 možnih napak, ki smo jih tudi ovrednotili. Na posnovi resnosti napake (B), verjetnosti za pojav (A) in odkritja napake (E) dobimo številko RPN (risk priority number).

$$RPN = S \times A \times E$$

S pomočjo RPN razvrstimo napake, za katere je najbolj verjetno, da se pojavijo oz. imajo največje posledice. Pri optimizaciji smo se najprej osredotočili na napake z najvišjim RPN, saj smo ugotovili, da teh 10 možnih napak nima določenih nikakršnih ukrepov, niti za preprečevanje niti za odkrivanje. To pomeni, da je odgovornost za preprečevanje in odkrivanje teh napak prepuščena zgolj pripravljenosti in zavzetosti zaposlenega. Najprej smo določili ukrepe za zmanjšanje tveganja pri možnih napakah.

V nadaljevanju smo pregledali ostale možne napake in pri nekaterih določili ukrepe za zmanjšanje tveganja. Skupno smo definirali oz. določili 46 novih ali dodatnih ukrepov za zmanjšanje možnosti pojava napake.

Z izdelavo FMEA smo najprej pridobili oz. izdelali jasno sliko, kako poteka proces logistike v podjetju. Nato smo jasno prikazali vse pomanjkljivosti, ki so še v procesu. Na osnovi tega smo potem tudi lahko določili smiselne ukrepe za zmanjšanje tveganj.

Eden izmed ciljev FMEA je napake identificirati čim bolj zgodaj v procesu, saj vemo, da prej kot je napaka odkrita, cenejša je.

Pri naslednjem pregledu oz. posodobitvi FMEA je naš cilj pregledati učinkovitost določenih ukrepov. Če bi se izkazalo, da ukrepi niso učinkoviti, bi morali določiti nove ali popraviti ovrednotenje verjetnosti pojava oz. odkritja napake. Pri posodobitvi FMEA si ponavadi zastavimo cilj, da pregledamo prvih 10 napak z najvišjim RPN in poizkušamo določiti nove ukrepe za zmanjšanje verjetnosti pojava. Na ta način postopoma zmanjšujemo tveganja v procesu, kar je razvidno tudi iz FMEA, ki smo ga izdelali.

Z uporabo FMEA smo odkrili in ovrednotili napake, s katerimi se in se bomo soočali pri delu. Z vrednotenjem napak smo izpostavili in obravnavali napake, ki so imele RPN višji ali enak 320. Pri napakah, kjer RPN ni presegel 320, smo se odločili, da so tveganja sprejemljivi in trenutno ne potrebujemo dodatnih ukrepov za zmanjšanje.

Rezultati, ki smo jih dobili z uporabo FMEA, so napake z najvišjimi RPN ( $RPN \geq 320$ ), pri katerih smo določili ukrep za preprečevanje napak in odkrivanje napak:

RPN = 800: Transportni nalog ni nameščen na izdelek ali škatlo proizvodne linije pred odpremo materiala

*Ukrep za preprečevanje napake:* Brez

Optimizacija: Izdelava navodil za delo

*Ukrep za odkrivanje napake:* Brez

Novi ocenjen RPN po izvedeni optimizaciji RPN = 560.

RPN = 800: Material ni odpisan v primeru lansiranja naloga z manjkajočim materialom (proizvodna linija)

*Ukrep za preprečevanje napake:* Brez

Optimizacija: Uvedba izdelave spiska manjkajočih materialov v delovnih nalogih, ki so bili lansirani na tak način

*Ukrep za odkrivanje napake:* Brez

Novi ocenjen RPN po izvedeni optimizaciji RPN = 400.

RPN = 800: Neskladno z dokumentacijo (nalog, kartica itd.) označen material (proizvodna linija)

*Ukrep za preprečevanje napake:* Brez

Optimizacija: Definiranje načina označevanja po skupinah izdelkov, izdelava navodil za delo za označevanje po posameznih operacijah za skupino izdelkov

*Ukrep za odkrivanje napake:* Brez

Novi ocenjen RPN po izvedeni optimizaciji RPN = 320.

RPN = 700: Transportni nalog z napačno informacijo ke nameščen na škatlo ali izdelek proizvodne linije pred odpremo materiala

*Ukrep za preprečevanje napake:* Brez

Optimizacija: Izdelava navodil za delo

*Ukrep za odkrivanje napake:* Brez

Novi ocenjen RPN po izvedeni optimizaciji RPN = 490.

RPN = 480: Določeni materiali v programu SAP, ki jih ne bi bilo treba pregledovati na vhodni kontroli

*Ukrep za preprečevanje napake:* Sodelovanje QMM5 in ENG

Optimizacija: Vzpostavitev sistema določanja materialov v programu SAP, ki se morajo pregledati na vhodni kontroli

*Ukrep za odkrivanje napake:* Brez

Novi ocenjen RPN po izvedeni optimizaciji RPN = 180.

RPN = 320: Na tovornjak niso naložene vse palete pred odpremo skladiščnika

*Ukrep za preprečevanje napake:* Brez

Optimizacija: Izdelava navodil za delo

*Ukrep za odkrivanje napake:* Vizualna kontrola palet ob nakladanju

Novi ocenjen RPN po izvedeni optimizaciji RPN = 128.

RPN = 320: Nepravilno definirani parametri v programu SAP za zagotavljanje materiala v proizvodnji v določenem času

*Ukrep za preprečevanje napake:* Brez

Optimizacija: Izdelava spisikov vseh odstopanj, analiza in določitev naslednjih ukrepov

*Ukrep za odkrivanje napake:* Nedoseganje načrta, neenakomerno obremenjena proizvodnja – delavci imajo premalo/preveč dela

Novi ocenjen RPN po izvedeni optimizaciji RPN = 256.

RPN = 320: Količinski pregled dobavljenega materiala ni izveden (se ne izvaja)

*Ukrep za preprečevanje napake:* Brez

*Ukrep za odkrivanje napake:* Manko materiala v skladišču

Za uvedbo sprememb bomo potrebovali:

- prostor (za prevzem materiala),
- ljudi (za izvajanje nalog),
- delovna navodila (predpis, kako se izvaja delo).

## **5.2 Predlogi za prakso**

S pomočjo FMEA smo prišli do nekaterih predlogov, ki jih lahko implementiramo v podjetje. Najpomembnejša ugotovitev oz. predlog je, da morajo biti prostori (prevzem materiala, skladišče materiala, odprema) v skladišču ločeni. Z ločenim prostorom za prevzem materiala od drugih prostorov v skladišču lahko zagotavljamo 100 % pregled in štetje materiala, ki pride v podjetje.

Veliko napak se pojavlja pri delovnih nalogih z manjkajočim materialom, ki kasneje ni odpisan. V tem primeru se izdela spisek manjkajočega materiala v delovnih nalogih, ki so bili lansirani na tak način. S tem spiskom zajamemo vse materiale, ki so se brisali iz delovnih nalogov in se bodo, ko bo material na zalogi, odpisali.

V velikem številu materiala, ki prihaja v podjetje, je ves material nemogoče 100 % kakovostno pregledati na vhodni kontroli. Z dogovorom med oddelkom kakovosti in oddelkom razvoja se vzpostavi sistem določanja materialov oz. dobaviteljev, ki morajo biti 100 % kakovostno pregledani na vhodni kontroli.

## LITERATURA

- Bosch Rexroth. 2016a. *Basic Training on FMEA*. Interno gradivo, Bosch Rexroth.
- Bosch Rexroth. 2016b. *CDQ0403, Control Plan: 2014:12:15*. Interno gradivo, Bosch Rexroth.
- Bosch Rexroth. 2016c. *FMEA Tool Training – Failure Mode and Effects Analysis (TQ012)*. Interno gradivo, Bosch Rexroth.
- Fejfar, Borut. 2011. *Nadgradnja P-FMEA pri zagotavljanju kakovosti*. Novo mesto: Šolski center Novo mesto.
- Kokol, Rajko. 2006. *Metoda FMEA – Analiza možnih napak in njihovih posledic*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
- Marolt, Janez in Boštjan Gomišček. 2005. *Management kakovosti*. Kranj: Moderna organizacija.
- Mikulak, J. Raymond, Robin McDermott in Michael Beauregard. 2008. *The Basics of FMEA*. New York: CRC Press.
- Mraz, Miha. 2010. *FMEA kot metoda za doseganje zanesljivosti*. Ljubljana: Fakulteta za računalništvo.
- Stamatis, H. Dean. 2003. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Usmani, Fahad. 2015b. *Fishbone - Cause and Effect or Ishikawa Diagram*. <https://pmstudycircle.com/2014/07/fishbone-cause-and-effect-or-ishikawa-diagram/> (26. 6. 2017).
- Usmani, Fahad. 2015a. *What is a Pareto Chart*. <https://pmstudycircle.com/2015/06/pareto-chart> (26. 6. 2017).
- Wikipedia. 2016. *Failure mode and effects analysis*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Failure\\_mode\\_and\\_effects\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis) (7. 12. 2016).