

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**PLANIRANJE NEODVISNIH MATERIALNIH POTREB
V PROIZVODNEM PODJETJU**

DIPLOMSKO DELO

Darijo Faganelj

Mentor: pred. Valter Rejec, univ. dipl. inž. stroj.

Nova Gorica, 2010

NASLOV

Planiranje neodvisnih materialnih potreb v proizvodnem podjetju

IZVLEČEK

Za zagotovitev zanesljivih dobav kupcem in optimalnih stroškov zalog materialov, morajo biti materialne potrebe v proizvodnem sistemu časovno in količinsko usklajene ter usklajene s proizvodnimi zmogljivostmi in možnostmi nabavnih virov. Pri vsakdanjem delu opažam, da se znaten delež neodvisnih materialnih potreb pojavlja brez upoštevanja dobavnih rokov in časovne materialne strukture proizvoda, kar povzroča neusklajene aktivnosti nabave in proizvodnje, nepotrebne zaloge materialov ter neizpolnitve naročil kupcev.

V diplomski nalogi sem primerjal skladnost materialnih potreb z možnostmi in podal rešitve za izboljšanje. Proučil sem sistem planiranja materialnih potreb v proizvodnem podjetju, metode napovedovanja, analizo dinamike porabe in postopek določanja varnostnih zalog ter izdelal časovno materialno strukturo izdelkov. Gibanja neodvisnih materialnih potreb kažejo, da se znaten delež neodvisnih potreb v poslovnem sistemu pojavlja z zakasnitvijo in povzroča neuresničljive odvisne potrebe.

Z uporabo izbranih metod napovedovanja, analize dinamike porabe in določitvijo deleža varnostnih zalog, sem dopolnil neodvisne materialne potrebe in zagotovil enakomernejše gibanje potreb, zmanjšanje napak napovedi in boljšo usklajenost materialnih potreb z možnostmi. Rezultati dopolnitve neodvisnih materialnih potreb in določanja varnostnih zalog kažejo, da lahko s premišljenim načrtovanjem materialnih potreb v proizvodnem procesu bistveno pripomoremo k vzdrževanju optimalnega poslovanja.

KLJUČNE BESEDE

Neodvisne materialne potrebe, kvantitativne metode napovedovanja, časovna materialna struktura proizvoda, napake napovedi materialnih potreb, varnostne zaloge, proizvodna logistika.

TITLE

Independent demand planning in a manufacturing company

ABSTRACT

In order to guarantee a reliable delivery to the customers and achieve optimal costs of the material stocks, the material needs of the production process should be harmonized as far as time and quantities are concerned, and they should be harmonized with the production capacities and with the possibilities of the supply sources as well. I have noticed that a significant portion of independent material requirements occurs without respecting the delivery terms and the material and time structure of the products, which causes unadjusted activities of the supply and the production, unnecessary stocks as well as failure to fulfil customer orders.

My graduation thesis presents a comparison of the harmony of the material needs with the possibilities and offers solutions for the improvement. I studied the system of material requirements planning, the forecasting methods, the analysis of the dynamics of the consumption and the process of setting the safety stocks and I also prepared the material and time structure of the products. The movements of the independent material requirements indicate that a substantial share of independent requirements in the business system appear with delay and cause unrealizable subordinate needs.

By using selected forecasting methods, the analysis of the consumption dynamics and by setting the portion of the safety stocks I completed the independent material needs and provided a reduction of the forecasting errors and a better harmonization of the material requirements with the possibilities. The results of the completion of the independent material requirements and of the setting of the safety stocks show that by a thoughtful planning of the material requirements of a production process we can contribute essentially to maintain optimal business operations.

KEYWORDS

Independent demand planning, quantitative forecasting methods, timely material structure of the product, forecast errors, safety stock, production logistics.

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Problem, ki ga obravnava diplomska naloga	1
1.2	Namen diplomske naloge.....	2
1.3	Cilj diplomske naloge	2
1.4	Omejitve.....	2
1.5	Uporabljene metode	3
2	ISKRA AVTOELEKTRIKA.....	4
2.1	Proizvodni program enosmernih komutatorskih motorjev	4
2.2	Materialne potrebe v Iskri Avtoelektriki	5
2.2.1	Proces planiranja materialnih potreb v Iskri Avtoelektriki	6
3	PLANIRANJE V PROIZVODNEM PROCESU	9
3.1	Vrste planiranja.....	9
3.1.1	Delitev planov glede na časovno obdobje.....	9
3.1.2	Zanesljivost in natančnost planiranja	10
3.2	Vsebina in procesi planiranja.....	10
3.2.1	Strateško planiranje	10
3.2.2	Taktično planiranje.....	10
3.2.3	Operativno planiranje.....	11
3.2.4	Funkcije planiranja proizvodnje.....	11
3.2.5	Dinamično-drsno planiranje.....	12

3.3	Podatki v proizvodnem procesu	12
3.3.1	Materiali	13
3.3.2	Zgradba izdelka	13
3.3.3	Delovna mesta	13
3.3.4	Proizvodni postopki	14
3.3.5	Delovni koledar	14
4	NAPOVEDOVANJE – STOHAŠTIČNO PLANIRANJE	15
4.1	Kvalitativne metode napovedovanja.....	15
4.2	Kvantitativne metode napovedovanja.....	15
4.2.1	Podatki za napovedovanje.....	16
4.2.2	Zanesljivost napovedovanja.....	17
4.3	Metode napovedovanja.....	18
4.3.1	Metoda enostavnih srednjih vrednosti	18
4.3.2	Metoda drsečih srednjih vrednosti	18
4.3.3	Metoda uteženih srednjih vrednosti	19
4.3.4	EkspONENTNO GLAJENJE	20
5	GOSPODARJENJE Z MATERIALOM	21
5.1	Struktura časov izdelave končnega izdelka	21
5.2	Zaloge	22
5.2.1	Varnostne zaloge.....	22
5.3	Analiza dinamike porabe XYZ.....	23

5.3.1	Postopek analize XYZ.....	24
6	PLANIRANJE MATERIALNIH POTREB V ISKRI AVTOELEKTRIKI	25
6.1	Taktično planiranje	25
6.1.1	Letni plan	25
6.2	Operativno planiranje	25
6.2.1	Neodvisne materialne potrebe	26
6.2.2	Napovedi prodaje	26
6.2.3	Naročila kupcev	27
6.2.4	Naročila kupcev zmanjšujejo napovedi prodaje.....	27
6.2.5	Logistični kolegij	28
6.2.6	Usklajenost proizvodnih in dobaviteljskih zmogljivosti.....	29
6.3	Dokumenti v proizvodnem procesu	29
6.3.1	Materiali	29
6.3.2	Materialne kosovnice	30
6.3.3	Delovna mesta	31
6.3.4	Tehnološki postopki	31
6.3.5	Dokumenti	31
6.3.6	Delovni nalogi	32
6.3.7	Planski nalogi	33
6.4	Dokumenti procesov prodaje proizvodov in nabave materialov	33
6.4.1	Dokumenti v procesu prodaje izdelkov.....	33

6.4.2	Dokumenti v procesu nabave materialov	34
6.5	Komuniciranje s pomočjo informacijskega sistema	34
6.6	Planiranje materialnih potreb (MRP).....	34
6.6.1	Izračun materialnih potreb	35
6.6.2	Generiranje in kreiranje dokumentov.....	36
6.6.3	Optimiranje generiranih dokumentov	37
7	PLANIRANJE NEODVISNIH MATERIALNIH POTREB	39
7.1	Kreiranje neodvisnih potreb.....	39
7.2	Časovna materialna struktura proizvoda.....	39
7.2.1	Časovna struktura proizvoda DC motorja družine AMK.....	40
7.2.2	Neodvisne potrebe in proizvodne zmogljivosti.....	42
7.3	Gibanja materialnih potreb	42
7.3.1	Materialne potrebe v štirimesečnih časovnih obdobjih.....	43
7.3.2	Realizacija proizvodnje in neodvisne materialne potrebe.....	45
7.3.3	Napake neodvisnih materialnih potreb.....	46
7.3.4	Ugotovitve raziskave gibanja neodvisnih materialnih potreb	48
7.4	Popravek neodvisnih materialnih potreb s kvantitativnimi metodami	49
7.4.1	Izračuni neodvisnih potreb s popravki	49
7.4.2	Izračun popravka neodvisnih potreb z izbrano metodo	50
7.4.3	Napake napovedi s predvidenimi popravki neodvisnih potreb	52
7.5	Vloga varnostnih zalog pri planiranju materialnih potreb	54

8	UGOTOVITVE.....	56
9	ZAKLJUČEK.....	60
10	LITERATURA.....	62
	PRILOGA 1: Slovar tujih izrazov in kratic.....	64
	PRILOGA 2: Časovna materialna struktura izdelka.....	65
	PRILOGA 3: Napaka napovedi (MAPE) z uporabo različnih metod.....	66
	PRILOGA 4: Napaka napovedi (MAPE) z uporabo izbranih metod.....	67

KAZALO SLIK

Slika 1:	Izdelki proizvodnega programa enosmernih komutatorskih motorjev.....	5
Slika 2:	Sintetično povezani proizvodni procesi v proizvodnem programu	5
Slika 3:	Proces planiranja materialnih potreb	7
Slika 4:	Struktura dobavnih in izdelavnih časov proizvodna	21
Slika 5:	Strategija planiranja materialnih potreb	26
Slika 6:	Napovedi prodaje.....	27
Slika 7:	Naročila kupcev zmanjšujejo napovedi prodaje.....	28
Slika 8:	Materialna kosovnica.....	30
Slika 9:	Dokument, risba proizvodna AMK motorja.....	32
Slika 10:	Razpoložljivost materiala po časovni osi	35
Slika 11:	Generiranje planskih nalogov in zahtevkov za nabavo.....	36
Slika 12:	Generiranje in kreiranje dokumentov.....	37
Slika 13:	Časovna materialna struktura izdelka (delni prikaz).....	40
Slika 14:	Deleži materialnih postavk v strukturi proizvodna	41
Slika 15:	Vrednostni deleži materialnih postavk v strukturi proizvodna	41
Slika 16:	Potrebe in realizacija proizvodnje v letu 2007	43
Slika 17:	Gibanje neodvisnih potreb v štirimesečnih obdobjih v letu 2007.....	44
Slika 18:	Gibanje neodvisnih potreb mesečno, v letu 2007	44
Slika 19:	Gibanje neodvisnih materialnih potreb od leta 2005 do 2008	45
Slika 20:	Delež neodvisnih potreb v realizaciji proizvodnje v letu 2007.....	46

Slika 21:	Absolutna povprečna odstotna napaka napovedi MAPE	47
Slika 22:	Napaka napovedi (MAPE) v letu 2007, po mesecih	47
Slika 23:	Napaka napovedi (MAPE) v obdobju od leta 2005 do 2008	48
Slika 24:	Zamiki delovnih nalogov v prvem polletju leta 2007	49
Slika 25:	Napaka napovedi (MAPE), za obstoječe in predvidene potrebe.....	50
Slika 26:	Delež potreb izdelkov v skupinah izdelkov X, Y in Z.....	51
Slika 27:	Gibanja neodvisnih potreb	52
Slika 28:	Napaka napovedi z uporabo izbrane metode napovedovanja	53
Slika 29:	Gibanja neodvisnih potreb po mesecih, dejanska in predvidena	53
Slika 30:	Delež varnostnih zalog za leto 2007 v obdobjih	54
Slika 31:	Materialne potrebe v letu 2007	57
Slika 32:	Izdelki po skupinah XYZ analize dinamike potrebe.....	58
Slika 33:	Neodvisne potrebe in napaka napovedi (dejanske in predvidene)	58
Slika 34:	Delež potrebnih varnostnih zalog za ublažitev napak napovedi	59
Slika 35:	Časovna materialna struktura izdelka DC motorja AMK.....	65

KAZALO TABEL

Tabela 1: Standardni odklon za različne ravni storitve	22
Tabela 2: Napaka napovedi (MAPE) z uporabo različnih metod napovedovanja	66
Tabela 3: Napaka napovedi (MAPE) z uporabo izbranih metod napovedovanja	67

1 UVOD

Načrtovanje in vodenje proizvodnje predstavlja z vidika stroškov pomemben segment v poslovnih procesih. Zahteve kupcev po pravočasnih in zanesljivih dobavah zahtevajo razpoložljive in zanesljive vire, katerih zaloge materialov predstavljajo znaten delež stroškov podjetja. Cilja zanesljive dobave izdelkov in nizki stroški zalog materialov sta si nasprotujoča, vendar lahko s premišljenim načrtovanjem materialnih potreb v proizvodnem procesu bistveno pripomoremo k vzdrževanju optimalnega poslovanja.

1.1 Problem, ki ga obravnava diplomska naloga

Materialne potrebe v poslovnem sistemu so osnova nabavi materialov in proizvodnji izdelkov ter polizdelkov. Tako neodvisne materialne potrebe, ki izražajo potrebe trga, kot odvisne, podrejene materialne potrebe morajo biti časovno in količinsko usklajene ter usklajene s proizvodnimi zmogljivostmi in zmogljivostmi nabavnih virov. Pri kreiranju neodvisnih potreb je potrebno upoštevati navedeno oziroma materialno časovno strukturo proizvoda, dobavne in izdelavne čase. Usklajene materialne potrebe z možnostmi omogočajo optimalen materialni tok, optimalne proizvodne procese v skladu z vitko proizvodnjo in zanesljive dobave proizvodov kupcem.

Pri vsakdanjem delu v proizvodni logistiki opažam, da je neizpolnjevanje potreb kupcev med drugim tudi posledica neskladja materialnih potreb z možnostmi. Neodvisne materialne potrebe se generirajo v službi področja prodaje izdelkov za najmanj štiri mesece v prihodnost, na osnovi dospelih naročil ali povpraševanja kupcev, subjektivne ocene posameznega komercialista ter statistike prodaje izdelkov v drugovgradnjo (ang. aftermarket) preteklih obdobj. Obseg napovedi prodaje in naročil kupcev v prihodnjih terminskih obdobjih je nezadosten, saj se s časovno oddaljenostjo te zmanjšujejo in se končne potrebe kreirajo le nekaj tednov pred zapadlostjo. Neodvisne materialne potrebe s prekratkim rokom izdelave povzročajo, glede na dobavne in izdelavne čase materialov, v materialni strukturi izdelkov, časovno neusklajene odvisne materialne potrebe. Te sprožajo neusklajene dobave in proizvodnjo, ki rezultira nepotrebne zaloge materialov in neizpolnitev potrjenih naročil kupcem.

1.2 Namen diplomske naloge

Namen diplomske naloge je bil primerjati skladnost neodvisnih in odvisnih materialnih potreb, glede na časovno materialno strukturo izdelkov, dobavne roke in izdelavne čase materialov ter podati rešitve za odpravo teh neskladij. V izbranem proizvodnem podjetju Iskri Avtoelektriki sem proučil sistem planiranja materialnih potreb, vrste planiranja, vsebino in procese planiranja, podatke v proizvodnem procesu, metode napovedovanja oziroma stohastičnega planiranja, proučil analizo dinamike porabe XYZ in postopek izračuna varnostnih zalog. Izdelal sem časovno materialno strukturo izdelka izbrane družine proizvodov.

Proučil sem neodvisne materialne potrebe, gibanja neodvisnih materialnih potreb glede na časovno oddaljenost in ocenil neskladja odvisnih in neodvisnih materialnih potreb. Z uporabo izbranih metod napovedovanja in analizo dinamike porabe sem podal rešitve za odpravo teh neskladij.

1.3 Cilj diplomske naloge

Cilj diplomskega dela je s pomočjo analiz in izračunov pridobiti podatke o gibanju neodvisnih materialnih potreb ter z upoštevanjem možnosti nabavnih virov oziroma z upoštevanjem časovne materialne strukture izdelkov ter z uporabo izbranih metod napovedovanja materialnih potreb, izdelati model določanja neodvisnih materialnih potreb, ki bo zagotavljal bolj optimalno poslovanje z vidika stroškov in zanesljivosti dobav kupcem.

1.4 Omejitve

V diplomski nalogi sem se omejil na materialne potrebe v letu 2007, ki nastajajo v obratni smeri materialnih tokov. Začenši s potrebami trga sem obravnaval neodvisne materialne potrebe, napovedi prodaje in naročila kupcev ter gibanja neodvisnih materialnih potreb glede na časovno oddaljenost. V nadaljevanju sem obravnaval odvisne materialne potrebe v proizvodnem procesu in procesu nabave materialov, dokumente ki sprožajo proizvodnjo izdelkov in polizdelkov ter nabavo materialov.

1.5 Uporabljene metode

Pri izdelavi diplomske naloge sem uporabljal literaturo domačih in tujih avtorjev, svetovni splet, interne dokumente in intranet Iskre Avtoelektrike ter podatke informacijskega sistema SAP Iskre Avtoelektrike. Uporabljal sem računske statistične metode, kvantitativne metode napovedovanja in analizo dinamike porabe materialov XYZ. Pri analizah, izračunih in izdelavi ostalega gradiva sem uporabljal programska orodja Ms Office.

2 ISKRA AVTOELEKTRIKA

Iskra Avtoelektrika je globalni dobavitelj zaganjalnikov in generatorjev za motorje z notranjim zgorevanjem, avtonomno napajanih enosmernih električnih pogonskih sistemov in drugih zahtevnejših komponent za avtomobilsko industrijo. Programe dopolnjujeta še tehnološki razvoj ter proizvodnja posebne opreme in orodij. Iskra Avtoelektrika razvija, proizvaja in trži globalno z lastno proizvodno in prodajno-logistično mrežo. (Vodnik po Iskri Avtoelektriki, 2006).

Družba Iskra Avtoelektrika ima v Sloveniji in tujini svoje odvisne proizvodne in trgovinske družbe. Pri organiziranosti je upoštevan procesni pristop, fleksibilnost, osredotočenost h kupcem, kakovost in poslovna odličnost, ustvarjalno sodelovanje, stroškovna učinkovitost in inovativnost v skladu z vizijo, strategijami in poslovnimi načrti družbe (Pravilnik o notranji organizaciji in poslovanju družbe Iskre Avtoelektrike d.d., 2006).

2.1 Proizvodni program enosmernih komutatorskih motorjev

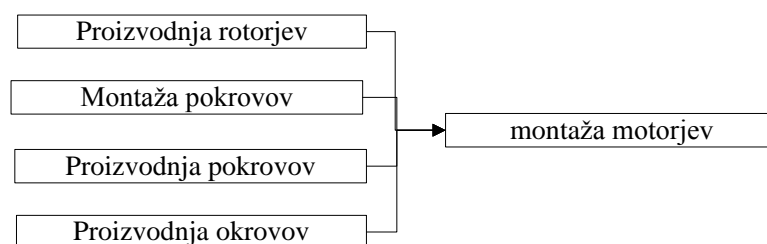
V okviru proizvodne poslovne enote Pogonski sistemi se proizvaja električne vozne in pogonske DC komutatorske motorje, BLPM elektronsko komutirane motorje, AC asinhronske motorje, električna stikala in elektronske krmilnike.

V programu enosmernih komutatorskih motorjev se proizvaja baterijsko napajane vozne in pogonske motorje namenjene uporabi na viličarjih, hidravličnih aplikacijah, servo volanih, električnih vitlih ter ostalih aplikacijah industrije logistične opreme, avtomobilske industrije in nekaterih drugih področjih. Izdeluje se standardne in posebne, kupcem prilagojene motorje, motorje s termo zaščito, prisilno hlajene in motorje za visoke obremenitve (DC Enosmerni komutatorski motorji, 2010). Del asortimenta proizvodov proizvodnega programa enosmernih komutatorskih motorjev prikazuje slika 1, tipa AMK (levo) in AMT (desno).



Slika 1: Izdelki proizvodnega programa enosmernih komutatorskih motorjev (DC Enosmerni komutatorski motorji, 2010)

Proizvodni program se izvaja v okviru podprocesov v sintetično povezanih proizvodnih enotah (Ljubič, 2006), ki je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Sintetično povezani proizvodni procesi v proizvodnem programu

Za nemoten potek proizvodnih procesov je usklajenost posameznih proizvodnih enot zelo pomembna. Pri zagotavljanju izpolnjevanja naročil kupcev in vzdrževanju optimalnih stroškov zalog ima ključno vlogo planiranje materialnih potreb.

2.2 Materialne potrebe v Iskri Avtoelektriki

Proces planiranja materialnih potreb se odvija v nasprotni smeri materialnih tokov. Pričenja se v službi prodaje, kjer se s prodajo proizvodov oziroma odpremo proizvodov h kupcem materialni tok v podjetju zaključuje in končuje v službi nabave materialov, kjer se materialni tok z dobavo oziroma prevzemom materiala v podjetju pričinja.

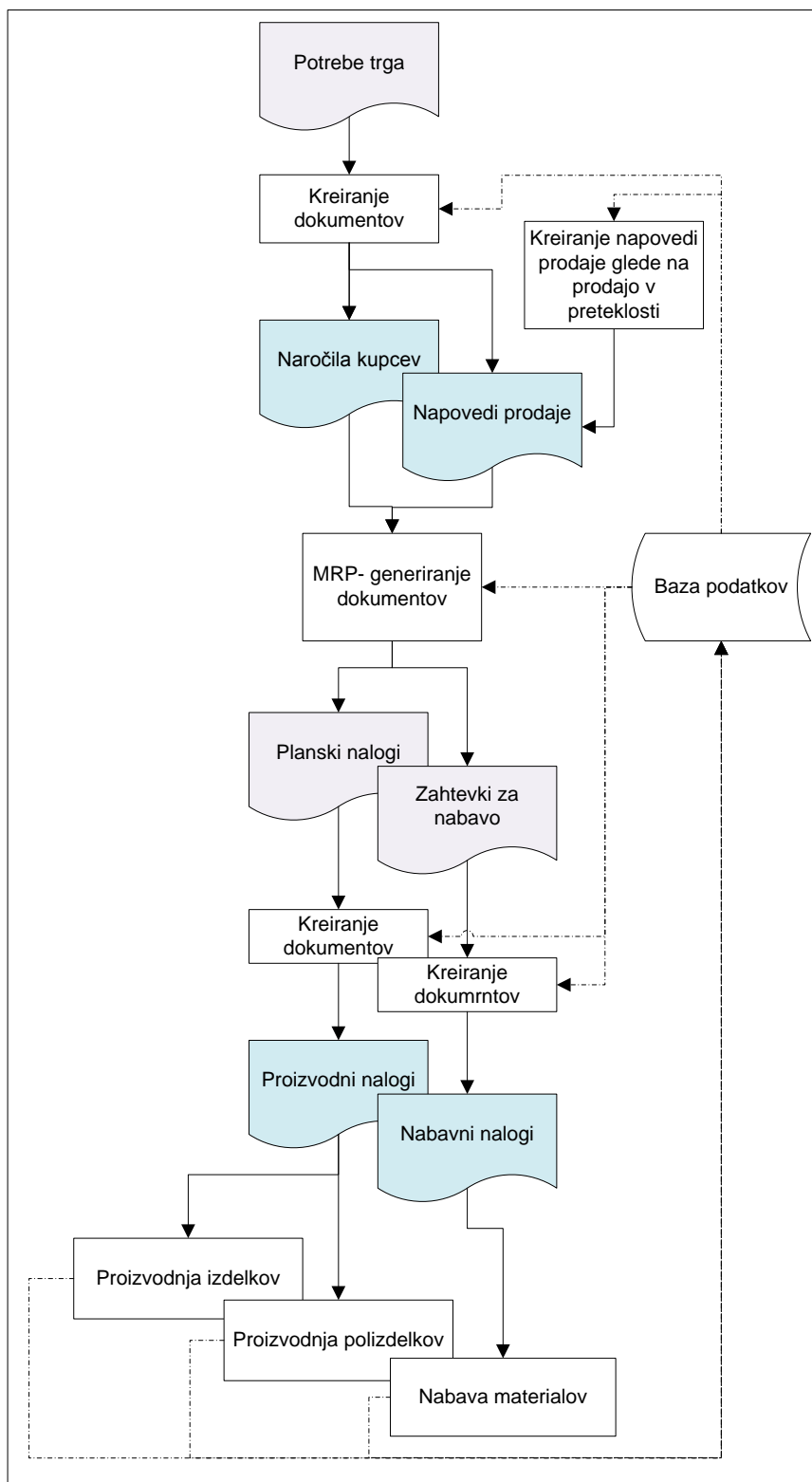
2.2.1 Proces planiranja materialnih potreb v Iskri Avtoelektriki

Proces planiranja materialnih potreb obsega neodvisne materialne potrebe, naročila kupcev in napovedi prodaje, ki neposredno izražajo potrebe trga ter odvisne materialne potrebe, potrebe po proizvodnji polizdelkov in nabavi materialov. Za optimalen pretok materiala skozi proizvodne procese, moramo materialne potrebe obravnavati v sklopu časovne materialne strukture izdelka ter morajo biti med seboj časovno in količinsko usklajene, z upoštevanjem proizvodnih zmogljivosti in zmogljivosti nabavnih virov.

Neodvisne materialne potrebe se kreirajo v službi prodaje izdelkov glede na potrebe trga kot naročila kupcev in napovedi prodaje. Odvisne so od pridobljenih podatkov iz trga in subjektivne ocene ter angažiranja posameznega prodajnega komercialista. Za del prodaje izdelkov v drugovgradnjo (ang. aftermarket) se neodvisne materialne potrebe generirajo glede na prodajo izdelkov v preteklem obdobju, kar predstavlja majhen delež prodaje.

Odvisne materialne potrebe se generirajo avtomatsko v skladu z materialnimi kosovnicami, časi izdelave izdelkov in polizdelkov ter dobavnimi roki v okviru procesa izračuna materialnih potreb MRP (ang. material requirements planning process). Usklajenost podrejenih materialnih potreb znotraj materialne časovne strukture proizvoda z možnostmi pogojuje izpolnitev naročila.

Slika 3 prikazuje proces planiranja materialnih potreb zabeležen v dokumentih: naročila kupcev, napovedi prodaje, planski nalogi, zahtevki za nabavo, delovni in nabavni nalogi (Poslovni procesi Iskre Avtoelektrike, 2010).



Slika 3: Proces planiranja materialnih potreb

Naročila kupcev so kreirana ročno, napovedi prodaje so kreirane ročno ali avtomatsko glede na prodajo izdelka v preteklih obdobjih. Planski nalogi in zahtevki za nabavo se generirajo avtomatsko v okviru procesa izračuna materialnih potreb MRP. Proizvodni in nabavni nalogi so dokumenti, ki neposredno sprožajo aktivnosti proizvodnje in nabave materialov. Kreirani so lahko ročno ali s pretvorbo iz planskih nalogov oziroma zahtevkov za nabavo.

3 PLANIRANJE V PROIZVODNEM PROCESU

Planirati oziroma načrtovati pomeni v naprej razmišljati o dogodkih in določati ustrezne ukrepe (SSKJ, 2007). S planiranjem želimo spoznati dogodke v prihodnosti. Planirani dogodki ali stanja so lahko bolj ali manj časovno oddaljena, zapisana v tedenskih, mesečnih, kvartalnih ali letnih planih.

3.1 Vrste planiranja

Vrste planiranja lahko grobo delimo v štiri skupine (Ljubič, 2006): glede na vsebino ali predmet (proizvodnja, prodaja, nabava, kadri, investicije, vzdrževanje, razvoj, raziskave), glede na obseg (oskrbovalna veriga, podjetje, obrat, delovna enota, delovno mesto, izdelek-projekt), glede na trajanje planskega obdobja (dolgoročno, srednjeročno, letno, kvartalno, mesečno, grobo, fino) in glede na značilnosti procesa planiranja (kvalitativno, kvantitativno, togo, fleksibilno, javno, tajno, statično, dinamično).

3.1.1 Delitev planov glede na časovno obdobje

Neglede na vrsto plana mora ta vsebovati najmanj tri podatke: kaj (nabor, asortiment), koliko (količina) in kdaj (rok za realizacijo). Glede na plansko obdobje v podjetju nastopajo različni plani.

Strateški plani so dolgoročni ali srednjeročni plani, s planskim obdobjem nad 3 leta. Vsebina strateških planov je strategija poslovnega sistema, opredelitev vizije in dolgoročni strateški cilji. Poudarek je na dolgoročni politiki razvoja, razvoju novih proizvodov in procesov.

Taktični plani s planskim obdobjem enega leta, so lahko letni, kvartalni ali mesečni in nastopajo predvsem kot plan prodaje, proizvodnje, nabave in finančni plani. Določajo nabor in količine že znanih izdelkov, materialov, postopkov, zmogljivosti in usposobljenih delavcev.

Operativni plani s planskim obdobjem do nekaj mesecev, so lahko mesečni, tedenski ali dnevni. Osnovna časovna enota je lahko tudi delovna izmena ali ura. Z

njimi določimo zaporedja izvajanja nalog: prodaje, nabave, proizvodnje, vzdrževanja in financiranja. So obvezujoči in osnova za operativno izvedbo (Ljubič, 2006).

3.1.2 Zanesljivost in natančnost planiranja

Planiranje nikoli ne more biti popolnoma zanesljivo, saj se v okolju pojavljajo, napake zaradi nenatančnosti postopkov planiranja, kasnitve pri zajemanju podatkov, napake zaradi netočnih podatkov in nepredvideni dogodki. Stopnja zanesljivosti planiranja pada s časovno oddaljenostjo planiranih dogodkov v prihodnosti oziroma z dolžino planskega obdobja. Bolje kot poznamo ali predvidimo nepredvidene dogodke, tembolj natančno bo planiranje (Ljubič, 2006).

3.2 Vsebina in procesi planiranja

Planiranje vključuje določanje ciljev proizvodnje, potrebnih nalog, določanje poteka proizvodnega procesa in ugotavljanje potrebnih virov. Vodenje proizvodnje zajema lansiranje (sprožanje) proizvodnih nalog, preskrbo delovnih mest z materialom (dispečiranje), nadzor izvedbe in operativno ukrepanje. Planiranje je usmerjeno v prihodnost, dispečiranje v sedanost, nadzor v preteklost in ukrepanje se izvaja v realnem času (Ljubič, 2006).

3.2.1 Strateško planiranje

Za strateško planiranje je pristojno najvišje vodstvo podjetja. V strateškem planu so opredeljene strateške odločitve, vrste izdelkov, količine, kakovostni razred, okvirni obseg stroškov, lokacija namestitve zmogljivosti, oprema ter na katerih trgih nastopati in konkurirati. V strateško planiranje sodi dolgoročno dogovarjanje s poslovnimi partnerji. Strateški plani so agregirani in zaradi dolgega obdobja manj zanesljivi.

3.2.2 Taktično planiranje

V okviru taktičnega planiranja, s planskim obdobjem od šest mesecev do dveh let, se planira predvsem na osnovi uporabe obstoječih virov s ciljem čim bolj učinkovitega in donosnega zadovoljevanja potreb trga. Proizvodne zmogljivosti se po potrebi

lahko do določene mere spreminjajo s količino delovne sile, številom delovnih izmen, obsegom nadurnega dela, velikostjo zalog, načinom distribucije in obsegom kooperacij. V taktično planiranje so vključeni srednji management in poslovodstvo. Taktični plani so v primerjavi s strateškimi bolj podrobni in zanesljivi (Rusjan, 1999).

3.2.3 Operativno planiranje

Operativno planiranje predvideva akcije za zadovolitev potreb kupcev v okvirih, opredeljenih v bolj agregiranih taktičnih in strateških planih. Na osnovi neodvisnih potreb se v okviru operativnega planiranja podrobno določa izdelavo izdelkov v proizvodnji, na posameznih delovnih mestih. Plani so natančni in obvezujoči za izvajanje nalog. Operativno planiranje izvaja operativni management.

V okviru operativnega planiranja se usklajuje informacije med nabavo, prodajo in proizvodnjo, časovno opredeljuje proizvodni proces, planira in pripravi materialna sredstva, sproža proizvodnjo, razdeli delo in nadzira postopek.

Služba, kjer se izvaja operativno planiranje vzdržuje informacijske povezave z drugimi funkcijami v podjetju. Časovno opredeljuje proizvodni proces, usklajuje in določa roke izvedbe, trajanja delovnih nalogov in operacij. V okviru priprave materialnih sredstev pripravlja in usklajuje plan materialnih potreb, potrebne količine in roke dobav materialov ter katera delovna mesta se bodo z materiali oskrbovala. Nadzira potek in rezultate opravljenega dela, ugotavlja doseganje plana in v primeru odstopanj korektivno vpliva na potek dela.

Smotrno je, da je služba za operativno planiranje samostojna služba z izvršnimi pooblastili, ki je lahko organizirana centralizirano ali decentralizirano po posameznih proizvodnih enotah.

3.2.4 Funkcije planiranja proizvodnje

Pomembnejše funkcije planiranja proizvodnje so: spremljanje in napovedovanje povpraševanja, izdelava plana prodaje, distribucije, planiranje proizvodnega programa, planiranje proizvodnih virov (materialnih, človeških in finančnih),

izdelava osnovnega plana proizvodnje, planiranje proizvodnih zmogljivosti, planiranje in napovedovanje materialnih potreb ter nadzor in vodenje proizvodnje.

Na strateškem nivoju se pripravljajo poslovni plan, kjer se opredeli finančne vidike predvidenega poslovanja, program izdelkov, predvidene ravni povpraševanja in tržne deleže. Na osnovi naročil kupcev in napovedi, zlasti pri proizvodnji izdelkov na zalogo, se izdelajo plan prodaje z določenimi količinami, izdelki in termini.

Sledi planiranje proizvodnega programa, ki planira družine izdelkov in količine, proizvodne vire, materiale, obremenitve kapacitet in poslovne stroške tako, da zagotavlja čimvečji dobiček.

Osnovni plan proizvodnje je izdelan na osnovi plana prodaje ob upoštevanju razpoložljivih virov in kapacitet ter določa plan končne montaže.

Znotraj samega proizvodnega procesa se izvajajo: nadzor in vodenje proizvodnje, določanje zaporedij izvajanja operacij, lansiranje delovnih nalogov, oskrba delovnih mest z materiali, spremljanje in nadzor izvajanja delovnih nalog ter ukrepanje.

3.2.5 Dinamično-drsno planiranje

Najpogosteje se izvaja dinamično-drsno planiranje za katerega je značilno, da se plansko obdobje, ki je v naprej določeno, pomika. Plansko obdobje je pogosto razdeljeno na delna obdobja, orientacijsko, pripravljalno in fiksno. Najbolj oddaljeno orientacijsko obdobje z manjšo zanesljivostjo (do 50 %), pripravljalno obdobje z zanesljivostjo do 70% in najbližje fiksno obdobje, z zanesljivostjo 90%, kjer spremembe niso več dovoljene. Po preteku delnega obdobja se realizirano izloči in k že postavljenemu planu doda plan za naslednje delno obdobje. Tako imamo stalno izdelan plan za določeno enako dolgo obdobje v naprej (Ljubič, 2006).

3.3 Podatki v proizvodnem procesu

V procesu planiranja in vodenja proizvodnega procesa potrebujemo določene podatke in dokumente, ki definirajo izdelke, materiale in proizvodne procese. V nadaljevanju so predstavljene nekatere entitete v proizvodnem procesu kot so

materiali, zgradba ali struktura izdelka, delovna mesta, tehnološki postopki in delovni koledar (Ljubič, 2000).

3.3.1 Materiali

Za izdelek, ki ga v proizvodnem procesu proizvajamo, mora biti definirana oblika, dimenzija, opis materiala, kakovostne zahteve in drugi podatki. Definicije materialov so lahko v grafični obliki kot tehniške risbe in pisni obliki kot so sezname, navodila ali materialne kosovnice. V računalniško podprtih proizvodnih sistemih so podatki o materialu zabeleženi v matičnih podatkih materiala, ki lahko vsebuje različne podatke: naziv, šifra-koda izdelka, tip materiala, enota mere, standard, dimenzija, dodatne opise, način planiranja, minimalne zaloge, mesto skladiščenja, cena materiala in druge podatke (Ljubič, 2006).

3.3.2 Zgradba izdelka

Zgradba izdelka definira kako in iz katerih gradnikov oziroma materialov je izdelek sestavljen ter kakšne količine elementov so potrebne za izdelavo. Struktura izdelka je lahko predstavljena grafično ali v pisni obliki. Proizvodno strukturo izdelkov pri planiranju proizvodnje navadno obravnavamo analitično in jo zapišemo po tehnološkem zaporedju gradnje v obliki kosovnic. Navadno so materialne strukture izdelkov popisane z uporabo parcialnih struktur, modularnih oziroma enonivojskih kosovnic in je tako celotna struktura prikazana na večjih dokumentih. Pomembnejši podatki, zapisani v materialnih kosovnicah, so: podatki o proizvodu, podatki o podrejenih materialih ali komponentah in predpisani normativi komponent. Za pregled celotne materialne strukture izdelka uporabimo strukturno kosovnico, ki poleg podatkov o proizvodu, podrejenih materialih in normativih, vsebuje še relacije med materiali in stopnjo gradnje za posamezno komponento.

3.3.3 Delovna mesta

Proizvodni proces je definiran, če so definirani posamezni delni postopki (Ljubič, 2006), delovne operacije na posameznih delovnih mestih. Tako kot za predmete dela morajo biti definirana tudi delovna mesta. Podatki o delovnem mestu lahko vsebujejo

naziv delovnega mesta, pripadnost stroškovnemu mestu ali proizvodni enoti, časovne enote, podatke o vzdrževanju in drugo.

3.3.4 Proizvodni postopki

Proizvodni postopek definira potek transformacije komponente iz nižje stopnje v višjo stopnjo dodelanosti. V tehnološkem postopku je definirano zaporedje delovnih operacij, delovna mesta kjer se operacije izvajajo, stroji, orodja, delavci in časovni normativi izvajanja operacij. Proizvodni postopek torej vsebuje vsa navodila za izdelavo oziroma montažo proizvodov. V proizvodni postopek so lahko vključene tudi tehnološke kosovnice.

3.3.5 Delovni koledar

Z delovnim koledarjem se definira delovne dneve za minimalno obdobje enega leta, saj se pri planiranju proizvodnega procesa operira z delovnimi dnevi. V proizvodnem podjetju lahko za različne poslovne enote uporabimo več delovnih koledarjev hkrati. V delovnem koledarju so definirani delovni dnevi, nedelovne sobote in nedelje, nadomestni delovni dnevi, prazniki in kolektivni dopust. V informacijsko podprtem poslovnem procesu, se v procesu izračuna materialnih potreb, dokumenti avtomatsko generirajo z datumi delovnih dni.

4 NAPOVEDOVANJE – STOHAŠTIČNO PLANIRANJE

Planiranje pomeni odločanje o prihodnjih dogodkih (Rusjan, 1999). Glede na planski horizont ločimo različne vrste predvidevanj: dolgoročna, srednjeročna in kratkoročna. V okviru dolgoročnih predvidevanj s planskim horizontom nekaj let, ki se navadno izvajajo za skupine proizvodov, se predvideva povpraševanja po proizvodih na osnovi katerih planiramo proizvodne zmogljivosti in druge vire. Srednjeročno predvidevanje s planskim horizontom 6 do 18 mesecev zajema odločitve na ravni letnega plana (v okviru mesečnega planiranja proizvodnje), o zmogljivosti proizvodnih enot, potrebah po delovni sili, materialnih potrebah in zalogah. Kratkoročno planiranje s planskim horizontom nekaj tednov do nekaj mesecev, služi predvsem za odločitve v okviru operativnega planiranja, torej o specifičnih proizvodih, kratkoročnih proizvodnih zmogljivostih in zalogah.

4.1 Kvalitativne metode napovedovanja

Kvalitativne metode predvidevanja temeljijo na subjektivnih mnenjih in so zasnovane na oceni vzročnih dejavnikov, ki vplivajo na obseg prodaje oziroma proizvodnje. Med te uvrščamo: ocene managementa podjetja, Metodo Delfi, ocene prodajnega osebja, anketiranje kupcev, ocene na podlagi analogije z drugimi okolji, državami, proizvodi in tržne raziskave. Kvalitativne metode se praviloma bolj uporabljajo pri dolgoročnem planiranju.

4.2 Kvantitativne metode napovedovanja

Kvantitativne metode predvidevanja so matematični modeli, ki so zasnovani na podatkih iz preteklosti in temeljijo na predpostavki, da lahko prihodnje dogodke predvidimo na podlagi dogodkov v preteklosti (Rusjan, 1999). Poslovni procesi imajo neko vztrajnost, zato iz dogajanj v preteklosti smemo sklepati na dogajanja v prihodnosti. Stohastični procesi so tisti, ki se spreminjajo s časom v skladu z zakoni verjetnosti, zato takemu napovedovanju rečemo stohastično planiranje. Kljub dejstvu nezanesljivosti take oblike planiranja, je ta boljša od subjektivne ocene (Ljubič, 2006).

V proizvodnem podjetju je stohastično planiranje prisotno pri napovedovanju povpraševanja oziroma prodaje, proizvodnje, porabe materialov, trajanja proizvodnih ciklov izdelkov, napovedovanja kakovosti (izmet) in razpoložljivosti proizvodnih zmogljivosti (okvare, zastoji, odsotnosti delavcev).

4.2.1 Podatki za napovedovanje

Podatkom o pojavih, zajetih v enakih časovnih intervalih pravimo časovne vrste. Te so lahko momentne, ki predstavljajo presek stanja (naprimer zaloga ob koncu meseca) ali intervalne, ki kažejo gibanje pojava v določenih časovnih obdobjih (naprimer obseg mesečne prodaje). Običajno je med časom in vrednostjo pojava stohastična povezava, saj na vrednost odvisne spremenljivke poleg časa vplivajo še *trend*, *ciklični* in *sezonski* vplivi ter *iregularitete* (Ljubič, 2006).

$$Pojav = f(t) + trend + ciklicni\ vpliv + sezonski\ vpliv + iregularitete \quad (1)$$

Pojav je seštevek funkcije časa in ostalih vplivov kot prikazuje enačba (1). Trend podaja smer v katero se pojav giblje in je prirastek ali upadek pojava v časovni enoti. Ciklični vpliv pomeni nihanje pojava okrog osnovnega trenda v daljšem časovnem obdobju in je manjše od polovice standardnega odklona. Ciklus nihanja od enega minimuma (ali maksimuma) do drugega je običajno več let in je pogojen z gospodarskimi gibanji ali modo. Sezonski ali periodični vplivi so podobni cikličnim, le da se odvijajo v krajšem časovnem obdobju enega leta ali meseca, z odstopanjem večjim od polovice standardnega odklona in so največkrat posledica klimatskih razmer. Iregularni vplivi nastopajo občasno in njihovega vpliva pogosto ni možno predvideti.

Zanesljivost napovedi raste s številom razpoložljivih podatkov, vendar se z večanjem števila podatkov veča tudi obseg dela s podatki. Podatke moramo zajemati v vedno enakih časovnih intervalih, krajših za bolj dinamične in daljših za bolj umirjene pojave. Manjkajoči podatek lahko nadomestimo z aritmetično sredino sosednjih dveh, vendar mora biti teh manj od 5% in ne smejo manjkati za več zaporednih obdobj.

4.2.2 Zanesljivost napovedovanja

Pomembna karakteristika vsake napovedi je zanesljivost. Merilo točnosti planiranja nam pove koliko se dosežene vrednosti razlikujejo od predvidenih. Poznamo več meril zanesljivosti napovedi, kot so: povprečna napaka napovedi, absolutna povprečna napaka napovedi in absolutna povprečna odstotna napaka napovedi ter druge (Ljubič, 2006).

Povprečna napaka napovedi (ME- ang. Mean Error) je definirana kot prikazuje izraz (2).

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - F_i)}{n} \quad (2)$$

R_i = vrednost dogodka,

F_i = napovedana vrednost dogodka,

i = indeks dogodkov ($i = 1 \dots n$),

n = število dogodkov.

Absolutna povprečna napaka napovedi (MAD- ang. Mean Absolute Deviation) je definirana v enačbi (3).

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |(R_i - F_i)|}{n} \quad (3)$$

Absolutna odstotna povprečna napaka napovedi (MAPE- ang. Mean Absolute Percentage Error) kaže odstotno velikost povprečne napake in je definirana v izrazu (4)

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|(R_i - F_i)|}{R_i} \right)}{n} \quad (4)$$

Ker je merilo napake napovedi MAPE neodvisno od reda velikosti je primerno za različne vrednosti dogodkov.

4.3 Metode napovedovanja

Pojave v prihodnosti lahko napovemo z uporabo podatkov o pojavu v preteklosti. Poznamo enostavnejše extrapolacijske metode napovedovanja, primernejše za napovedovanje krajših obdobj, kot so metoda enostavnih, drsečih in uteženih (ponderiranih) srednjih vrednosti. Kompleksnejše korelacijske metode napovedovanja, kot so linearna in nelinearna regresija prvega in regresije višjih redov, so primerne tudi za napovedovanje daljših obdobj.

4.3.1 Metoda enostavnih srednjih vrednosti

Metoda enostavnih srednjih vrednosti, ki je definirana v izrazu (5), je primerna za napoved vrednosti pojava v naslednjem obdobju, za relativno umirjene pojave brez izrazitega trenda, sezonskih, cikličnih nihanj ali iregularitet. Aritmetično sredino dogodkov se izračuna za vsako obdobje sproti, torej je vedno korigirana z najnovejšimi podatki (Chopra, 2004).

$$F_{i+1} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n R_i \right)}{n} \quad (5)$$

F_{i+1} = napoved pojava,

ostali parametri so pojasnjeni v poglavju [4.2.2](#).

Metoda ima dve pomanjkljivosti: z večanjem števila statističnih podatkov se manjša preglednost in večja obseg računanja ter na rezultat vplivajo enako tudi podatki iz preteklosti, ki zmanjšujejo vpliv novejših podatkov.

4.3.2 Metoda drsečih srednjih vrednosti

Metoda drsečih srednjih vrednosti odpravlja pomanjkljivosti prejšnje, saj se pri izračunu uporablja le podatke zadnjih nekaj obdobj (npr. mesecev). Definicija je podana v izrazu (6).

$$F_{i+1} = \frac{\left(\sum_{i=n-m+1}^n R_i \right)}{m} \quad (6)$$

m = število zadnjih obdobij (interval drsenja),
ostali parametri so pojasnjeni v poglavju [4.2.2](#).

Interval drsenja je število zadnjih obdobij za katera bomo upoštevali podatke. Krajši čas drsenja pomeni večji vpliv novejših podatkov in hitrejši odziv na iregularitete.

4.3.3 Metoda uteženih srednjih vrednosti

Metoda uteženih srednjih vrednosti daje podatkom različno težo (ponder) glede na starost, tako da so deleži različno starih podatkov v napovedi različni. Vsak podatek je pomnožen z utežjo (ponderjem) manjšim od 1 in vsota vseh ponderjev mora biti enaka 1. Ti se lahko zvrstijo v naraščajočem zaporedju, kadar želimo dati večji pomen novejšim podatkom in bo napoved bolj sledila dejanskemu gibanju ali padajočem vrstnem redu, če dajemo večjo težo starejšim podatkom, ko skušamo napoved pojava umiriti. Metoda uteženih srednjih vrednosti je izražena v enačbi (7).

$$F_{i+1} = \frac{\left(\sum_{i=n-m+1}^n q_j \cdot R_i \right)}{m} \quad (7)$$

q = utež posameznega podatka v časovni vrsti,
 $j = 1 \dots m$,
ostali parametri so pojasnjeni v poglavju [4.2.2](#).

Vsota vseh uteži mora biti enaka ena, kot je prikazano v izrazu (8).

$$q_{j_1} + q_{j_2} + q_{j_3} + \dots + q_{j_m} = 1 \quad (8)$$

4.3.4 Eksponentno glajenje

Pri eksponentnem glajenju (ang. exponential smoothing) se uteži podatkov samodejno zmanjšujejo od neke vrednosti pri novejših podatkih do nič pri starih podatkih. Pri eksponentnem glajenju zmanjševanje poteka eksponentno, kot prikazuje formula (9).

$$F_{i+1} = R_i \cdot \alpha + R_{i-1} \cdot \alpha \cdot (1-\alpha)^{(1)} + R_{i-2} \cdot \alpha \cdot (1-\alpha)^{(2)} + \dots \quad (9)$$

Ker vsako novo napovedovanje izračunamo na enak način le z dodajanjem novih podatkov, lahko zapišemo izraz (10), ki je v praksi bolj uporaben.

$$F_{i+1} = \alpha \cdot R_i + (1-\alpha) \cdot F_i \quad (10)$$

α = konstanta eksponentnega glajenja,

ostali parametri so pojasnjeni v poglavju [4.2.2](#).

Konstanta eksponentnega glajenja α opredeljuje, kako hitro se bodo zmanjševale uteži in ima lahko vrednost med 0 in 1.

Metoda eksponentnega glajenja je uporabna pri napovedovanju pojavov, ki nimajo izrazitega trenda ali sezonskih vplivov in je priljubljena v sistemih stohastičnega planiranja proizvodnje (Ljubič, 2006).

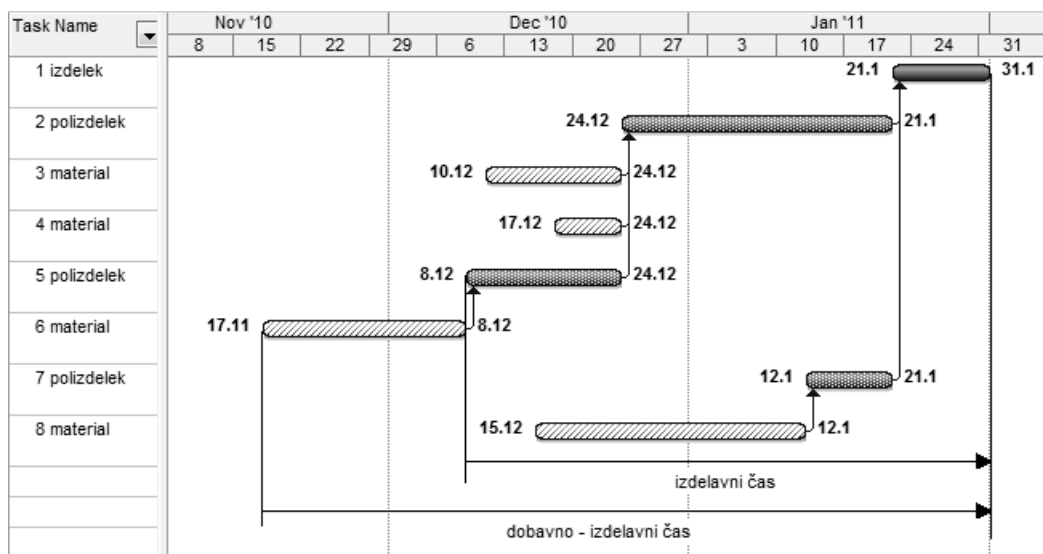
5 GOSPODARJENJE Z MATERIALOM

H gospodarjenju z materiali spadajo vse aktivnosti pri obvladovanju materialnih tokov, od dobaviteljev skozi proizvodni proces do končnega porabnika. Funkcije, ki nastopajo v okviru gospodarjenja z materialom so: stohastično ali deterministično planiranje materialnih potreb, optimiranje količin za nabavo in izdelavo, razvrstitve in grupiranje materialov z analizo ABC, analiza dinamike porabe materialov XYZ, naročanje materialov, dobava, transport, prevzem in skladiščenje ter izdaja materiala v proizvodnjo. V procesu planiranja materialnih potreb moramo upoštevati časovno strukturo izdelkov, dobavne in izdelavne čase ter dinamiko porabe materialov.

5.1 Struktura časov izdelave končnega izdelka

V planu proizvodnje prihaja vedno do sprememb, ki so tembolj moteče in zahtevne čim bližje se pojavijo (Ljubič, 2006). Umestitev neodvisne materialne potrebe v prihodnosti lahko povzroči odvisne potrebe znotraj dobavnih rokov, ki presegajo zmogljivosti dobaviteljske verige in proizvodnih zmogljivosti. Pojavijo se lahko časovno neusklajene aktivnosti, nabava materialov in proizvodnja polizdelkov, kot eden od vzrokov nepotrebnih zalog materialov.

Slika 4 prikazuje časovno materialno strukturo izdelka, dobavne in izdelavne čase ter skupni dobavno - izdelavni čas, od začetka dobavnega roka "prvega" materiala do izdelave končnega izdelka.



Slika 4: Struktura dobavnih in izdelavnih časov proizvoda

Z vzpostavitev dodatnih varnostnih zalog materialom, ki nastopajo prvi v časovni strukturi proizvoda, lahko načrtno skrajšamo izdelavni čas izdelka. Primer: Dodatna varnostna zaloga za "6 material" prikazan na sliki 4 lahko skrajša dobavno izdelavni čas proizvoda za tri tedne.

5.2 Zaloge

Zaloga je blago odloženo na različnih mestih v logistični verigi, kot zaloga materiala v transportu, na skladišču, v proizvodnem procesu kot zaloge nedokončane proizvodnje ali skladišču končnih izdelkov. Zaloga je lahko blažilec nihanj porabe ali povpraševanja materiala, kompenzira napake metod planiranja, netočne podatke o stanju zalog in odklone dobavljenih količin ali dobavnih rokov. Zaloge materiala lahko predstavljajo relativno velik strošek, zato skušajo v sodobnih podjetjih v skladu z načeli vitke proizvodnje te minimizirati.

5.2.1 Varnostne zaloge

Varnostne zaloge so ena od normativnih kategorij zalog, ki je namenjena premostitvi nepričakovanih dogodkov v materialni oskrbi. Velikost varnostne zaloge je odvisna od željene stopnje varnosti (Rusjan, 1999), to je verjetnosti, da bo povpraševanje v določenem obdobju pokrito.

Varnostno zalogo izrazimo z enačbo (11).

$$Z_v = z \cdot \sigma \quad (11)$$

z = varnostni faktor za željeno raven storitve (po tabeli 1)

σ = standardni odklon porabe v obdobju

Tabela 1: Standardni odklon za različne ravni storitve

Z	0	0,5	1	1,5	2	2,5
<i>Raven storitve v %</i>	50	69,1	84,1	93,3	97,7	99,4

Z vspostavitvijo varnostnih zalog materialom, ki nastopajo v prvem obdobju dobavno izdelavnega časa proizvoda (primer "6 material", slika 4, poglavje [5.1](#)) lahko skrajšamo izdelavni čas proizvoda. S poznavanjem časov izdelave, dobavnih rokov in časovne strukture, vzpostavimo varnostne zaloge tistim materialom ali polizdelkom, ki nastopajo v izbranem obdobju. Definirana velikost varnostne zaloge z namenom krajšanja roka izdelave je prikazana v enačbi (12).

$$Z_{vz} = z \cdot \sigma + \bar{R} \quad (12)$$

\bar{R} = povprečna poraba v preteklem obdobju

Ker pri izračunu varnostnih zalog upoštevamo porabo materiala v preteklem obdobju, je pomembna tudi analiza dinamike porabe materiala, ki razvršča materiale po povprečnem nihanju porabe. Varnostno zalogo z namenom skrajšanja časa izdelave izdelka je smiselno določiti materialom z relativno enakomerno in stalno porabo.

5.3 Analiza dinamike porabe XYZ

Pri gospodarjenju z materiali se pogosto uporablja analiza ABC za razvrščanje materialov po deležu porabe v preteklem obdobju vrednostno. Za odločanje pri planiranju materialnih potreb analiza ABC ne zadostuje, zato jo dopolnimo z analizo dinamike porabe XYZ, ki razvršča materiale glede na njihovo dinamiko porabe. V skupino X sodijo materiali s stalno porabo v daljšem časovnem obdobju in s približno enako porabo v vseh časovnih enotah. Njihova napoved porabe je zelo zanesljiva. Materiali iz skupine Y imajo sicer stalno porabo v vseh terminskih enotah, vendar različen obseg porabe, njihova napoved je srednje zanesljiva. V skupini Z so materiali z občasno porabo in nezanesljivo napovedjo. Rezultat analize je povprečno nihanje porabe v odstotkih v obravnavanem obdobju, navadno za preteklih dvanajst mesecev (Ljubič, 2006).

V skupini X so materiali s povprečnim nihanjem porabe manjšim od 50%. Po izkušnjah sodi v to skupino 50 % materialov. V skupino Y sodijo materiali s povprečnim nihanjem porabe med 50% in 100%, običajno 20% materialov. V skupini Z so materiali s povprečnim nihanjem porabe večjim od 100%, običajno

predstavljajo 30% materialnih postavk. Varnostne zaloge z namenom skrajšanja izdelavnega časa izdelka je smiselno določiti materialom iz skupine X in Y.

5.3.1 Postopek analize XYZ

Postopek izračuna analize dinamike porabe XYZ je prikazan v enačbah (13), (14) in (15). Najprej ugotovimo povprečno porabo materiala v terminski enoti (običajno mesec) za preteklo obravnavano obdobje (običajno leto).

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (13)$$

\bar{R} = povprečna količina porabe v preteklem časovnem obdobju,

i = indeks dogodkov ($i = 1 \dots n$),

n = število dogodkov.

Izračunamo povprečno absolutno odstopanje porabe po terminskih enotah v preteklem časovnem obdobju.

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n |R_i - \bar{R}|}{n} \quad (14)$$

\bar{D} = povprečno odstopanje porabe v preteklem časovnem obdobju.

Rezultat analize XYZ je kvocient povprečnega odstopanja in povprečne porabe.

$$\bar{N} = \frac{100 \cdot \bar{D}}{\bar{R}} \quad (15)$$

\bar{N} = povprečno nihanje porabe v preteklem časovnem obdobju, v odstotkih.

Materiale razvrstimo v skupine, glede na kvocient povprečnega odstopanja porabe, X, Y ali Z. V skupino X materiale z vrednostjo $\bar{N} < 50\%$, v skupino Y materiale z vrednostjo \bar{N} med 50% in 100% ali v skupino Z materiale z vrednostjo $\bar{N} > 100\%$.

6 PLANIRANJE MATERIALNIH POTREB V ISKRI AVTOELEKTRIKI

Pri obravnavanju planiranja materialnih potreb v Iskri Avtoelektriki sem se omejil predvsem na operativno planiranje. Letni plan spada v okvir taktičnega planiranja in je osnova za pripravo proizvodnih zmogljivosti, nabavnih in ostalih virov, ki bodo zagotavljali učinkovito poslovanje. Vhodni podatki operativnega planiranja so napovedi prodaje in naročila kupcev, torej neodvisne materialne potrebe, ki izražajo potrebe trga.

6.1 Taktično planiranje

V okvir taktičnega planiranja spada letni plan, izdelan ob koncu koledarskega leta za prihodnje leto.

Na rob taktičnega planiranja spadajo tudi napovedi prodaje, ki se kreirajo, in usklajujejo mesečno v okviru logističnih kolegijev za obdobje najmanj štirih mesecev. Te povzročajo nabavo materialov, prilagoditve proizvodnih zmogljivosti in števila delavcev.

6.1.1 Letni plan

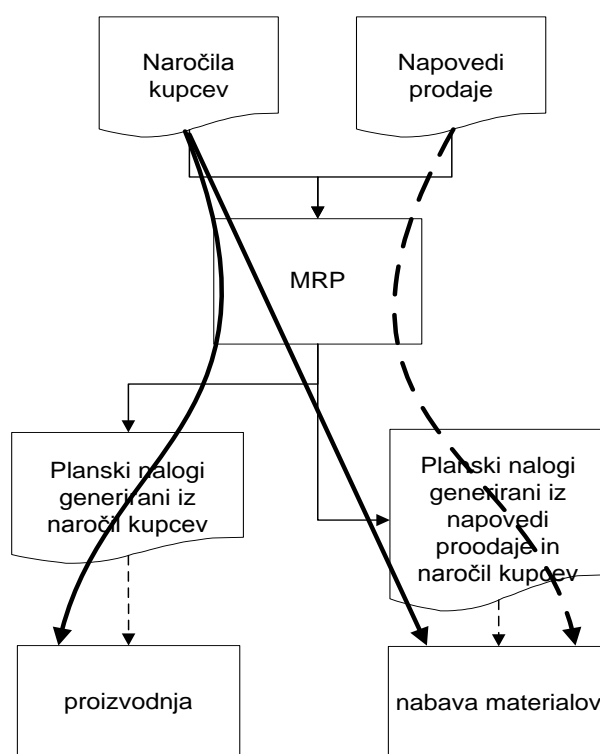
Letni plan prodaje nastaja v službi področja prodaje in je osnova za izračun letnih planov različnih področji poslovnega sistema. Vsebuje podatke o konkretnih izdelkih, količinah in terminih. Z vidika proizvodne logistike so rezultati letnega plana: letni plan materialnih potreb, plan proizvodne in nabavne kooperacije, letni plan proizvodnje polizdelkov, izdelkov ter plan finančnih in drugih virov.

6.2 Operativno planiranje

V operativno planiranje spadajo napovedi prodaje, naročila kupcev, izračun materialnih potreb MRP (ang. material requirements planning process), umeščanje delovnih nalogov v plan proizvodnje, naročanje materialov, usklajevanje proizvodnih zmogljivosti z zmogljivostmi dobaviteljske verige in potrjevanje izpolnitve naročil kupcem.

6.2.1 Neodvisne materialne potrebe

Neodvisne potrebe, naročila kupcev in napovedi prodaje predstavljajo vhod v informacijski sistem in so osnova za planiranje prodaje, proizvodnjo polizdelkov in izdelkov, nabavo materialov ter proizvodnih zmogljivosti (Planiranje materialnih potreb, 2005). V Iskri Avtoelektriki se, v skladu s strategijo planiranja proizvodnje in materialnih potreb, izvaja nabava materialov na osnovi naročil kupcev in napovedi prodaje, medtem ko proizvodnja polizdelkov in končnih izdelkov le na osnovi naročil kupcev (Navodila za logistični kolegij, 2005), kot prikazuje slika 5.



Slika 5: Strategija planiranja materialnih potreb (Navodila za logistični kolegij, 2005)

6.2.2 Napovedi prodaje

Na podlagi napovedi prodaje se le naročajo in dobavljajo materiali in ne proizvajajo polizdelkov ali končnih izdelkov. Vnašajo se najmanj za štiri mesece vnaprej, da se zagotovi pravočasna preskrba materialov.

Napovedi prodaje se po uskladitvi na logističnem kolegiju aktivira. Vnašajo se vedno na prvi delovni dan terminske enote tedna ali meseca. Plan napovedi prodaje se v

informacijski sistem vnaša v obliki tabele, s podatki o materialu, količini in terminu (kaj, koliko in kdaj) kot prikazuje slika 6.

Plan potreb		ZAMRZ_0035		Začetek planir.		04. 01. 2010		Konec planir.		31. 10. 2011		
Tabela		Postavke		Razdelitve								
Material	Obr.	Ve	Ak	O...	W 08.2010	M 03.2010	M 04.2010	M 05.2010	M 06.2010	M 07.2010	M 08.2010	M 09.2010
11216171541	035	XX		KOS	50	50	60	50	60	100	15	200
11216172541	0035	XX		KOS	50	50	50	50	50	50		100
11216174541	0035	XX		KOS	70	140	190	70	70	120	70	120
11216175541	0035	XX		KOS	15	25	20	10	10	10	10	110
11216177541	0035	XX		KOS								
11216177555	0035	XX		KOS								
11216178555	0035	XX		KOS								
11216179555	0035	XX		KOS	200	200	200	200	200	200	200	200
11216180555	0035	XX		KOS								
11216181555	0035	XX		KOS	300	300	300	300	300	300	300	300

Slika 6: Napovedi prodaje (Informacijski sistem SAP, 2010)

6.2.3 Naročila kupcev

Na osnovi naročil kupcev se izvaja proizvodnja izdelkov in polizdelkov ter nabava materialov. Planer s kreiranjem proizvodnega naloga za končni izdelek potrdi predvideno terminsko in količinsko izpolnitev naročila, ki jo komercialist prodaje posreduje kupcu. Pomembnejši podatki na dokumentu (naročilo kupca) so: podatki o kupcu, šifra izdelka, količina, željeni čas dobave, glede na transportni čas izračunani željeni čas izdelave, potrditev izpolnitve naročila, finančni pogoji in drugi podatki.

6.2.4 Naročila kupcev zmanjšujejo napovedi prodaje

Naročila kupcev in napovedi prodaje povzročajo v informacijskem sistemu odvisne potrebe, generiranje planskih nalogov za končne izdelke, polizdelke in surovine po vseh nivojih materialne strukture izdelkov.

Naročila kupcev avtomatsko zmanjšujejo napovedi prodaje v tekočem mesecu (šifra za šifro) tako, da se materialne potrebe oziroma generirani planski nalogi po izračunu materialnih potreb MRP ne podvajajo. Napovedi prodaje se navadno vnaša na prvi delovni dan terminske enote tedna ali meseca, naročila kupcev pa na kateri koli delovni dan. Neizkoriščene napovedi prodaje se brišejo za plansko obdobje najmanj dveh mesecev, za daljše obdobje pa, če so proizvodne zmogljivosti zasedene z naročili in bi neizkoriščene napovedi povzročale dodatna nepotrebna naročila

materialov (Navodila za logistični kolegij, 2005). Skupne neodvisne potrebe so definirane po enačbi (13).

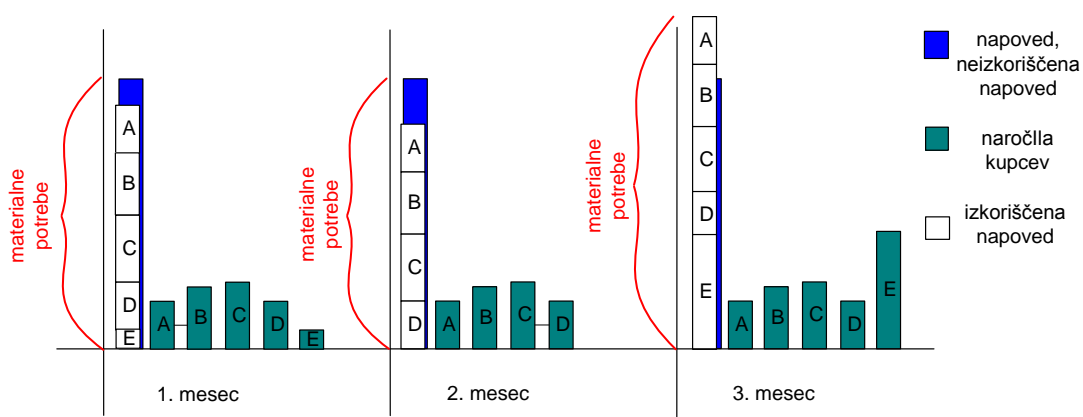
$$Rq_M = MAX(F_M : Or_M) \quad (13)$$

Rq_M = skupne neodvisne potrebe v terminski enoti,

F_M = napovedi prodaje v terminski enoti,

Or_M = naročila kupcev v terminski enoti,

M = obravnavana terminska enota, delovni mesec.



Slika 7: Naročila kupcev zmanjšujejo napovedi prodaje

Zmanjševanje napovedi prodaje z naročili kupcev prikazuje slika 7. Skupne neodvisne materialne potrebe so vsota naročil kupcev in neizkoriščenih napovedi prodaje v obravnavani terminski enoti oziroma mesecu.

6.2.5 Logistični kolegij

Pomemben del procesa operativnega planiranja je logistični kolegij, ki deluje na meji med operativnim in taktičnim planiranjem. Naloga logističnega kolegija je, da za učinkovito prilagajanje potrebam trga zagotavlja učinkovito planiranje potreb kupcev, preskrbo surovin in zagotavljanje proizvodnih zmogljivosti. Na kolegiju sodelujejo vodja področja prodaje, vodja proizvodne enote in vodja proizvodne logistike. Tu usklajujejo plan prodaje s planiranimi proizvodnimi zmogljivostmi in zmogljivostmi dobaviteljske verige za najmanj štiri mesece vnaprej (Navodila za logistični kolegij, 2005).

6.2.6 Usklajenost proizvodnih in dobaviteljskih zmogljivosti

Za optimalen potek proizvodnega procesa je potrebna usklajenost plana prodaje z proizvodnimi zmogljivostmi in zmogljivostmi dobaviteljske verige. Kreirani delovni nalogi končnih izdelkov potrjujejo planirano količinsko in terminsko izpolnitev naročil kupcem ter s pomočjo izračuna MRP generirajo planske naloge in zahteve za nabavo, predhodnike delovnih in nabavnih nalogov za celotno materialno strukturo izdelka. Ti dokumenti predstavljajo plan proizvodnje za posamezne proizvodne enote oziroma plan materialnih potreb za nabavo materialov.

6.3 Dokumenti v proizvodnem procesu

Model poslovnega procesa v informacijskem sistemu tvorijo dokumenti, ki definirajo procese in omogočajo izvajanje, spremljanje, planiranje in vodenje procesov. Pomembnejši dokumenti z vidika proizvodne logistike so: podatki materialov, materialne kosovnice, delovna mesta, tehnološki postopki, dokumenti (risbe) in delovni ter nabavni nalogi. Pomembno je, da kreirani dokumenti tvorijo model trenutnega in prihodnjega realnega stanja proizvodnega procesa, na osnovi katerih se lahko z zaupanjem odločamo. Materialne premike med skladiščnimi mesti, kooperanti in dobavitelji se izvaja na osnovi dokumentov o materialnih premikih.

6.3.1 Materiali

Vsem predmetom dela v terminologiji informacijskega sistema SAP pravimo materiali. Poznamo tri materialne vloge: surovine so materiali dobavljeni od dobaviteljev, polizdelki so materiali izdelani v proizvodnem procesu namenjeni nadaljnji ugradnji ali obdelavi in končni izdelki, namenjeni prodaji kupcem. V Iskri Avtoelektriki uporabljamo številski (numeričen) govoreč sistem šifriranja materialov (Materiali, 2005).

Pomembnejši podatki so: pripadnost odgovornim zaposlencem (planer proizvodnje, komercialist nabave), način združevanja generiranih dokumentov (dnevno, dvodnevno, tedensko, dvotedensko, vsak torek, vsak petek), določitev fiksnega obdobja, zaokrožanje količin, minimalne količine naročanja ali proizvodnje,

materialna vloga, obrat proizvodnje, lokacija skladiščenja, predviden izmet in trajanje proizvodnih procesov, planskih in delovnih nalogov.

6.3.2 Materialne kosovnice

Materialna kosovnica je dokument, ki opisuje materialno členitev proizvoda in je osnova za izračun materialnih potreb proizvodnje. V procesu nastajanja proizvoda za izdelavo vzorcev ali prototipov, se uporabljajo konstrukcijske kosovnice. Za redno proizvodnjo ali proizvodnjo v nabavni kooperaciji se uporabljajo tehnološke kosovnice. Struktura proizvoda je enako popisana v konstrukcijskih in tehnoloških kosovnicah, čeprav se ti v načinu členitve materialne strukture lahko razlikujeta. Sledljivost in nadzor nad spremembami kosovnic se obvladuje skozi proces razvojnih sprememb.

Materialna kosovnica vsebuje: glavo dokumenta s podatki o proizvodu, šifro materiala, naziv in komponente s postavkami materialov, ki so lahko materialne, tekstovne ali dokumenti. V postavkah komponent so določeni normativi potrebnega materiala, predvideni deleži izmeta, stranski produkti in alternativni materiali (Kosovnice, 2006). Na sliki 8 je prikazan del tehnološke materialne kosovnice v informacijskem sistemu SAP.

Pos.	TIP	Komponenta	Oznaka komponente	S...	Količina	EM	SkI	PPs	Veljav.od	Veljav.do	Št.spremembe	Fa...	Poj...	IDPrP
0010	L	16361057	gred s paketom AMK		100	KOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	04	00000001
0020	L	324050764	izolacija trak DIN 7733 0,2		2,300	KG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	04	00000002
0030	L	15500262	palica rotorska AMK		3.700	KOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24.03.2007	31.12.9999	37405	<input type="checkbox"/>	08	00000003
0040	L	17400182	trak izolirni		100	KOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	08	00000005
0050	L	15402006	trak izolirni		100	KOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	08	00000006
0060	L	15402196	trak izolirni		200	KOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2006	31.12.9999	35900	<input type="checkbox"/>	12	00000007
0070	L	15402287	trak izolirni AMK		100	KOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	12	00000008
0080	L	16660100	kolektor AMK		100	KOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	14	00000009
0090	L	334140278	trak 0,3X10 POLYGLAS 30		160	M	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	18	00000010
0100	L	260220035	spajka QB 12953001 94P	02	1,100	KG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14.07.2004	31.12.9999	20449	<input type="checkbox"/>	20	00000012

Slika 8: Materialna kosovnica (Informacijski sistem SAP, 2009)

6.3.3 Delovna mesta

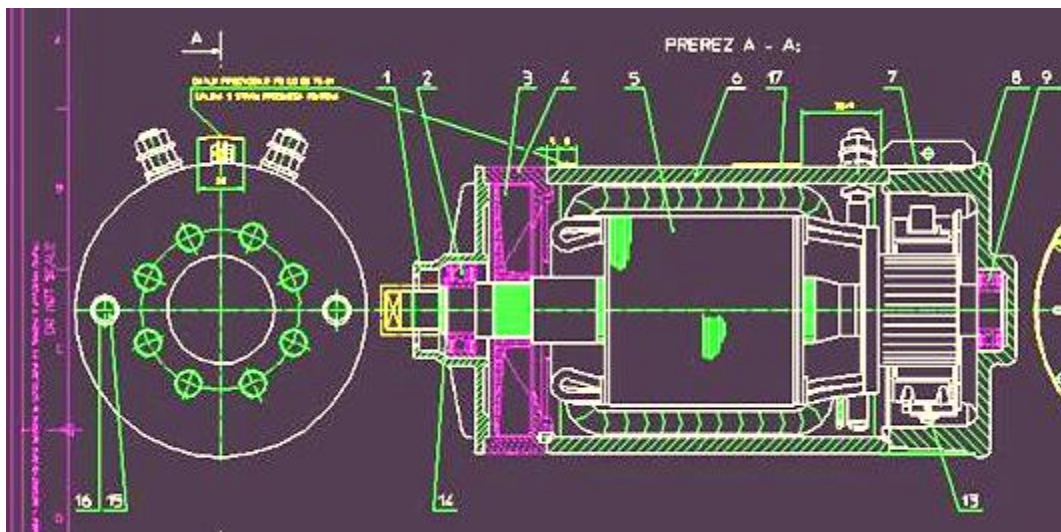
Delovna mesta so definirana s posebnim dokumentom in pripadajo proizvodnemu programu. Predstavljajo lahko posamezno ali skupinsko delovno mesto, ki zajema eno ali več delovnih mest ter ročno ali strojno, z eno ali več napravami. Več delovnih mest pripada stroškovnim mestom in področjem oskrbe z materialom. Drugi pomembnejši podatki so: inventarna številka strojev in naprav ter časovne enote, potrebne za tehnološke čase v tehnoloških postopkih (Delovna mesta, 2004).

6.3.4 Tehnološki postopki

Tehnološki postopek definira tehnologijo in proces proizvodnje izdelka. Ta se enako kot materialne kosovnice in dokumente kreira ali spreminja skozi proces razvojnih sprememb. Pomembnejši podatki so: šifra materiala, obrat proizvajalca, delovne operacije, tipi delovnih operacij (alternativna operacija, kooperacija, kontrolna operacija), delovna mesta izvajanja operacij, opisi izvajanja operacij, tehnološki časi izvajanja operacij in pripravljajno zaključnih del. Za isti izdelek je lahko kreiranih več tehnoloških postopkov, saj se proizvod lahko proizvaja na različne načine, z različnimi tehnologijami in na različnih mestih izdelave (obrat, delovno mesto ali izdelava v proizvodni kooperaciji). V primeru proizvodne kooperacije so v tehnološkem postopku posredno zapisani podatki o pogodbi s kooperantom (Tehnološki postopki, 2005). Na operacije tehnološkega postopka lahko predpišemo materiale, predpisane na kosovnici pripadajočega proizvoda, potrebna orodja za izvajanje delovne operacije, pomožna proizvodna sredstva in dokumente.

6.3.5 Dokumenti

Dokumenti so različne vrste datotek v elektronski obliki, shranjene v bazi podatkov. Kot pomemben del dokumentacije proizvodnega procesa so dokumenti lahko risbe, skice, navodila in drugo. Vsak dokument je enolično določen s takoimenovanim info zapisom in se kreira ali spreminja skozi proces razvojnih sprememb. Dokumenti so lahko povezani na materialne kosovnice, tehnološke postopke ali materiale (Dokumenti 2006). Dokument, risba končnega izdelka DC motorja družine AMK, je prikazana na sliki 9.



Slika 9: Dokument, risba proizvoda AMK motorja (Dokumenti, 2006)

6.3.6 Delovni nalogi

Proizvodne procese planiramo, vodimo in spremljamo z delovnimi nalogi. Plan dela posamezne proizvodne enote, s podatki kaj, koliko in kdaj, je sestavljen iz delovnih nalogov. Poznamo več vrst delovnih nalogov, namenjenih različnim proizvodnim procesom, redni proizvodnji, proizvodnji vzorcev, servisiranju izdelkov, proizvodnji orodij in osnovnih sredstev, storitvam, popravilom in drugim nalogam.

Delovni nalogi imajo v procesu izvajanja tri glavne statuse: kreiran, lansiran in zaključen.

Ko delovni nalog kreiramo dobi status **kreiran**. Nanj se kopirajo podatki iz glavnih podatkov materiala, skladiščne lokacije prevzemov izdelka in odvzemov materialov, podatki o času trajanja, tehnološka kosovnica z normativi potrebnih materialov, tehnološki postopek s proizvodnimi operacijami ter podatki o dokumentih in orodjih.

Naslednja stopnja delovnega naloga je status **lansiran**. Z lansiranjem delovnega naloga se izvede kontrola razpoložljivosti materialov, oskrba materialov v proizvodni proces, omogočeno je kreiranje in izdaja proizvodne dokumentacije ter izdaja dokumentov proizvodne kooperacije.

Ko je delovni nalog dokončan, se mu predpiše status **zaključen**. S tem se z delovnega naloga brišejo vse rezervacije materialov in zanj niso predvidene aktivnosti (Delovni nalogi, 2004).

Kreiranje delovnega naloga se izvede ročno ali s pretvorbo iz planskega naloga. Planski nalog je predlog delovnega naloga, avtomatsko generiran v informacijskem sistemu v procesu izračuna materialnih potreb MRP, na podlagi glavnih podatkov materialov in materialne kosovnice. Vsebuje vse pomembne podatke o delovnem nalogu.

6.3.7 Planski nalogi

Planski nalogi so dokumenti, ki jih glede na potrebe, napovedi prodaje in naročila kupcev generira informacijski sistem avtomatsko. Razen tehnološkega postopka vsebujejo vse podatke delovnega naloga, na primer: količina, začetek in konec naloga ter materialna kosovnica. Planske naloge lahko pretvarjamo v delovne. S tem se poleg tehnološkega postopka na delovni nalog kopirajo vsi podatki planskega naloga. S spremembo materialnih potreb, informacijski sistem planske naloge avtomatsko pobriše in ponovno generira.

6.4 Dokumenti procesov prodaje proizvodov in nabave materialov

Poleg dokumentov za spremljanje, vodenje in planiranje proizvodnje kot so: glavni podatki materialov, materialne kosovnice, delovna mesta, tehnološki postopki, dokumenti in delovni nalogi, uporabljamo v procesih prodaje proizvodov in nabave materialov še: naročila kupcev, napovedi prodaje, pogodbe, zahtevke za nabavo, nabavne naloge, dobavne načrte in terminske vrstice nabave.

6.4.1 Dokumenti v procesu prodaje izdelkov

Začetek vseh aktivnosti v procesu planiranja proizvodnje in preskrbe materialov sprožajo neodvisne materialne potrebe, to so napovedi prodaje in naročila kupcev. Pomembnejši podatki dokumenta naročilo kupca so: podatki o izdelku, količine, čas dobave, roki izdelave, transportni čas, podatki o kupcu, finančni pogoji in drugo. Napovedi prodaje so vsebinsko enostavnejše saj vsebujejo le podatke o izdelku, količino in željeni datum.

6.4.2 Dokumenti v procesu nabave materialov

Dokumenti v procesu nabave materialov so: pogodbe z dobavitelji, dobavni načrti, zahtevki za nabavo, nabavni nalogi in terminske vrstice nabave. Pogodbe z dobavitelji in dobavni načrti določajo možnosti in pogoje dobav materialov, naprimer: letne količine, minimalne količine, transportne, finančne in ostale pogoje, čas prevoza, dobavne roke, fiksna obdobja in drugo. V procesu nabave materialov nastopajo dokumenti (zahtevki za nabavo), ki se na podlagi pogodb z dobavitelji, glavnih podatkov materialov in drugih podatkov, z izračunom materialnih potreb MRP (ang. material requirements planning process) generirajo v informacijskem sistemu avtomatsko. Vsebujejo vse podatke, potrebne za generiranje nabavnega naloga ali avtomatsko terminske vrstice nabave. V primeru nabavne ali proizvodne kooperacije lahko nabavni nalogi vsebujejo tudi materialno kosovnico.

6.5 Komuniciranje s pomočjo informacijskega sistema

Podatki v informacijskem sistemu morajo predstavljati realen model stanja poslovnega sistema, zato morajo biti realni in ažurni, da omogočijo učinkovito komunikacijo uporabnikom pri vodenju in načrtovanju procesov. Dokumenti proizvodnega procesa in drugi dokumenti predstavljajo v informacijskem sistemu informacijo večjemu številu deležnikov. Delovni nalog naprimer, predstavlja proizvodnemu procesu plan proizvodnje, predhodnemu deležniku materialne potrebe in naslednjemu potrditev izpolnitve naročila, zato so ažurni realni podatki tako pomembni. Učinkovito operativno planiranje sloni pravzaprav na tem dejstvu, saj je v množici podatkov in materialnih postavk klasičen način komuniciranja zamuden in neučinkovit.

6.6 Planiranje materialnih potreb (MRP)

Na logističnem kolegiju usklajen plan prodaje oziroma napovedi prodaje in naročila kupcev, so osnova za izračun materialnih potreb MRP (ang. material requirements planning process) za celotno materialno strukturo izdelkov.

6.6.1 Izračun materialnih potreb

Proces izračuna MRP se izvaja avtomatsko v nočni proceduri ali kadarkoli z ročnim zagonom. Rezultat izračuna MRP je *razpoložljivost* materialov, ki je seštevek vseh razpoložljivih *zaloga*, predvidenih *prevzemov* in materialnih *potreb*, kot prikazuje enačba (14).

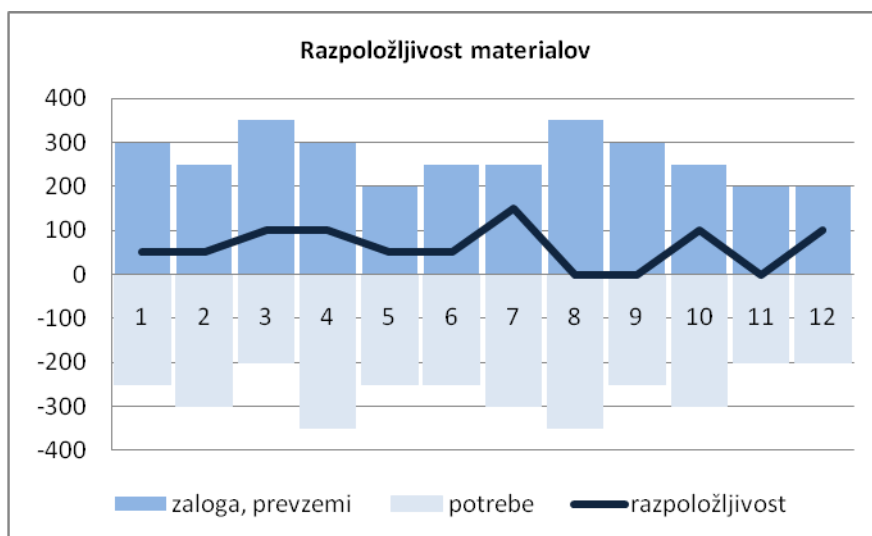
$$\text{razpoložljivost}_{t+n} = \text{zaloga}_t + \sum_{t=1}^n \text{prevzemi}_t - \sum_{t=1}^n \text{potrebe}_t \quad (14)$$

zaloga = trenutna razpoložljiva zaloga,

prevzemi = prihodnji predvideni prevzemi (delovni, nabavni nalogi in drugo),

potrebe = planirane potrebe materialov (rezervacije, dobave, vračila in drugo).

Primer izračunane razpoložljivosti v terminskem obdobju je prikazan na sliki 10.



Slika 10: Razpoložljivost materiala po časovni osi

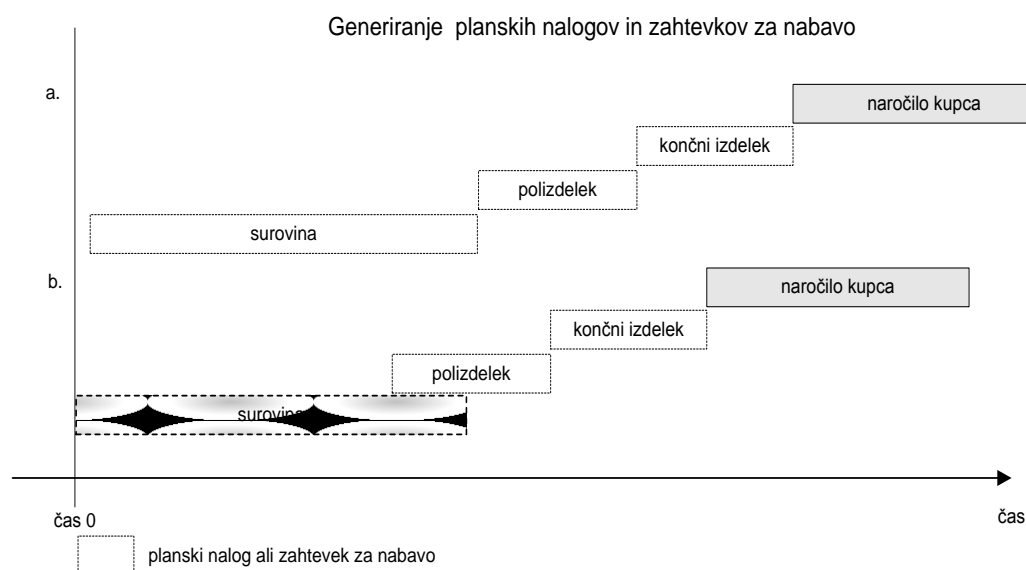
Informacijski sistem skozi proces izračuna materialnih potreb MRP, izračuna planirano razpoložljivost materiala in z avtomatskim generiranjem dokumentov predlaga nove prevzeme, ki zagotavljajo pozitivno razpoložljivost materiala, po enačbi (15).

$$0 \leq \text{zaloga}_t + \sum_{t=1}^n \text{prevzemi}_t - \sum_{t=1}^n \text{potrebe}_t \quad (15)$$

Generirani dokumenti so planski nalogi oziroma zahtevki za nabavo z upoštevanjem predvidenega časa izdelave oziroma dobavnega roka, brez upoštevanja omejenih proizvodnih zmogljivosti ali zmogljivosti nabavnih virov.

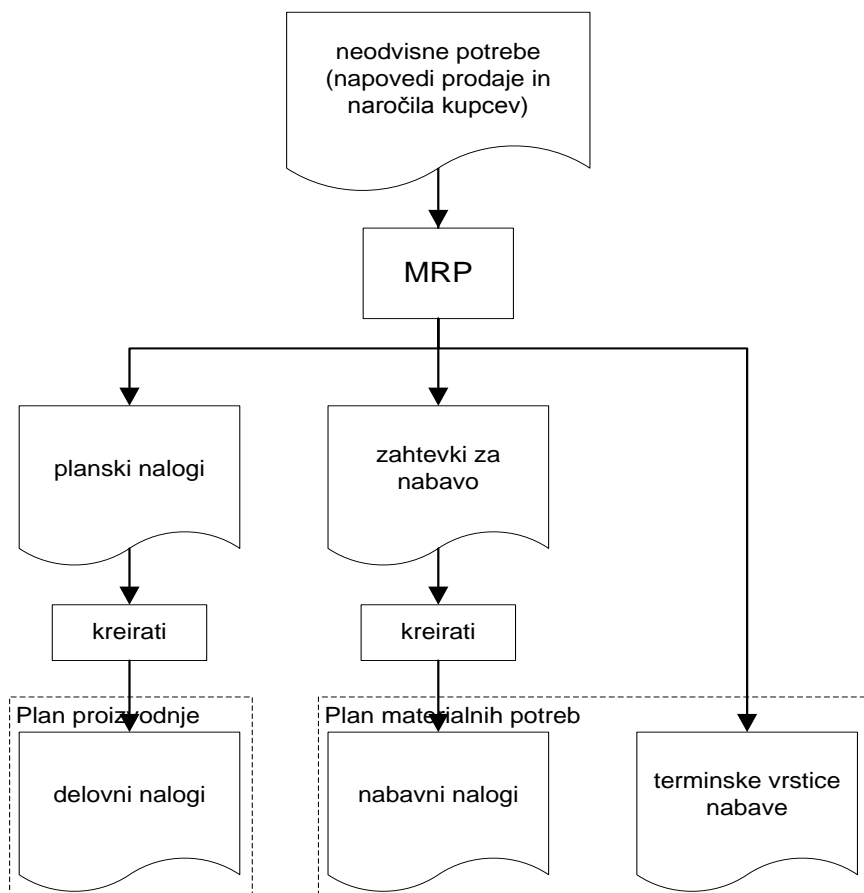
6.6.2 Generiranje in kreiranje dokumentov

Proces izračuna materialnih potreb MRP (ang. material requirements planning process) predlaga nove dokumente prevzemov, planske naloge in zahtevke za nabavo, s ciljem zagotavljanja pozitivne razpoložljivosti materialov. Pri tem upošteva izdelavne čase in dobavne roke ter neomejene zmogljivosti proizvodnih in nabavnih virov. Posledično lahko novi generirani dokumenti prevzemov, predlogi proizvodnje ali nabave, presegajo zmožnosti virov ali pa so časovno neuskklajeni. Slika 11 prikazuje časovno usklajene generirane dokumente v primeru a. in časovno neuskklajen zahtevek za nabavo v primeru b. Usklajevanje plana z zmožnostmi je ena od nalog MRP planerja.



Slika 11: Generiranje planskih nalogov in zahtevkov za nabavo

Generirani planski nalogi so pretvorljivi v delovne leče imajo izvor v naročilih kupcev saj se na osnovi napovedi ne proizvajajo. Generirani zahtevki za nabavo pa so pretvorljivi v nabavne naloge neglede na izvor potreb. Zaporedja generiranja in kreiranja dokumentov prikazuje slika 12.



Slika 12: Generiranje in kreiranje dokumentov

Generiranje dokumentov se v informacijskem sistemu izvaja avtomatsko, v okviru procesa izračuna materialnih potreb MRP. Ti se kasneje pretvarjajo v formalne dokumente, delovne in nabavne naloge. Terminalske vrstice nabave so formalni dokument za naročanje materialov, ki se avtomatsko neposredno generirajo skozi proces MRP.

6.6.3 Optimiranje generiranih dokumentov

V procesu proizvodnje in preskrbe materialov se, s ciljem zmanjševanja stroškov in optimizacije procesov, lahko zagotovi avtomatsko optimiranje generiranih dokumentov. Nekaterim dokumentom se lahko določi združevanje prevzemov (zbirni transport), zaokroženje količin (pakirne enote), upoštevanje fiksnih obdobij (izdelavni čas, dobavni rok, dogovorjena fiksna obdobja), zaradi optimizacije transporta določi transportne dneve ali dneve dobave (npr. vsak torek, vsako drugo sredo, prvi ponedeljek v mesecu in podobno) in predviden izmet materialov. Pri

večjem obsegu materialnih postavk lahko z optimiranjem generiranih dokumentov prihranimo čas, izboljšamo preglednost in avtomatsko usklajujemo generirane dokumente z realnim stanjem.

7 PLANIRANJE NEODVISNIH MATERIALNIH POTREB

Operativno planiranje se začne z neodvisnimi materialnimi potrebami, to so napovedi prodaje in naročila kupcev, torej potrebe trga. Iz neodvisnih potreb izvirajo odvisne potrebe po polizdelkih in materialih. V diplomski nalogi sem se posvetil preučevanju gibanja neodvisnih materialnih potreb v Iskri Avtoelektriki, z upoštevanjem možnosti izpolnitve odvisnih potreb, to je nabave materialov in proizvodnje polizdelkov.

7.1 Kreiranje neodvisnih potreb

Neodvisne potrebe v Iskri Avtoelektriki so napovedi prodaje in naročila kupcev. Napovedi prodaje se kreirajo v informacijskem sistemu SAP na podlagi napovedi kupcev, subjektivne ocene komercialista prodaje o stanju trga in v manjšem obsegu (do 10%), za potrebe prodaje v drugovgradnjo (ang. aftermarket), na osnovi realizacije v preteklosti.

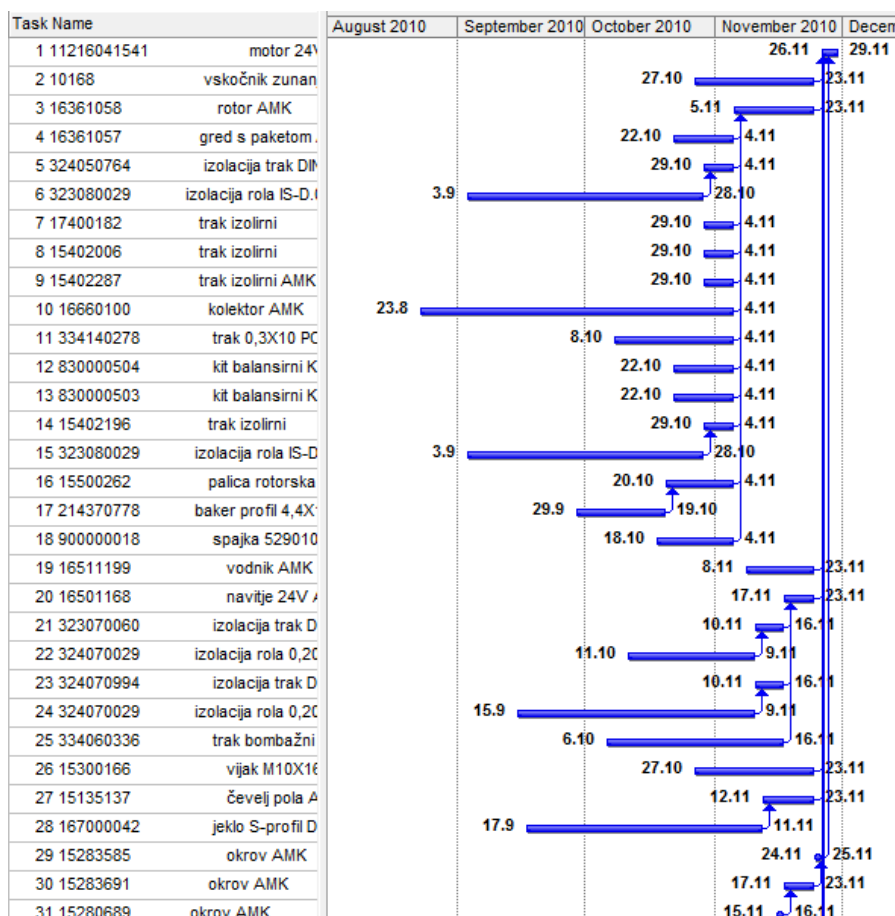
Napovedi prodaje služijo nabavi materialov in za kupca niso obvezujoče. Naročila kupcev se kreirajo na podlagi prejetih naročil kupcev, lahko za daljše časovno obdobje (do enega leta) in so v dogovorjenem obdobju fiksna. Spremembe naročil kupcev so v dogovoru s kupcem možne, navadno izven dogovorjenega fiksnega obdobja in sorazmerno s časovno oddaljenostjo. Naročila kupcev so osnova za nabavo materialov ter proizvodnjo izdelkov in polizdelkov.

7.2 Časovna materialna struktura proizvoda

Za učinkovito planiranje proizvodnega procesa, zagotavljanje materialov in polizdelkov ter omogočanje minimalnih stroškov zalog je potrebno poznati časovno materialno strukturo proizvoda, dobavne in izdelavne čase. Brez upoštevanja časovne strukture izdelka lahko navidez dopustne neodvisne potrebe v prihodnosti povzročijo neuresničljive odvisne potrebe.

V diplomski nalogi sem proučil časovno strukturo izdelkov DC komutatorskih motorjev družine AMK. Podatke o časih izdelave in dobavne roke posameznih materialov sem pridobil v informacijskem sistemu SAP. Slika 13 prikazuje del

časovne materialne strukture izdelka. Celotno časovno materialno strukturo izdelka DC komutatorskega motorja družine AMK prikazuje [PRILOGA 2](#) (slika 35).

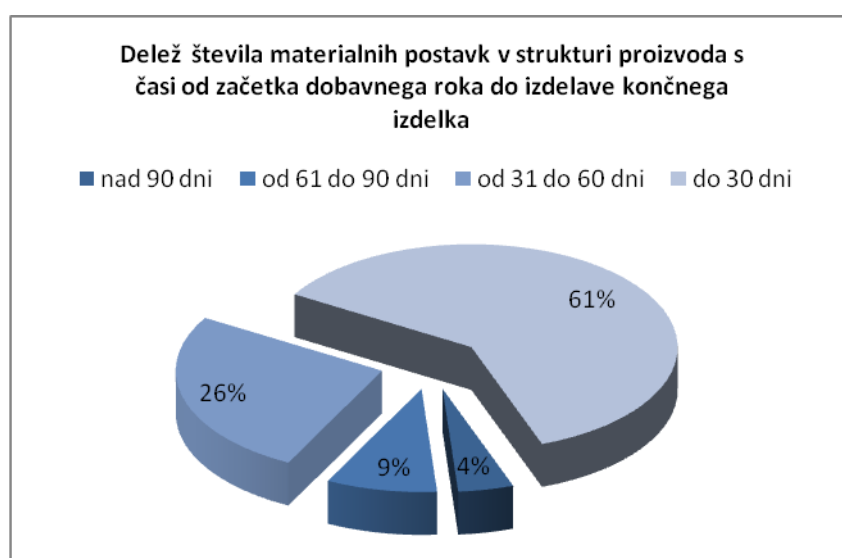


Slika 13: Časovna materialna struktura izdelka (delni prikaz)

7.2.1 Časovna struktura proizvoda DC motorja družine AMK

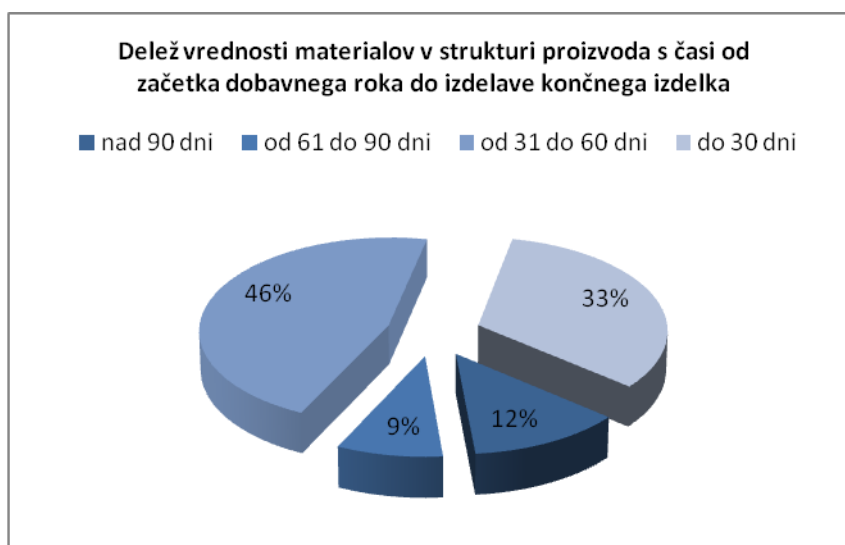
Skupni čas od naročila prvega materiala do izdelave končnega izdelka DC motorja družine AMK traja 87 koledarskih dni. Podatki o predvidenih dobavnih rokih in časih izdelave so pridobljeni v informacijskem sistemu SAP Iskre Avtoelektrike. Materialne postavke, kot so kolektorji, nekateri izolacijski materiali in ležaji, imajo začetek dobavnega roka od 85 dni in več pred dokončanjem končnega izdelka ter predstavljajo 4% materialnih postavk izdelka oziroma 12 % vrednosti materialov. Jekleni trakovi za izdelavo okrovov in drugih sestavnih delov, jekleni profili za izdelavo polovih čevljev, nekateri izolacijski materiali in ležaji, ki imajo začetek dobavnega roka od 61 do 90 dni pred izdelavo končnega izdelka, predstavljajo 9% materialnih postavk izdelka oziroma 9% vrednosti materialov. Materiali, ki

predstavljajo 26% materialnih postavk in 46% vrednosti materialov izdelka, so: bakreni profili, izolacijski materiali, jeklena pločevina, krtačke, kovinski odlitki, gredi s paketom, balansirna masa, spajke, vzmeti in nekateri vijačni materiali, ki imajo začetke dobavnih rokov od 31 do 60 dni pred dokončanjem končnega izdelka. Ostali materiali predstavljajo 61% materialnih postavk izdelka oziroma 33% vrednosti materiala. Slika 14 prikazuje deleže materialnih postavk v strukturi izdelka glede na dobavno izdelavni čas.



Slika 14: Deleži materialnih postavk v strukturi proizvoda

Vrednostne deleže materialnih postavk glede na dolžino dobavno izdelavnega časa, to je od začetka dobavnega roka do izdelave končnega izdelka prikazuje slika 15.



Slika 15: Vrednostni deleži materialnih postavk v strukturi proizvoda

Iz grafov je razvidno, da se v prvem mesecu dobavno izdelavnega časa naroča 12% vrednosti vseh materialov. Za skrajšanje izdelavnega časa izdelka, naprimer za en mesec, je potrebno računati z varnostno zalogo v vrednosti 12% vseh materialov iz materialne strukture izdelka.

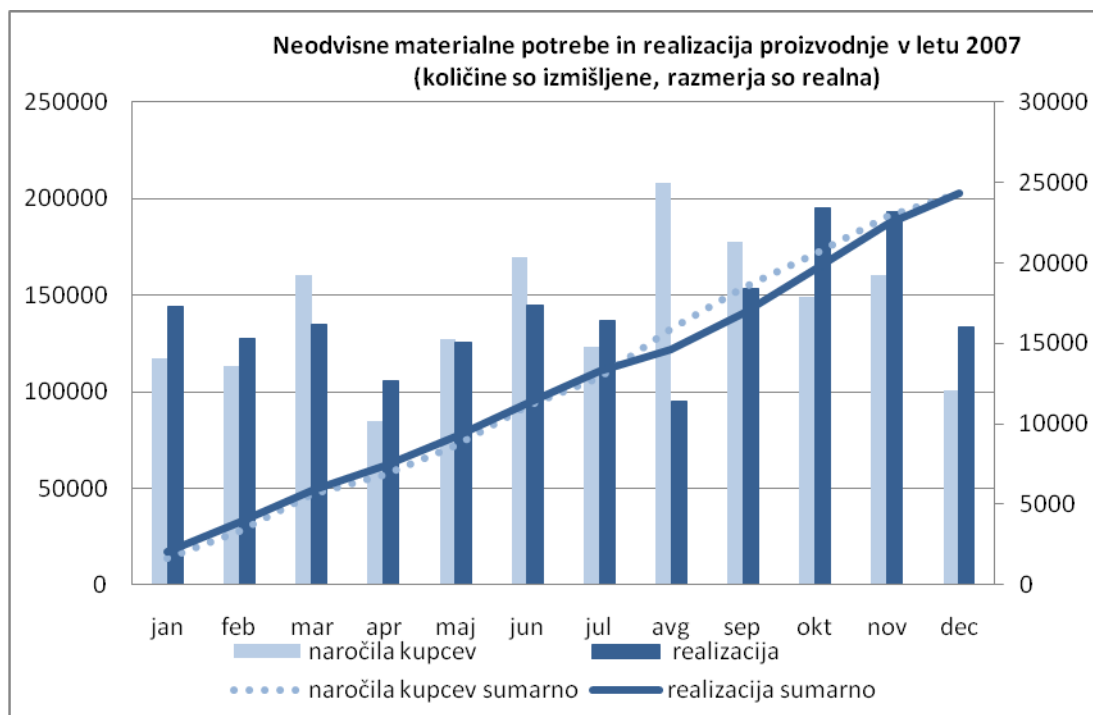
7.2.2 Neodvisne potrebe in proizvodne zmogljivosti

Umeščanje naročil kupcev ali napovedi prodaje v prekratko obdobje povzroča sproženje nekaterih časovno neusklajenih aktivnosti nabave oziroma proizvodnje. Materialne potrebe v obdobju, krajšem od dobavnega roka, povzročajo nabavo materiala z zakasnitvijo. Za planiran končni izdelek so nekateri materiali dobavljeni ali izdelani z zakasnitvijo in časovno neusklajeni ter posledično povzročajo nepotrebne zaloge, stroške in zakasnitev izpolnitve naročil.

Glede na maksimalen dobavno izdelavni čas izdelka DC motorja AMK, 87 dni od začetka dobavnega roka "prvega" materiala do izdelave končnega izdelka, je interni predpis Navodila za logistični kolegij (2005) ustrezen, saj predpisuje zasedenost proizvodnih zmogljivosti z neodvisnimi potrebami, napovedmi prodaje in naročili kupcev, za vsaj štiri mesece vnaprej. Vnos napovedi ob koncu iztekajočega se meseca oziroma v začetku naslednjega za četrti mesec vnaprej, pomeni, vnos napovedi 90 dni vnaprej, saj se te navadno vnašajo mesečno na prvi delovni dan meseca. Neodvisne potrebe, vnesene več kot 90 dni po datumu vnosa, so v skladu s časovno strukturo izdelka in ne povzročajo časovno neusklajenih nabavnih ali proizvodnih aktivnosti. Obseg neodvisnih potreb za obdobje najmanj štirih mesecev obravnava Logistični kolegij mesečno.

7.3 Gibanja materialnih potreb

Realizacija proizvodnje je v letu 2007 na proizvodnem programu DC motorjev družine AMK sledila potrebam kupcev, saj je bilo na letnem nivoju količinsko realiziranih 99,9% vseh naročil kupcev. Dinamika sledljivosti realizacije proizvodnje potrebam kupcev kaže boljšo sledljivost v prvem polletju (slika 16). Neenakomerna realizacija proizvodnje po mesecih je bila posledica delne uporabe proizvodnih zmogljivosti za proizvodnjo drugih družin izdelkov ter različno število delovnih dni po delovnih mesecih.

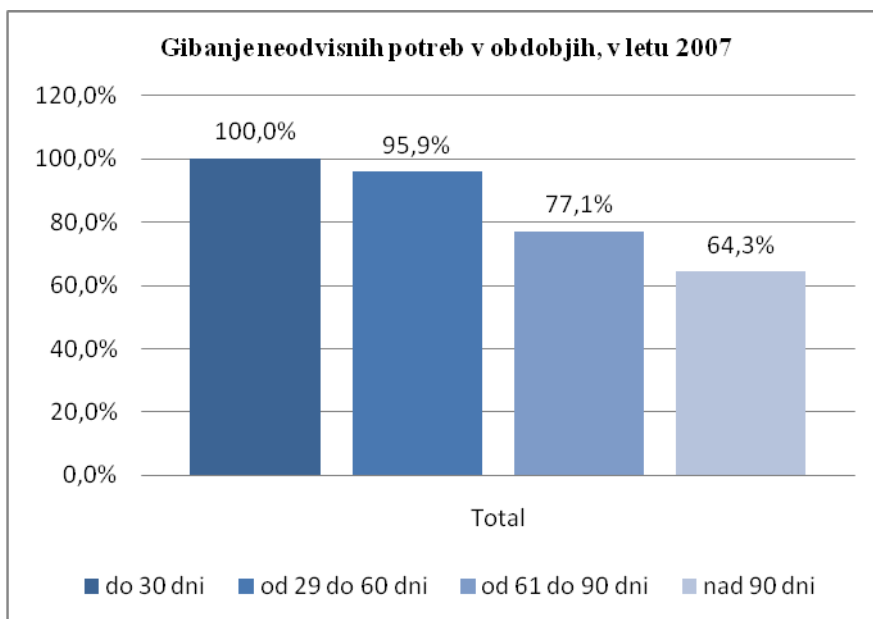


Slika 16: Potrebe in realizacija proizvodnje v letu 2007

Količine naročil kupcev in napovedi prodaje predstavljene v grafu na sliki 16 so izmišljene, razmerja so realna.

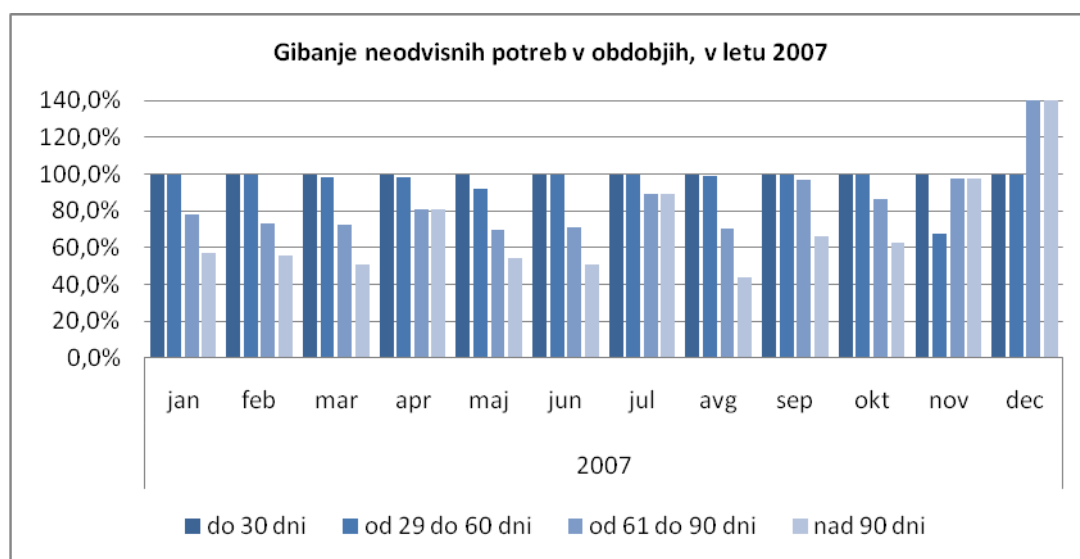
7.3.1 Materialne potrebe v štirimesečnih časovnih obdobjih

Gibanja neodvisnih materialnih potreb, napovedi prodaje in naročila kupcev v letu 2007 prikazuje slika 17. Rezultati prikazani na grafu kažejo, da so neodvisne potrebe oddaljene nad 90 dni v prihodnost zasedale proizvodne zmogljivosti le 64,3%, v oddaljenosti od 61 in 90 dni 77,1%, v oddaljenosti od 31 do 60 dni 95,9% in v obdobju do 30 dni od vnosa neodvisnih potreb dosegle 100% zasedenost proizvodnih zmogljivosti.



Slika 17: Gibanje neodvisnih potreb v štirimesečnih obdobjih v letu 2007

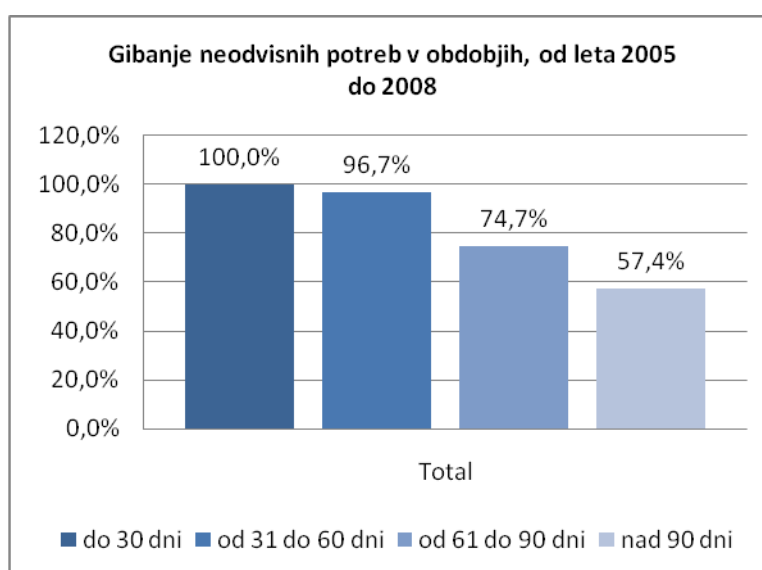
Iz grafov sledi, da je bilo v letu 2007 15,6% neodvisnih materialnih potreb kreiranih z zakasnitvijo glede na časovno strukturo izdelka in niso zasedale proizvodnih zmogljivosti za naslednje štirimesečno obdobje v celoti ter so povzročale časovno neuskladene nabavne in proizvodne aktivnosti. Slika 18 prikazuje gibanja neodvisnih materialnih potreb v štirimesečnih obdobjih po mesecih v letu 2007. Primanjkljaj materialnih potreb se je delno reševalo z dodatnimi naročili materialov, glede na ocene posameznih nabavnih komercialistov oziroma z ustvarjanjem rezervnih zalog v dobaviteljski verigi.



Slika 18: Gibanje neodvisnih potreb mesečno, v letu 2007

Razmerja zasedenosti proizvodnih zmogljivosti z neodvisnimi materialnimi potrebami v štirimesečnih obdobjih so bila, razen zadnjih dveh mesecev, skozi leto podobna. Ocenjujem, da je zasedenost proizvodnih zmogljivosti za mesec december 2007 (140% v četrtem in tretjem mesecu, ko je bil december še oddaljen 90 oziroma nad 60 dni) napaka v podatkih, saj se anomalija pojavlja samo v decembru.

Podobne rezultate, prikazane v prejšnjih grafih (slika 17, 18) kažejo tudi gibanja materialnih potreb v štirimesečnih obdobjih za štiriletno obdobje od leta 2005 do 2008 (slika 19).

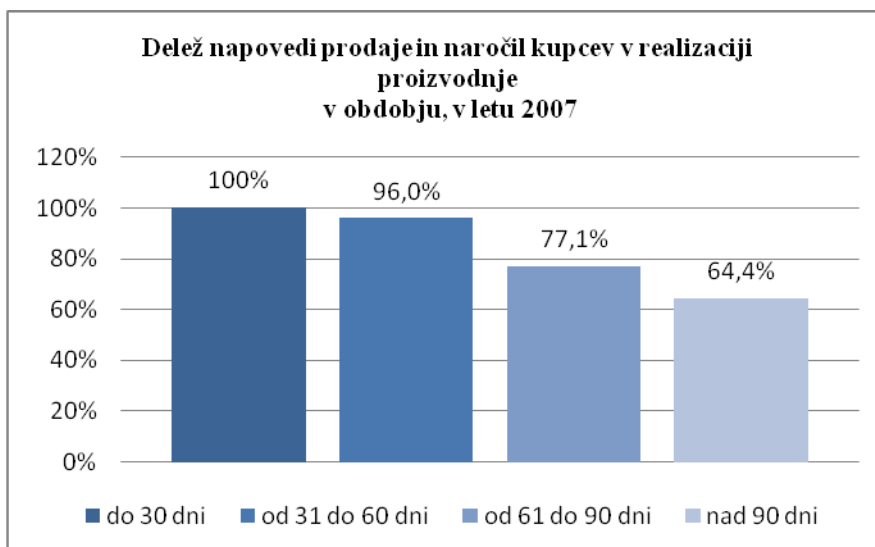


Slika 19: Gibanje neodvisnih materialnih potreb od leta 2005 do 2008

Tudi v obdobju od leta 2005 do 2008 neodvisne materialne potrebe v štirimesečnih obdobjih niso zasedale proizvodnih zmogljivosti v celoti, kar ni bilo v skladu s časovno materialno strukturo proizvoda.

7.3.2 Realizacija proizvodnje in neodvisne materialne potrebe

Če upoštevamo ugotovitve o sledljivosti realizacije proizvodnje naročilom kupcev v letu 2007 ([Poglavje 7.3.1](#)), se giblje delež neodvisnih potreb v realizaciji proizvodnje pričakovano od 64,4% v oddaljenosti nad 90 dni do 96% v obdobju oddaljenem med 31 in 60 dni v prihodnosti, kot prikazuje slika 20.

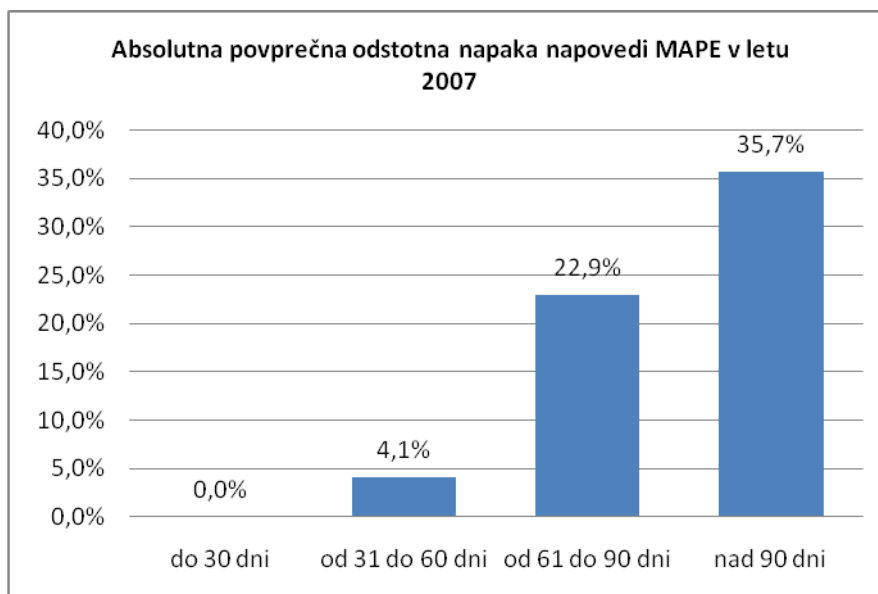


Slika 20: Delež neodvisnih potreb v realizaciji proizvodnje v letu 2007

Delež neodvisnih materialnih potreb v realizaciji proizvodnje je v štirimesečnih obdobjih, glede na ugotovitve prejšnjih poglavij pričakovan, saj so bile potrebe v obdobju leta 2007 realizirane 99,9%.

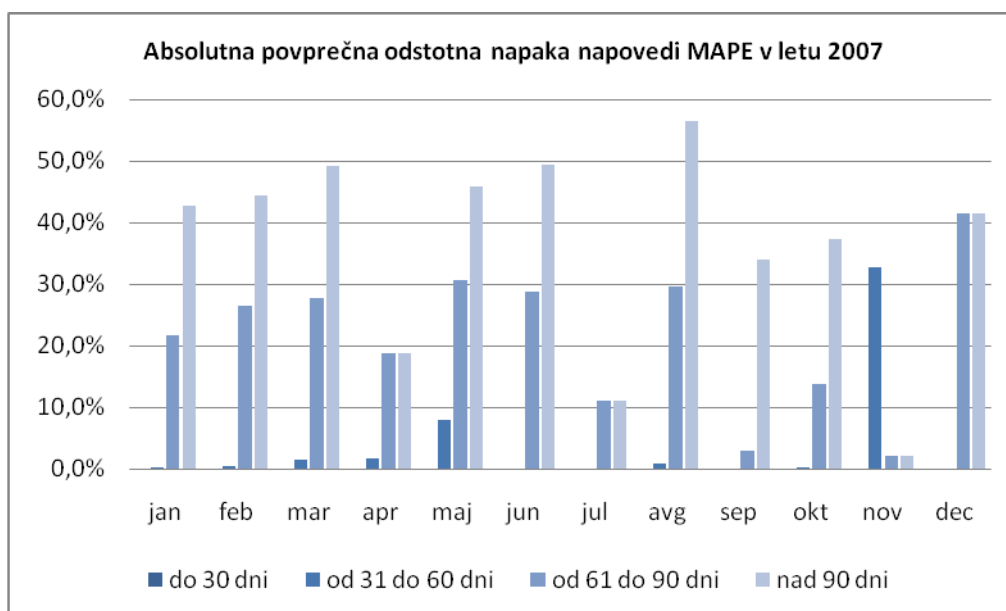
7.3.3 Napake neodvisnih materialnih potreb

Glede na ugotovitve prejšnjega poglavja (7.3) tudi splošno uveljavljen kazalnik napake napovedi (Absolutna povprečna odstotna napaka napovedi MAPE) kaže pravzaprav enak rezultat. Napovedi so v konkretnem primeru neodvisne materialne potrebe. Čeprav kazalnik MAPE kaže absolutno napako, iz gibanja neodvisnih materialnih potreb prikazanih v poglavjih 7.3.1 in 7.3.2 vemo, da so bile napovedi v štirimesečnih obdobjih prenizke. Izračun napake napovedi MAPE za potrebe oddaljene nad 90 dni kaže, da so bile neodvisne potrebe v povprečju 35,7% prenizke. Ta napaka se je sicer s časovnim približevanjem obravnave terminske enote nižala (slika 21).



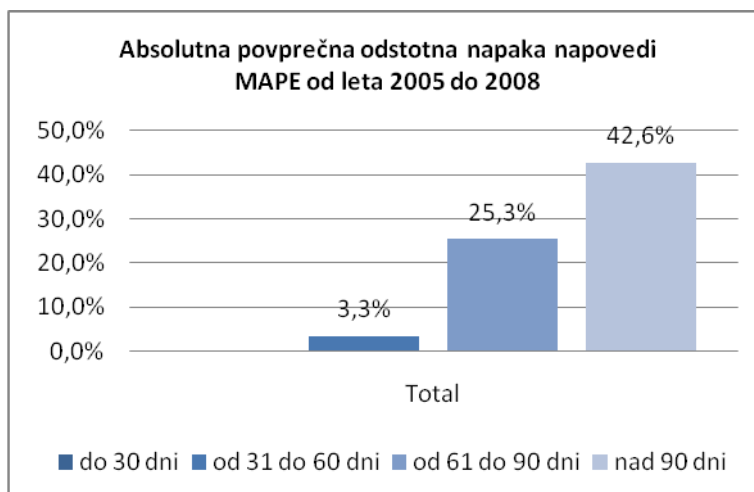
Slika 21: Absolutna povprečna odstotna napaka napovedi MAPE

Absolutna povprečna odstotna napaka napovedi po mesecih kaže v skladu z grafom na sliki 18 v poglavju [7.3.1](#) tudi anomalijo v podatkih v mesecu decembru. Napaka napovedi MAPE v decembru 2007 znaša 41,5%, saj so neodvisne potrebe v obdobju oddaljenem nad 90 dni 41,5% presegale realne potrebe (slika 22).



Slika 22: Napaka napovedi (MAPE) v letu 2007, po mesecih

Napaka napovedi MAPE tudi v daljšem časovnem obdobju od leta 2005 do 2008 pričakovano kaže podobne vrednosti kot za leto 2007.

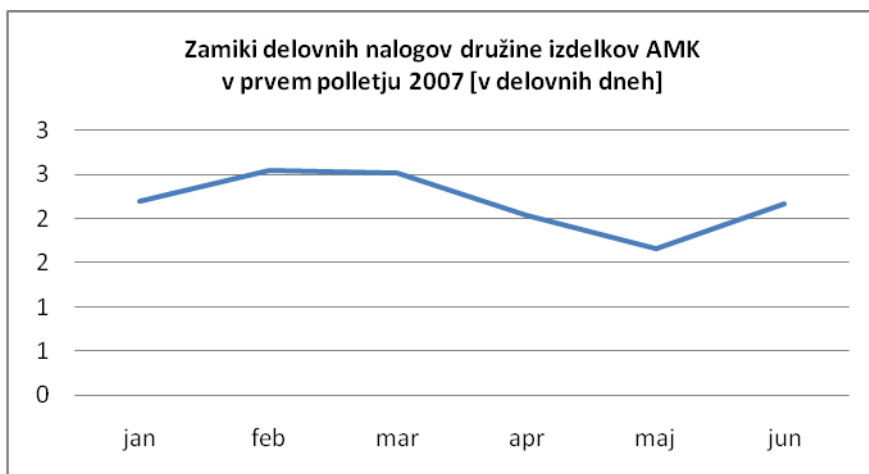


Slika 23: Napaka napovedi (MAPE) v obdobju od leta 2005 do 2008

Čeprav nam kazalnik MAPE (absolutna povprečna odstotna napaka napovedi) ne pokaže presejanje ali zaostanek napovedi nad potrebami, iz analiz prikazanih v prejšnjih poglavjih vemo, da so bile neodvisne materialne potrebe, ki so bile časovno oddaljene več kot 30 dni, prenizke.

7.3.4 Ugotovitve raziskave gibanja neodvisnih materialnih potreb

Sledenje realizacije proizvodnje potrebam trga je bilo v letu 2007 relativno dobro, boljšemu sledenju v prvem polletju je sledilo slabše v drugem. Neodvisne materialne potrebe, napovedi prodaje in naročila kupcev niso zasedala proizvodnih zmogljivosti v štirimesečnih obdobjih. V informacijskem sistemu so se pojavljala in vnašala z zakasnitvijo in v premajhnih količinah. To je povzročalo v proizvodnji in dobaviteljski verigi časovno neuskrajene aktivnosti, neuresničljive materialne potrebe znotraj dobavnih rokov in izdelavnih časov. Slika 24 prikazuje povprečne zamike delovnih nalogov po mesecih v prvem polletju leta 2007, ki so bili v veliki meri posledica motenj v dobavah materialov. Zamik delovnega naloga pomeni premik planirane proizvodnje izdelka na kasnejše obdobje in neizpolnitev naročila kupca.



Slika 24: Zamiki delovnih nalogov v prvem polletju leta 2007

Nezadostne in v prekratkih rokih prispele neodvisne potrebe so povzročale kasnitve izpolnitev naročil, dodatne transportne stroške, stroške zalog in dodatna preurejanja v proizvodnji. Delno so se razmere reševale z načrtnimi predpisanimi in neformalnimi varnostnimi zalogami ter z ustvarjanjem časovnih rezerv v planiranju, v podjetju ter dobaviteljski verigi.

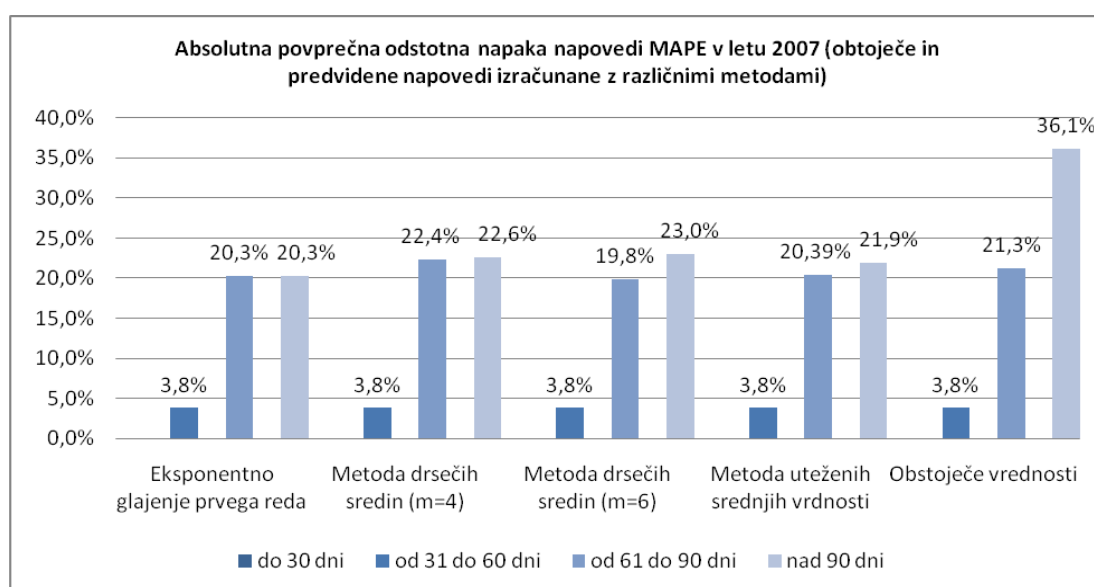
7.4 Popravek neodvisnih materialnih potreb s kvantitativnimi metodami

Za izboljšanje stanja neodvisnih materialnih potreb za vsaj štiri mesece vnaprej ter zagotavljanje časovno usklajenih aktivnosti nabave in prodaje ob upoštevanju časovne materialne strukture izdelka, je potrebno neodvisne potrebe dopolniti s popravki. Te je mogoče izračunati s pomočjo kvantitativnih metod napovedovanja in s tem zmanjšati napake napovedi.

7.4.1 Izračuni neodvisnih potreb s popravki

V diplomski nalogi sem za neodvisne materialne potrebe v letu 2007, za različna časovna obdobja v časovni oddaljenosti od 61 do 120 dni, torej za takoimenovani tretji in četrti mesec izračunal neodvisne materialne potrebe po izbranih znanih metodah. Definicije metod so podrobneje opisane v poglavju [4](#). Pri izračunu sem upošteval neodvisne potrebe preteklih mesecev, tekočega meseca in trenutne potrebe oddaljene do 60 dni v prihodnost. Izračunane so bile potrebe za vsak delovni mesec posebej.

Za obravnavani mesec sem z različnimi metodami izračuna izračunal neodvisne potrebe za takoimenovani tretji in četrti mesec. Izračunane vrednosti neodvisnih potreb, količine izdelkov po delovnih mesecih, oddaljenih od 61 do 120 dni v prihodnosti, sem primerjal s končnimi potrebami, ki so se pojavile v obdobju do 30 dni. Primerjavo sem ovrednotil z absolutno povprečno odstotno napako napovedi MAPE med neodvisnimi potrebami za posamezen mesec v prihodnosti ter končnimi potrebami obravnavanega delovnega meseca. Na sliki 25 so prikazane absolutne povprečne odstotne napake napovedi za obstoječe vrednosti in predvidene izračunane z izbranimi metodami ([PRILOGA 3](#)).



Slika 25: Napaka napovedi (MAPE), za obstoječe in predvidene potrebe

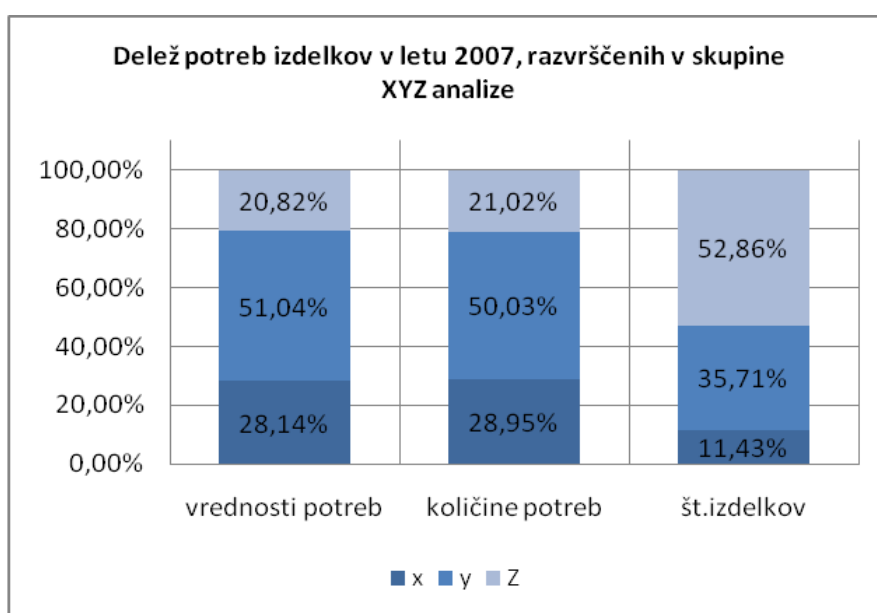
Izračuni temeljijo na skupnih mesečnih količinah izdelkov vseh DC motorjev družine AMK. Rezultati kažejo možnosti izboljšanja planiranja neodvisnih potreb z kvantitativnimi metodami napovedovanja. Z uporabo katerekoli metode lahko občutno izboljšamo planiranje predvsem za obdobje oddaljeno nad 90 dni, neglede na uporabljeno metodo. Z natančnejšim izračunom po posameznih izdelkih in z uporabo analize dinamike porabe XYZ pridemo lahko do boljših rezultatov, ki so predstavljeni v naslednjih poglavjih ([7.4.2](#)).

7.4.2 Izračun popravka neodvisnih potreb z izbrano metodo

Najboljša rezultata pri izračunu osnovanem na skupnih mesečnih količinah izdelkov neodvisnih materialnih potreb sta bila dosežena z uporabo metode uteženih srednjih

vrednosti in metode eksponentnega glajenja prvega reda, ki sta bili izbrani za natančnejše izračune, za posamezne izdelke.

Najprej je bila izdelana analiza dinamike neodvisnih materialnih potreb XYZ. Izdelki so bili razvrščeni v skupine izdelkov X, Y in Z. Za napovedovanje materialnih potreb so primerni materiali iz skupin X in Y, ki jim potrebe v mesečnih terminskih enotah nihajo največ do 100% oziroma je povpraševanje relativno konstantno. Slika 26 prikazuje delež neodvisnih materialnih potreb izdelkov v skupinah X, Y in Z, v številu, količinah in vrednosti izdelkov.

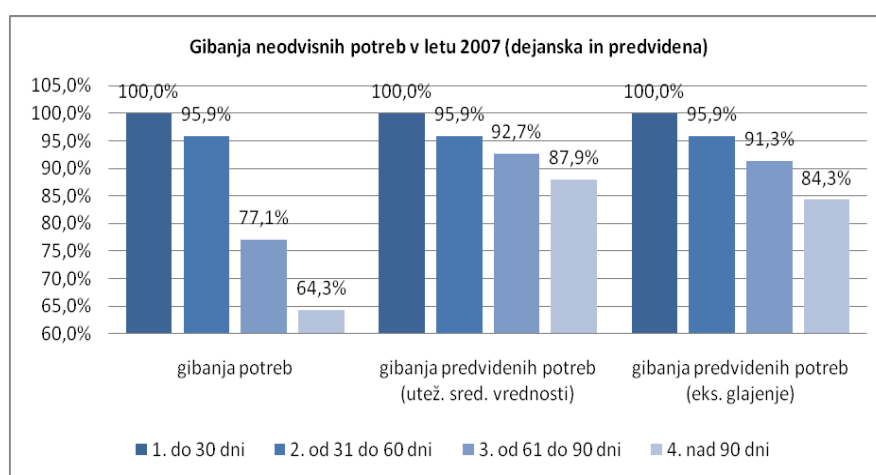


Slika 26: Delež potreb izdelkov v skupinah izdelkov X, Y in Z

Napovedi neodvisnih potreb so bile izračunane za izdelke družine X in Y, za 47,1% izdelkov, ki predstavljajo 79% vrednosti oziroma količin neodvisnih potreb.

V nadaljevanju so bili izvedeni izračuni napovedi neodvisnih potreb po izbranih metodah (metodi uteženih srednjih vrednosti in metodi eksponentnega glajenja) za takoimenovani tretji in četrti mesec oziroma potrebe oddaljene več kot 60 dni v prihodnost. Izračun po metodi uteženih srednjih vrednosti temelji na potrebah treh preteklih mesecev, tekočega in naslednjega meseca. Izbrane uteži posameznih podatkov (0,3, 0,35, 0,2, 0,1 in 0,05) dajejo večji poudarek novejšim podatkom. Pri izračunu po metodi eksponentnega glajenja prvega reda je bila izbrana vrednost konstante eksponentnega glajenja 0,1, kot najpogosteje omenjena v literaturi.

Popravek neodvisnih potreb je bil izveden za izdelke iz skupine X in Y, za mesečne količine potreb večje od 5 kos. Nove izračunane potrebe so rezultat maksimuma obstoječih in izračunanih potreb po izbrani metodi. Popravki so bili izvedeni za tretji in četrti mesec, torej za potrebe oddaljene od 61 do 120 dni v prihodnosti. Slika 27 prikazuje rezultate dejanskih vrednosti potreb, rezultate izračunane po metodi uteženih srednjih vrednosti in metodi eksponentnega glajenja prvega reda ([PRILOGA 4](#)).

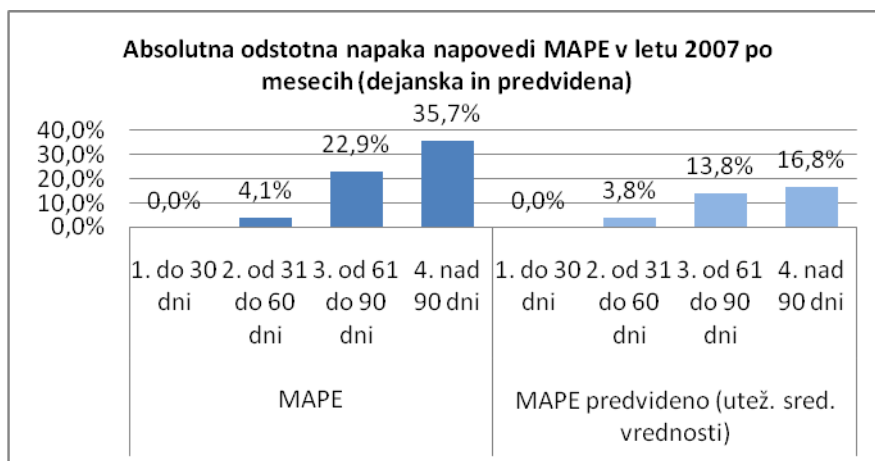


Slika 27: Gibanja neodvisnih potreb, dejanskih in predvidenih, po izvedenih popravkih

Najboljši rezultat popravkov je bil izračunan s pomočjo metode uteženih srednjih vrednosti. Z uporabo izbrane metode napovedovanja in z upoštevanjem analize dinamike porabe XYZ so se neodvisne potrebe s popravki izboljšale glede na dejanske, kar bo zagotavljalo bolj usklajene aktivnosti nabave in proizvodnje s potrebami kupcev.

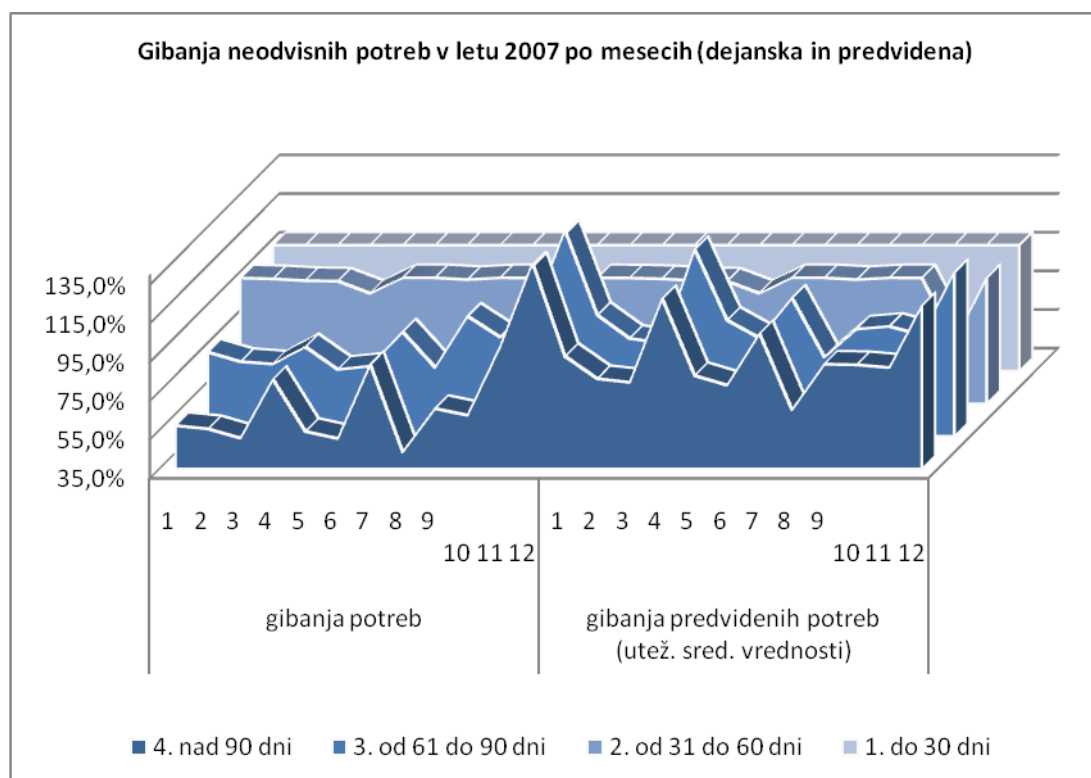
7.4.3 Napake napovedi s predvidenimi popravki neodvisnih potreb

S popravki neodvisnih materialnih potreb v prihodnosti od 61 do 120 dni, s pomočjo izbrane metode uteženih srednjih vrednosti za izdelke družine X in Y glede na dinamiko porabe, se je napaka napovedi MAPE bistveno zmanjša, kot je prikazano na sliki 28.



Slika 28: Napaka napovedi (MAPE) z uporabo izbrane metode napovedovanja

Na sliki 29 so grafično prikazana gibanja neodvisnih materialnih potreb za različno časovno oddaljena obdobja v letu 2007. Prikazana so gibanja za realne potrebe in predvidene dopolnjene potrebe s popravki. Predvidene neodvisne potrebe so občutno izboljšale zasedenost proizvodnih zmogljivost za obdobja štirih mesecev v prihodnost.



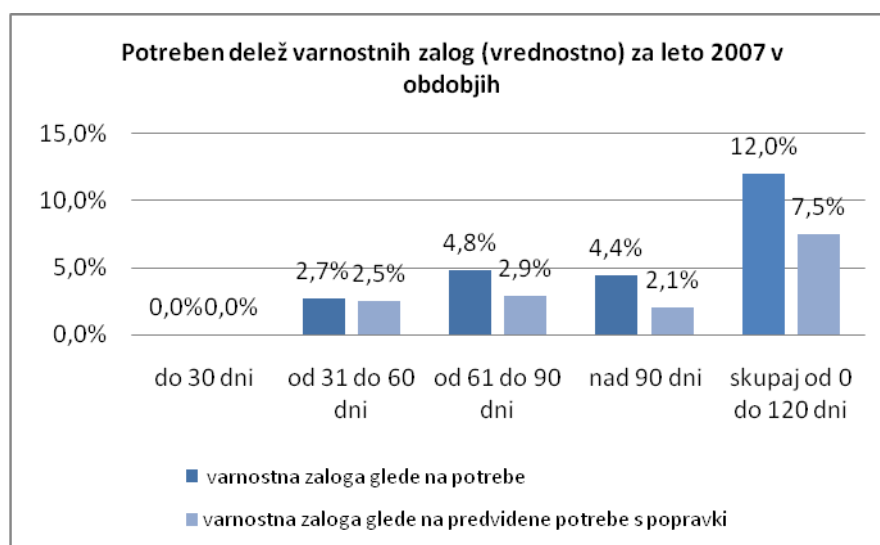
Slika 29: Gibanja neodvisnih potreb po mesecih, dejanska in predvidena

Boljša zasedenost proizvodnih zmogljivosti z neodvisnimi potrebami v štirimesečnem obdobju pomeni, več časovno usklajenih in uresničljivih odvisnih potreb.

7.5 Vloga varnostnih zalog pri planiranju materialnih potreb

Upoštevajoč materialno časovno strukturo izdelka in dejstvo, da je maksimalni dobavno izdelavni čas od naročila "prvega" materiala do izdelave končnega proizvoda 87 koledarskih dni in da neodvisne potrebe nikoli niso zadostno zasedale proizvodnih zmogljivosti v štirimesečnem obdobju, je za popolno izpolnitev materialnih potreb potrebno zagotoviti varnostne zaloge. Z uporabo kvantitativnih metod napovedovanja lahko zasedenost proizvodnih zmogljivosti z neodvisnimi potrebami za prihodnje štirimesečno obdobje izboljšamo, vendar je za zagotovitev popolne zasedenosti potrebno nekaterim materialom določiti varnostne zaloge.

Neodvisne materialne potrebe v obdobjih od 0 do 120 dni nikoli niso izpolnjevale zadostnih količin, bile so prenizke oziroma so prihajale prepozno glede na dobavno izdelavne čase. Varnostne zaloge lahko dopolnijo nezadostne obstoječe materialne potrebe, ki izvirajo iz neodvisnih potreb, ali skrajšajo dobavno izdelavni čas izdelku. Graf na sliki 30 prikazuje izračunane varnostne zaloge, potrebne za izpolnitev materialnih potreb in predvidenih materialnih potreb s popravki v obdobjih.



Slika 30: Delež varnostnih zalog za leto 2007 v obdobjih

Pri izračunu sem upošteval časovno materialno strukturo izdelka in vrednostni delež materialov. Materiale sem glede na obdobja, oddaljenost začetkov dobavnih rokov do izdelave končnega izdelka, razdelil v štiri skupine: materiali z začetkom dobavnega roka do 30 dni, od 31 do 60 dni, od 61 do 90 dni in nad 90 dni. Za vsako obdobje sem, glede na izračunano napako napovedi (poglavje [7.4.3](#)) med neodvisnimi potrebami oddaljenimi od 0 do 120 dni v prihodnost in končnimi potrebami v letu 2007, ocenil delež varnostne zaloge v mesečnih potrebah materialov. Skupne varnostne zaloge za nedomestitev nezadostnih materialnih potreb v letu 2007 bi znašale 11,5% vrednosti mesečne porabe materialov oziroma 7,5% v primeru popravkov neodvisnih materialnih potreb. Pri izračunu varnostne zaloge za posamezen material je potrebno poleg napake napovedi upoštevati še dinamiko porabe materiala (analiza XYZ). Varnostne zaloge je smiselno določiti materialom z relativno stalno in konstantno porabo iz skupin X in Y.

Z določitvijo varnostnih zalog lahko tudi skrajšamo dobavno izdelavne čase proizvoda. V primeru skrajšanja izdelavnega časa izdelku na 60 dni, je potrebno določiti varnostne zaloge materialom, ki jim začetek dobavnega roka seže več kot 60 dni pred izdelavo končnega izdelka.

Materiali, ki imajo začetek dobavnega roka več kot 60 dni pred izdelavo končnega izdelka predstavljajo 12% vrednosti vseh materialov za izdelavo proizvoda.

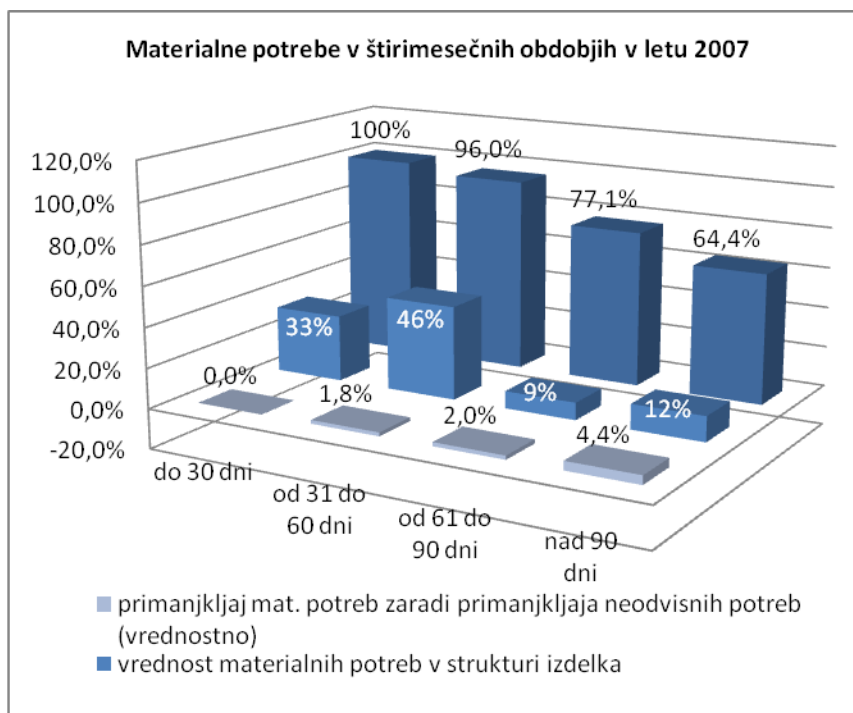
8 UGOTOVITVE

Materialne potrebe v podjetju nastajajo v vrstnem redu, ki je nasproten smeri materialnih tokov. Te se kreirajo na podlagi napovedi prodaje in naročil kupcev, subjektivne ocene komercialista prodaje o stanju trga in v manjšem obsegu na osnovi potreb v preteklosti, za potrebe prodaje v drugovgradnjo (ang. aftermarket). Proces planiranja materialnih potreb obsega neodvisne materialne potrebe, naročila kupcev in napovedi prodaje ter odvisne materialne potrebe, potrebe po proizvodnji izdelkov in nabavi materialov. Za optimalen pretok materiala skozi proizvodne procese moramo materialne potrebe obravnavati v sklopu časovne materialne strukture izdelka ter morajo biti med seboj terminsko in količinsko usklajene, upoštevaje proizvodne zmogljivosti in zmogljivosti nabavnih virov. Usklajenost materialnih potreb z možnostmi znotraj časovne materialne strukture proizvoda pogojuje izpolnitev naročila.

Napovedi prodaje povzročajo nabavo materialov, naročila kupcev pa poleg nabave materialov sprožajo tudi proizvodnjo izdelkov. Obseg neodvisnih potreb predstavlja maksimum med naročili kupcev in napovedmi prodaje, saj naročila avtomatsko zmanjšujejo napovedi prodaje v okviru terminske enote-delovnega meseca.

S proučitvijo materialne strukture proizvodov je bilo ugotovljeno, da traja skupni čas od naročila "prevega" materiala do izdelave končnega izdelka DC motorja iz družine AMK, 87 koledarskih dni. Vrednostno ima 12% materialov začetek dobavnega roka 85 do 90 dni pred izdelavo končnega izdelka, 9% med 61 in 90 dni, 46% od 31 do 60 dni in 33% do 30 dni (slika 31).

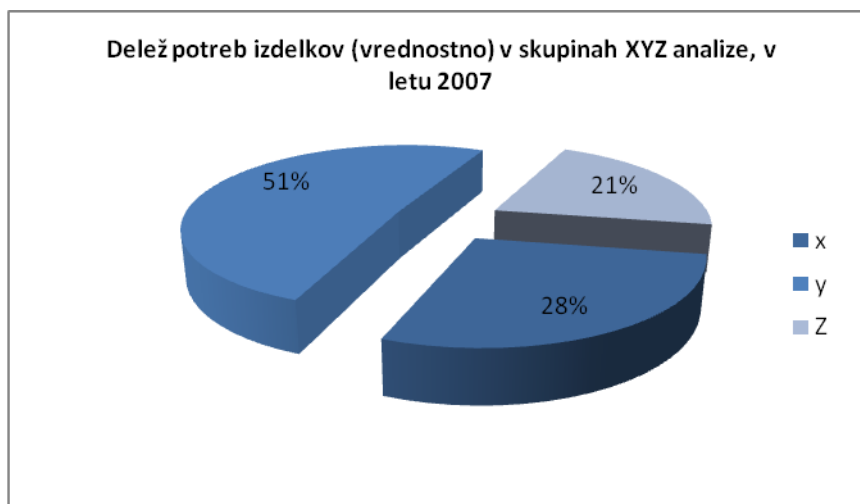
Neodvisne potrebe v letu 2007 niso nikoli v celoti zasedale proizvodnih zmogljivosti v štirimesečnem obdobju. 15,6% neodvisnih materialnih potreb je bilo kreiranih z zakasnitvijo glede na časovno strukturo izdelka, ki so povzročale časovno neusklajene nabavne in proizvodne aktivnosti. Primanjkljaj materialnih potreb se je reševalo delno z dodatnimi naročili materialov glede na ocene posameznih nabavnih komercialistov, ustvarjanjem varnostnih zalog in časovnih rezerv v dobaviteljski verigi. Slika 31 prikazuje med drugim gibanja neodvisnih potreb v letu 2007, podobni rezultati veljajo tudi za obdobje od leta 2005 do 2008.



Slika 31: Materialne potrebe v letu 2007

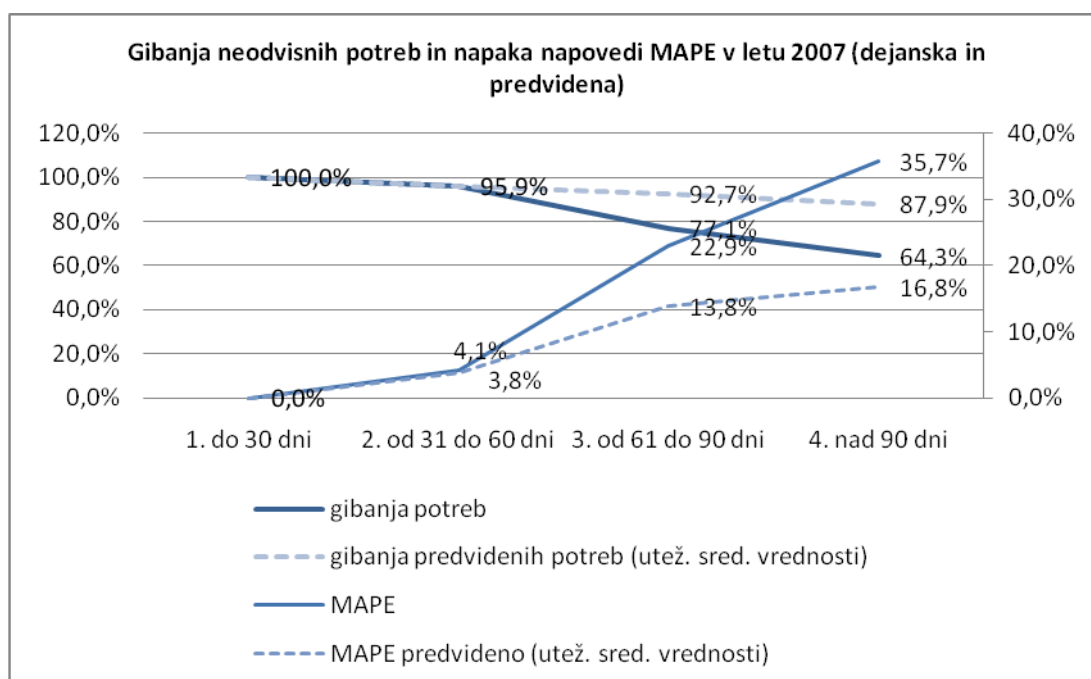
Absolutna povprečna napaka napovedi MAPE (ang. Mean Absolute Percentage Error) v letu 2007 znaša 36,1% za neodvisne potrebe oddaljene nad 90 dni in 21,3% za potrebe oddaljene med 61 in 90 dni v prihodnost. Zamiki delovnih nalogov od 2 do 3 dni so bili v letu 2007 v veliki meri posledica motenj v dobavah materialov oziroma nezadostnih neodvisnih materialnih potreb (Slika 32).

Z uporabo kvantitativnih metod napovedovanja je mogoče napako napovedi neodvisnih potreb zmanjšati. Po poizkusu računanja popravkov neodvisnih potreb z uporabo različnih metod je bila izbrana metoda uteženih srednjih vrednosti. Izdelana je bila tudi analiza dinamike porabe izdelkov XYZ, saj sem popravke neodvisnih potreb izvajal le na izdelkih z relativno konstantno in stalno porabo iz družine X in Y. Izdelkov iz skupine X in Y je količinsko in vrednostno 79% (Slika 32 in 33) in predstavljajo 45% proizvodov.



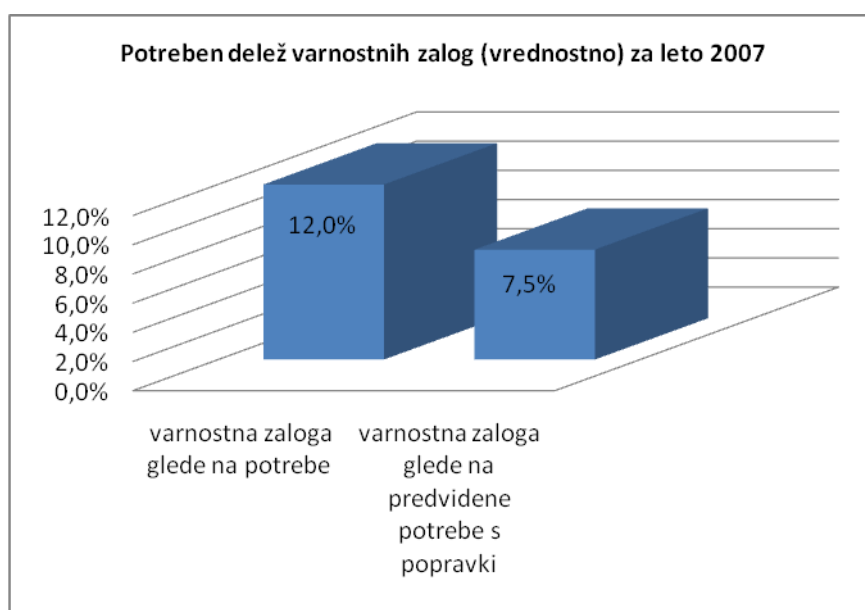
Slika 32: Izdelki po skupinah XYZ analize dinamike potrebe

Z uporabo izbrane metode napovedovanja (metode uteženih srednjih vrednosti) in analizo dinamike porabe XYZ so bili rezultati zadovoljivi, saj so se neodvisne potrebe v obdobju oddaljenem nad 90 dni povečale za 20,2%, na 87,9% potreb in v obdobju oddaljenem 61 do 90 dni za 8,3%, na 92,7% končne vrednosti. Sorazmerno so se izboljšale tudi napake napovedi neodvisnih potreb MAPE na 16,8 % za obdobje oddaljeno nad 90 dni in na 13,8% za obdobje oddaljeno od 61 do 90 dni (Slika 33).



Slika 33: Neodvisne potrebe in napaka napovedi (dejanske in predvidene)

Z uporabo izbrane metode napovedovanja, za materiale razvrščene z analizo dinamike porabe v skupini X in Y, so se rezultati napovedovanja neodvisnih potreb izboljšali. Primanjkljaj potreb v takoimenovanem tretjem in četrtem mesecu (obdobja oddaljena od 61 do 90 dni in od 91 do 120 dni), je možno uravnati z določitvijo varnostnih zalog materialov. Izračun je pokazal, da za kritje predvidenih materialnih potreb potrebujemo varnostne zaloge v obsegu 7,5% vrednosti materialov iz materialne strukture proizvoda (takoimenovani drugi 2,5%, tretji 2,9% in četrti mesec 2,1%).



Slika 34: Delež potrebnih varnostnih zalog za ublažitev napak napovedi

Izračunan potreben delež varnostnih zalog za nadomestilo primanjkljaja neodvisnih materialnih potreb znaša 11,5% mesečnih potreb materialov za obstoječe potrebe in 7,5% predvidenih mesečnih potreb s popravki.

9 ZAKLJUČEK

Načrtovanje in vodenje proizvodnje predstavlja z vidika stroškov pomemben segment v poslovnih procesih. Cilja, zanesljive dobave izdelkov in nizki stroški zalog materialov, sta si nasprotujoča, vendar lahko s preišljenim načrtovanjem materialnih potreb bistveno pripomoremo k optimiranju poslovanja.

V diplomski nalogi sem proučil gibanja neodvisnih materialnih potreb ter ugotovil, da je zasedenost proizvodnih zmogljivosti s časovno oddaljenostjo padala od zasedenosti do 95% v prvih 60-ih dneh do 68% v obdobju oddaljenem nad 90 dni. Podobni rezultati o gibanju neodvisnih materialnih potreb veljajo tako za leto 2007 kot tudi za obdobje od leta 2005 do 2008. Izdelal sem časovno materialno strukturo izdelkov DC motorjev družine AMK (z dobavnimi roki, časi izdelave ter relacijami med procesi proizvodnje in nabave materialov) prikazano v poglavju [PRILOGA 2](#). Dobavno izdelavni čas obravnavane družine proizvodov je 87 dni.

S primerjavo rezultatov o gibanju neodvisnih materialnih potreb in časovne strukture proizvoda je bilo ugotovljeno, da so se nekatere neodvisne potrebe (36% oddaljenih nad 90 dni, 21% oddaljenih od 61 do 90 dni in 4,1% oddaljenih od 31 do 60 dni v prihodnost) v poslovnem sistemu pojavljale z zakasnitvijo, v obdobju krajšem od 90 dni ter so glede na časovno materialno strukturo izdelka generirale neuresničljive odvisne potrebe, znotraj dobavnih rokov in izdelavnih časov ter sprožale časovno neusklažene aktivnosti nabave in proizvodnje, nepotrebne zaloge materialov ter neizpolnitve naročil kupcev.

S ciljem izboljšanja stanja oziroma zmanjšanja neuresničljivih materialnih potreb in zagotavljanja izpolnitev naročil kupcev, sem z izborom kvantitativnih metod napovedovanja dopolnil neodvisne materialne potrebe ter dosegel boljšo zasedenost proizvodnih zmogljivosti in zmanjšal napake napovedi. Za ublažitev napak napovedi dopolnjenih neodvisnih potreb ter za omogočanje nemotenih dobav materialov znotraj dobavnih rokov, sem glede na časovno materialno strukturo izdelkov določil nabor materialov in potrebne deleže varnostnih zalog.

Z dopolnitvijo neodvisnih materialnih potreb so se napake napovedi zmanjšale za 50%. Preostanek napak napovedi je bil izničen z določitvijo varnostnih zalog v

obsegu 7,5% vrednosti materialov. Pri določanju varnostnih zalog so bili upoštevani dobavni in izdelavni časi iz časovne materialne strukture izdelka.

Model dopolnitve neodvisnih materialnih potreb temelji na kvantitativnih metodah stohastičnega planiranja, upoštevajoč dinamiko potreb v preteklih obdobjih in časovno materialno strukturo izdelka ter je primeren tudi za planiranje materialnih potreb drugih družin izdelkov, tudi za planiranje nabave materialov, posebno tistih z relativno dolgimi dobavnimi roki.

Za učinkovito obvladovanje materialnih potreb in sistematično vpeljavo dopolnitev neodvisnih materialnih potreb ter določanje varnostnih zalog materialov, bi bilo potrebno v informacijskem sistemu izdelati ustrezna orodja, ki bi omogočala lažje delo.

Orodje za avtomatsko dopolnitev neodvisnih materialnih potreb z izbrano metodo napovedovanja in upoštevanjem dinamike potreb v preteklih obdobjih bi omogočalo hitro dopolnjevanje glede na izbrane parametre. Razlike med potrebami in predvidenimi potrebami, kot rezultat avtomatskega izračuna, bi koristile službi proizvodne logistike in drugim službam, pri prodaji izdelkov in nabavi materialov. Orodje za avtomatsko izdelavo gantograma časovne materialne strukture proizvoda bi omogočalo hiter in avtomatski izbor nabora materialov in določitev varnostnih zalog v izbranem časovnem okviru od začetka dobavnega roka do izdelave končnega izdelka.

Z dopolnitvijo neodvisnih materialnih potreb je bilo doseženo natančnejše planiranje, manjša nihanja materialnih potreb v dobaviteljski verigi ter omogočene bolj usklajene aktivnosti nabave materialov in proizvodnje izdelkov.

10 LITERATURA

Chopra, S., Meindl, P. (2004). Supply Chain management, New Yersey: Prentice-Hall.

DC Enosmerni komutatorski motorji, Iskra Avtoelektrika. Pridobljeno v marcu 2010 s svetovnega spleta: http://www.iskra-ae.com/slo/dc_motors.php

Delovna mesta (2004). Navodila za končne uporabnike, interni dokument. Pridobljeno v maju 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Delovni nalogi (2004). Navodila za končne uporabnike, interni dokument. Pridobljeno v juniju 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Dokumenti (2006). Navodila za končne uporabnike, interni dokument. Pridobljeno v aprilu 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Kosovnice (2006). Navodila za končne uporabnike, interni dokument. Pridobljeno v aprilu 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Ljubič, T. (2000). Planiranje in vodenje proizvodnje, Kranj: Moderna organizacija.

Ljubič, T. (2006). Operativni management proizvodnje, Kranj: Moderna organizacija.

Materiali (2005). Navodila za končne uporabnike, interni dokument. Pridobljeno v februarju 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Navodila za logistični kolegij (2005). Interni dokument. Pridobljeno v aprilu 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Planiranje materialnih potreb (2005). Navodila za končne uporabnike, interni dokument. Pridobljeno v aprilu 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Poslovni procesi Iskre Avtoelektrike, interni dokument. Pridobljeno v februarju 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Pravilnik o notranji organizaciji in poslovanju (2006). Interni dokument. Pridobljeno v februarju 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Rusjan, B. (1999). Management proizvodnje, Ljubljana: Ekonomska fakulteta.

Slovar slovenskega knjižnega jezika SSKJ (2007). DZS.

Tehnološki postopki (2005). Navodila za končne uporabnike, interni dokument. Pridobljeno v aprilu 2010 z internega spleta Iskre Avtoelektrike: <http://intranet.org.iskra>

Vodnik po Iskri Avtoelektriki (2006). Interni dokument Iskre Avtoelektrike

Vzorec diplomskega dela z navodili (2009). Interno gradivo. Nova Gorica: Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici.

PRILOGA 1: SLOVAR TUJIH IZRAZOV IN KRATIC

MRP (ang. material requirements planning process) - proces izračuna materialnih potreb

ME (ang. Mean Error) - povprečna napaka napovedi

MAD (ang. Mean Absolute Deviation) - absolutna povprečna napaka napovedi

MAPE (ang. Mean Absolute Percentage Error) - absolutna odstotna povprečna napaka napovedi

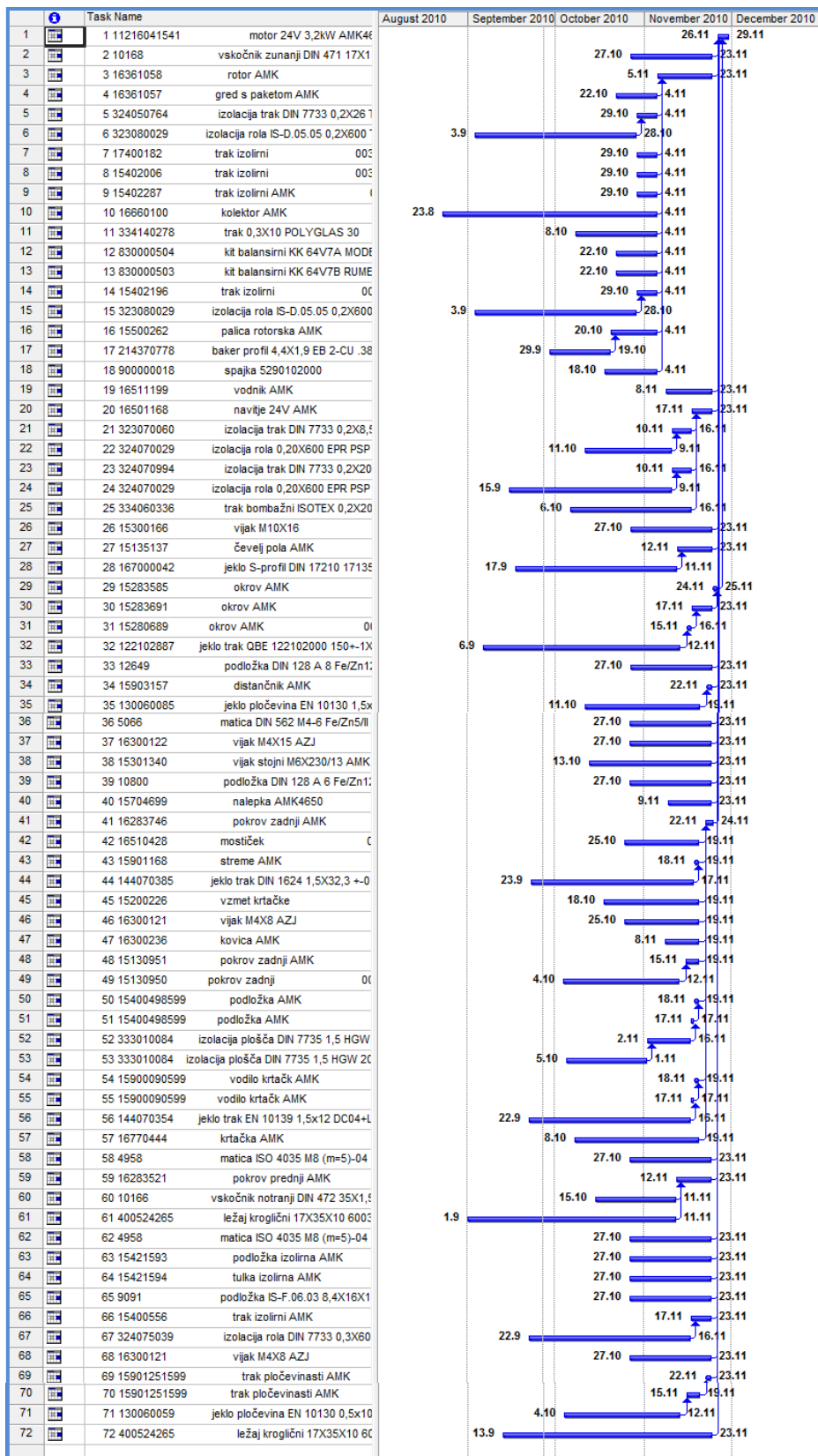
Exponential smoothing - eksponentno glajenje

DC motorji - enosmerni komutatorski motorji

BLPM motorji - elektronsko komutirani motorji s trajnimi magneti

AC motorji - asinhronski motorji

PRILOGA 2: ČASOVNA MATERIALNA STRUKTURA IZDELKA



Slika 35: Časovna materialna struktura izdelka DC motorja AMK

PRILOGA 3: NAPAKA NAPOVEDI (MAPE) Z UPORABO RAZLIČNIH METOD

Tabela 2 prikazuje vrednosti, absolutno povprečno napako napovedi MAPE pri uporabi različnih metod napovedovanja, v letu 2007. Izračuni temeljijo na skupnih mesečnih količinah izdelkov DC motorjev družine AMK.

Tabela 2: Napaka napovedi (MAPE) z uporabo različnih metod napovedovanja

Metoda izračuna	obdobje	jan.07	feb.07	mar.07	apr.07	maj.07	jun.07	jul.07	avg.07	sep.07	okt.07	nov.07	dec.07	2007
Eksponentno glajenje prvega reda	do 30 dni	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	od 31 do 60 dni	0,1%	0,5%	1,5%	1,7%	8,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	32,7%	0,0%	3,8%
	od 61 do 90 dni	4,0%	7,2%	24,9%	46,6%	5,6%	28,7%	2,0%	39,6%	24,6%	7,1%	13,1%	40,1%	20,3%
	nad 90 dni	5,9%	9,0%	23,7%	48,6%	4,4%	27,9%	3,0%	39,1%	24,0%	6,5%	12,6%	40,8%	20,5%
Metoda drsečih sredin (m=4)	do 30 dni	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	od 31 do 60 dni	0,1%	0,5%	1,5%	1,7%	8,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	32,7%	0,0%	3,8%
	od 61 do 90 dni	18,2%	3,8%	31,3%	41,2%	7,1%	30,0%	9,8%	39,3%	11,7%	14,0%	2,5%	59,1%	22,4%
	nad 90 dni	14,5%	22,3%	26,7%	29,7%	6,1%	30,3%	3,8%	34,9%	28,8%	5,3%	5,8%	62,9%	22,6%
Metoda drsečih sredin (m=6)	do 30 dni	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	od 31 do 60 dni	0,1%	0,5%	1,5%	1,7%	8,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	32,7%	0,0%	3,8%
	od 61 do 90 dni	5,1%	9,8%	18,6%	45,5%	10,6%	32,9%	4,3%	37,6%	18,2%	0,2%	0,8%	54,5%	19,8%
	nad 90 dni	14,3%	8,8%	22,6%	53,8%	3,2%	32,9%	7,8%	38,2%	26,9%	2,4%	7,4%	57,7%	23,0%
Metoda uteženih srednjih vrednosti	do 30 dni	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	od 31 do 60 dni	0,1%	0,5%	1,5%	1,7%	8,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	32,7%	0,0%	3,8%
	od 61 do 90 dni	3,6%	1,8%	30,1%	47,9%	5,9%	32,9%	8,7%	33,5%	12,2%	17,0%	5,5%	45,6%	20,4%
	nad 90 dni	18,4%	7,3%	28,2%	32,0%	1,6%	29,4%	7,6%	35,5%	22,0%	4,8%	8,6%	67,6%	21,9%
Obstoječe vrednosti	do 30 dni	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	od 31 do 60 dni	0,1%	0,5%	1,5%	1,7%	8,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	32,7%	0,0%	3,8%
	od 61 do 90 dni	21,6%	26,5%	27,8%	18,9%	30,6%	28,9%	11,1%	29,6%	3,0%	13,8%	2,0%	41,5%	21,3%
	nad 90 dni	42,8%	44,5%	49,3%	18,9%	45,8%	49,5%	11,1%	56,4%	34,0%	37,4%	2,0%	41,5%	36,1%

PRILOGA 4: NAPAKA NAPOVEDI (MAPE) Z UPORABO IZBRANIH METOD

Tabela 3 prikazuje vrednosti, absolutno povprečno napako napovedi MAPE z uporabo izbranih metod napovedovanja, uteženih srednjih vrednosti in eksponentnega glajenja ter analizo dinamike porabe XYZ. Izračuni temeljijo na neodvisnih materialnih potrebah posameznih izdelkov DC motorjev družine AMK.

Tabela 3: Napaka napovedi (MAPE) z uporabo izbranih metod napovedovanja

	obdobje	jan.07	feb.07	mar.07	apr.07	maj.07	jun.07	jul.07	avg.07	sep.07	okt.07	nov.07	dec.07	leto 2007
gibanja potreb	1. do 30 dni	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	2. od 31 do 60 dni	99,9%	99,5%	98,5%	98,3%	92,0%	100,0%	100,0%	99,1%	100,0%	100,0%	67,3%	100,0%	95,9%
	3. od 61 do 90 dni	78,4%	73,5%	72,2%	81,1%	69,4%	71,1%	88,9%	70,4%	97,0%	86,2%	98,0%	141,5%	84,3%
	4. nad 90 dni	57,2%	55,5%	50,7%	81,1%	54,2%	50,5%	88,9%	43,6%	66,0%	62,6%	98,0%	141,5%	67,7%
gibanja predvidenih potreb (utež. sred. vrednosti)	1. do 30 dni	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	2. od 31 do 60 dni	99,9%	99,5%	98,5%	98,3%	92,0%	100,0%	100,0%	99,1%	100,0%	100,0%	67,3%	100,0%	95,9%
	3. od 61 do 90 dni	97,5%	85,4%	83,1%	131,5%	94,9%	85,7%	106,4%	75,8%	90,3%	91,7%	87,2%	119,5%	92,7%
	4. nad 90 dni	93,1%	81,5%	79,6%	123,0%	83,1%	78,1%	104,8%	65,3%	89,0%	88,7%	87,2%	119,2%	87,9%
gibanja predvidenih potreb (ex.glajenje)	1. do 30 dni	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	2. od 31 do 60 dni	99,9%	99,5%	98,5%	98,3%	92,0%	100,0%	100,0%	99,1%	100,0%	100,0%	67,3%	100,0%	95,9%
	3. od 61 do 90 dni	87,4%	89,7%	77,7%	130,4%	96,1%	87,3%	100,1%	78,7%	83,6%	88,5%	89,4%	122,9%	91,3%
	4. nad 90 dni	85,2%	84,2%	71,4%	119,5%	83,7%	74,3%	99,2%	59,0%	82,0%	84,3%	89,3%	122,4%	84,3%