

Mogućnosti optimiranja zaliha u opskrbnom lancu

Čefko, Dominik

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:748193>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Dominik Čefko

**MOGUĆNOSTI OPTIMIRANJA ZALIHA U OPSKRBNOM
LANCU**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

MOGUĆNOSTI OPTIMIRANJA ZALIHA U OPSKRBNOM LANCU

OPTIMIZATION OPPORTUNITIES IN THE SUPPLY CHAIN INVENTORY

Mentor: Prof. dr.sc. Mario Šafran

Student: Dominik Čefko, 0246044393

Zagreb, 2015.

MOGUĆNOSTI OPTIMIRANJA ZALIHA O OPSKRBNOM LANCU

SAŽETAK

Optimiranje zaliha u opskrbnom lancu predstavlja vrlo važan cilj u logističkom poslovanju s obzirom da optimirane zalihe direktno utječu na efikasnost i profitabilnost poslovanja. Cilj proizvodnih, distribucijskih i trgovačkih poduzeća te poduzeća koja pružaju cjelovitu logističku podršku je maksimalno smanjenje zaliha uz zadržavanje određene razine usluga, koju pružaju vlastitim korisnicima kako bi postali i ostali konkurentni na tržištu. Upravo iz tog razloga danas se sve više razvijaju različiti modeli i metode koje se primjenjuju pri upravljanju zalihama kako bi se postigli što bolji i efikasniji rezultati. S obzirom da tržište postavlja sve veće zahtjeve, poduzeća su primorana okrenuti se novim i boljim načinima poslovanja. U tu svrhu prikazani su razni modeli i metode koji omogućuju vrlo učinkovito može upravljanje zalihama te povećavaju mogućnosti optimiranja zaliha duž cijelog opskrbnog lanca.

KLJUČNE RIJEČI: optimiranje zaliha; opskrbni lanac; upravljanje zalihama

SUMMARY

Optimization Opportunities in the Supply Chain Inventory

Optimizing inventory in the supply chain is a very important goal in the logistic business process, considering that optimized inventory directly affects the efficiency and profitability of the process. The aim of manufacturing, distribution and trading companies and also companies that provide complete logistical support is maximization of reducing inventory, while maintaining a certain level of services they provide for their own customers to become and remain competitive in the market. For this reason, different models and methods used in inventory optimization today are increasingly developing in order to achieve better and more efficient results. Considering the increasing demands of the market, companies are forced to turn to new and better ways of doing business. For this purpose this paper presents various models and methods, which provide highly efficient inventory management and may increase the optimization opportunities within the supply chain.

KEYWORDS: inventory optimization; supply chain; inventory management

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. OSNOVNE ZNAČAJKE UPRAVLJANJA ZALIHAMA	2
2.1 Značajke tradicionalnih modela upravljanja zalihama	3
2.1.1 Kontinuirani sustav nadzora zaliha	4
2.1.2 Periodični sustav upravljanja zalihama	9
2.2 Značajke suvremenih modela upravljanja zalihama	12
2.2.1 Planiranje materijalnih potreba – MRP I.....	13
2.2.2 Planiranje resursa proizvodnje – MRP II.....	14
2.2.3 Planiranje resursa poduzeća – ERP	14
3. PRIMJENA ABC I XYZ ANALIZE PRI OPTIMIZACIJI.....	17
3.1 ABC analiza	17
3.2 XYZ analiza.....	19
3.3 Primjena unakrsne ABC i XYZ analize	21
4. OSVRT NA JUST-IN-TIME MODEL.....	25
4.1 Kontrola zaliha korištenjem Just-in-Time sustava	26
4.2 Prednosti i nedostaci korištenja Just-in-Time sustava.....	28
4.3 Usporedba tradicionalnog i Just-in-Time sustava.....	31
5. MULTI-ECHELON OPTIMIZACIJA	35
5.1 Upravljanje zalihama u multi-echelon mrežama	36
5.1.1 Sekvencijalni pristup optimizaciji	37
5.1.2 Planiranje i kontrola zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije	39
5.1.3 Stvarni multi-echelon pristup optimizaciji	41
5.2 Usporedba primjenjivih pristupa multi-echelon optimizacije	43
6. ZAKLJUČAK	47
Literatura	48
Popis kratica	51
Popis slika	52
Popis tablica	53
Popis grafikona.....	54

1. UVOD

Mogućnosti optimiranja zaliha u opskrbnom lancu predstavljaju imperativ za svaku tvrtku koja se bavi logističkim djelovanjem ili u svom poslovanju uključuje držanje zaliha zbog zadovoljenja potreba kupaca. Budući da svaka organizacija teži efektivnom, efikasnom, racionalnom i profitabilnom poslovanju, neophodno je primjenjivati različite načine poslovanja kako bi se isto postiglo.

Obzirom da zalihe u poslovanju tvrtki koje se bavi proizvodnjom, distribucijom ili trgovinom predstavljaju trošak, optimiranjem zaliha dolazi se do racionalizacije i smanjenja troškova te povećanja zarade. Zalihe na puno načina utječu na poslovanje tvrtke, no i samo poslovanje utječe na zalihe, stoga se može reći kako su oni u međusobnom odnosu. Što je poslovanje razvijenije i prati moderne trendove, to će potreba za zalihama biti manja. Naslov rada je: Mogućnosti optimiranja zaliha u opskrbnom lancu te je podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Osnovne značajke upravljanja zalihama
3. Primjena ABC i XYZ analize pri optimizaciji
4. Osvrt na Just-in-Time model
5. Multi-echelon optimizacija
6. Zaključak

Kroz poglavlja prikazani su načini i mogućnosti optimiranja zaliha kroz cijeli opskrbni lanac. U drugom poglavlju prikazane su osnovne značajke upravljanja zalihama tako što su iz svakog od obrađenih modela izdvojene najvažnije značajke istog. Treće poglavlje bavi se primjenom ABC, XYZ i unakrsne analize kod upravljanja zalihama te je izveden praktičan primjer izrade i primjene unakrsne ABC i XYZ analize.

Četvrto poglavlje obuhvaća osvrt na Just-in-Time model te načine kontrole zaliha, njegove prednosti i nedostatke te usporedbu tradicionalnog i Just-in-Time sustava. Peto poglavlje obuhvaća multi-echelon optimizaciju. U ovom poglavlju biti će prikazani su različiti pristupi multi-echelon optimizacije te njihove međusobne usporedbe.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE UPRAVLJANJA ZALIHAMA

Upravljanje zalihama vrlo je bitna sastavnica rukovođenja bilo kojeg poduzeća koje se bavi proizvodnjom, distribucijom ili prodajom. Optimizacijom zaliha kroz cijeli opskrbni lanac postižu se brojni rezultati koji se očituju u učinkovitijem i efektivnijem poslovanju poduzeća.

Sve veći zahtjevi i očekivanja koji se postavljaju pred razna poduzeća, s vremenom su dovela do potrebe za razvojem raznih metoda i modela kojima se omogućuje jednostavnije vođenje logističkog posla. Time se smanjenje potreba za držanjem velikih količina zaliha koje povećavaju troškove i dovode do smanjenog profita tvrtke.

Izbor metode i modela koji će se u pojedinom slučaju primjenjivati ovisi o raznim faktorima, od veličine tvrtke te opsega kako primarnog tako i sekundarnog poslovanja. Osnovne značajke kojima se teži prilikom upravljanja zalihama su smanjenja zaliha, povećanje produktivnosti, smanjenje troškova te uravnoteženje poslovanja. Primjenom različitih modela mogu se ostvariti željeni ciljevi. Svaki od modela posjeduje određene prednosti i mane te će kroz njih biti prikazane i navedene značajke pri upravljanju zalihama.

Upravljanje zalihama s obzirom na primjenu određenih modela podijeljeno je u dvije skupine:

- primjena tradicionalnih modela upravljanja zalihama;
- primjena suvremenih modela upravljanja zalihama.

Glavna razlika između ove dvije vrste pristupa je to što suvremeni modeli upravljanja zalihama pružaju širok pogled na cjelokupno rukovođenje tvrtke te upravljanje svim procesima unutar proizvodnje, distribucije i prodaje. Tradicionalni modeli baziraju se isključivo na samo jedan segment upravljanja zalihama, odnosno, baziraju se najčešće na optimiranje nabave u svrhu smanjenja količina zaliha te na taj način smanjuju troškova poslovanja. Glavne razlike između pojedinih modela i načina upravljanja i optimiranja zaliha te značajki koje posjeduju biti će obrađeni u nastavku.

2.1 Značajke tradicionalnih modela upravljanja zalihama

Kod modela upravljanja zalihama postoje dva osnovna: kontinuirani sustav nadzora razine zaliha (*economic order quantity, EOQ, Q-model*) i periodični sustav nadzora zaliha (*periodic system, fixed-order interval system, P-model*). Modeli upravljanja zalihama stvoreni su kako bi osigurali dostupnost naručene robe kroz određeni period, najčešće godinu.

Osnovna je razlika u tome što novu narudžbu kod kontinuiranog sustava nadzora, odnosno Q-modela pokreće određeni događaj, dok je kod periodičkog sustava nadzora, odnosno P-modela okidač za narudžbu vrijeme. Kod Q-modela, kreiranje nove narudžbe vrši se automatski kada se dostigne određeno stanje koje ukazuje na potrebu na novom narudžbom. Ono može biti u bilo koje vrijeme, ovisno o potražnji za određenim artiklom. P-model je ograničen na kreiranje nove narudžbe samo u trenutku kada se dostigne određeni vremenski period. U tablici je prikazana usporedba ova dva modela.[1]

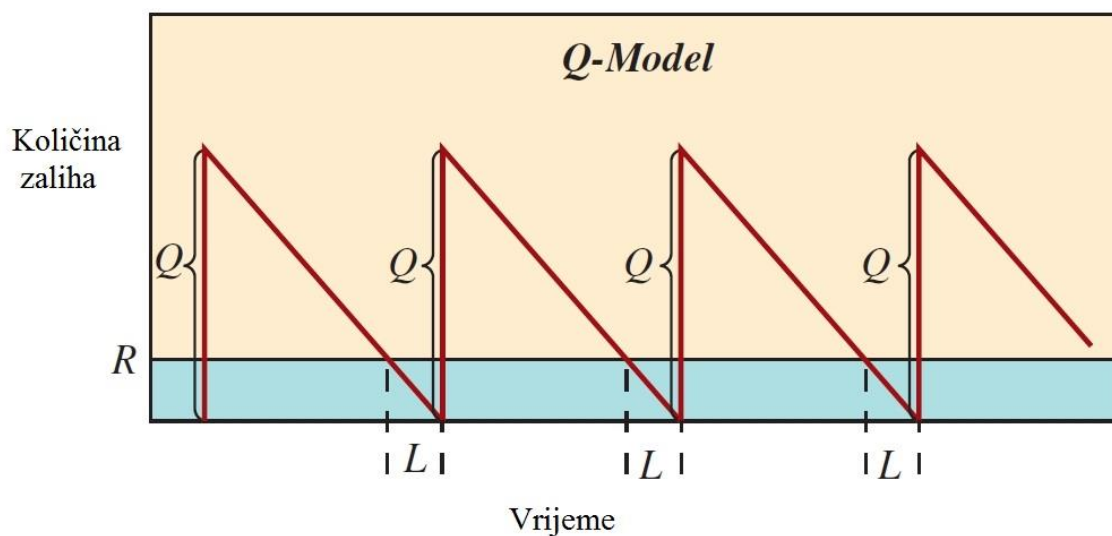
Tablica 1. Usporedba modela upravljanja zalihama

Svojstvo	Q-Model	P-Model
Količina narudžbe	Q - konstantan (ista količina naručuje se svaki puta)	q-promjenjiv (mijenja se kod svake narudžbe)
Vrijeme narudžbe	R- kada razina zaliha padne na razinu točke naručivanja	T-kada stigne vrijeme za provjeru zaliha
Vođenje evidencije	Kod svakog uzimanja i dodavanja robe na zalihi	Jednom tijekom perioda
Količina zaliha	Manja nego kod P-modela	Veća nego kod Q-modela
Utrošak vremena	Veći zbog neprestane evidencije	
Vrsta robe	Skuplja roba, kritična ili važna roba	

Izvor: [1]

2.1.1 Kontinuirani sustav nadzora zaliha

Kontinuirani sustav nadzora ili Q-model pokušava odrediti specifičnu točku R , kod koje se prilikom njezinog dostizanja vrši narudžba količine Q . Točka ponovne narudžbe, R , uvijek je određen broj jedinica. Narudžba količine Q vrši se kada razina zaliha dostigne točku R . Pozicija zaliha definira se kao zbroj trenutne zalihe i narudžbe u dolasku umanjena za vrijednost prodaje. Princip na kojem ovaj sustav radi je ovakav: npr. kada razina zaliha padne na 36 jedinica, kreiraj narudžbu od novih 57 jedinica.



Slika 1. Profil zaliha kod Q-modela

Izvor: [2]

Profil zaliha kod ovog sustava nadzora prikazan je slikom 1. Ovakav model nije realan ali predstavlja polazište te se koristi kao jednostavan primjer. U primjeru su navedeni slijedeće vrijednosti:

- potražnja za proizvodom je konstantna kroz cijeli period;
- vrijeme isporuke je konstantno;
- jedinična cijena proizvoda je nepromjenjiva;
- trošak držanja zaliha baziran je na srednjoj vrijednosti zaliha;
- trošak naručivanja je nepromjenjiv;
- sva potražnja za proizvodom biti će ispunjena.

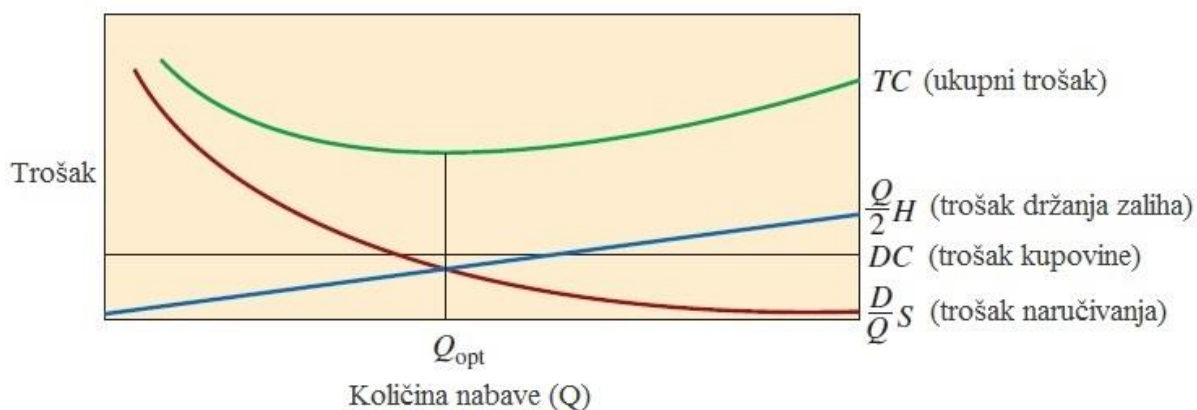
Prilikom konstruiranja modela upravljanja zalihama, prvi je korak razvoj funkcionalne povezanosti između promjenama u interesu za određeni proizvod te mjerama efektivnosti. Budući da ono ovisi o troškovima, izraz ukupnog troška (1) glasi:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (1)$$

Ukupni godišnji trošak = Trošak kupovine + Trošak naručivanja + Trošak držanja zaliha

- TC = ukupni godišnji trošak
- D = godišnja potražnja
- C = jedinična cijena proizvoda
- Q = ekonomska količina narudžbe
- S = trošak naručivanja
- R = točka ponovne nabave
- L = vrijeme isporuke
- H = godišnja stopa držanja robe na zalihama.

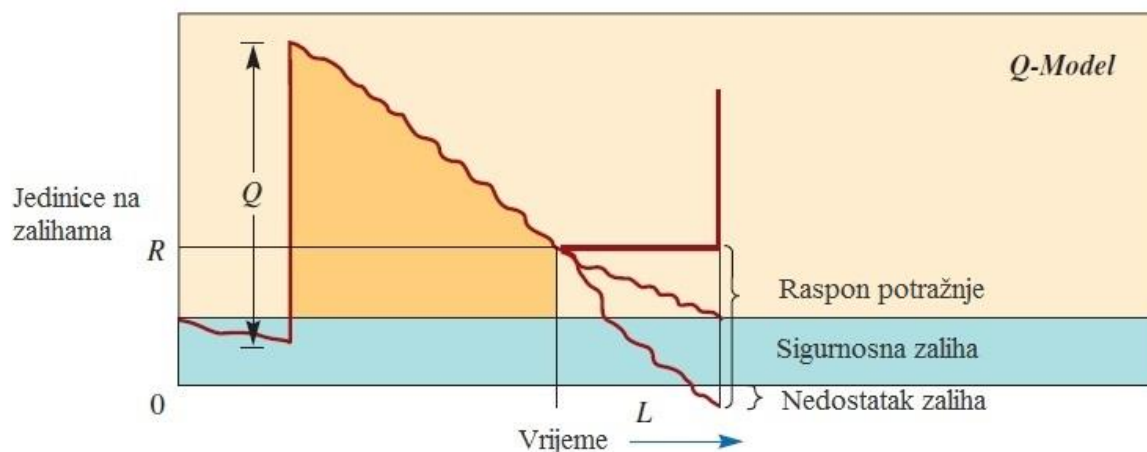
Kretanje troškova koji utječu na ukupni godišnji prikazani su slikom 2.



Slika 2. Kretanje ukupnih troškova

Izvor: [2]

Prethodno prikazani primjer baziran je na modelu s nepromjenjivom i unaprijed poznatom potražnjom. U stvarnosti potražnja nije unaprijed poznata te varira s vremenom te je stoga potrebno održavati sigurnosnu zaliha kako bi se zadržala određena razine zaštite od nedostatka naručenih proizvoda. Sigurnosna zaliha može



Slika 3. Kretanje zaliha kod Q modela

Izvor: [2]

biti definirana kao određena količina robe na zalihama za udovoljavanje potreba u slučaju povećane potražnje. Kod normalne distribucije nju predstavlja srednja vrijednost. Na razinu sigurnosne zalihe utječe velik broj kriterija pa stoga svaka tvrtka odabire one koje im najviše odgovaraju u poslovanju. Prilikom određivanja sigurnosne zaliha često se koristi model vjerojatnosti. U slučaju da je potražnja normalno distribuirana tijekom određenog perioda sa srednjom vrijednosti i standardnom devijacijom, vrlo je lako odrediti sigurnosnu zalihu. U obzir se mora uzeti kako se u ovom slučaju može izračunati vjerojatnost od nedostatka zaliha a ne i točnu količinu.

Kontinuirani sustav sa sigurnosnom zalihom neprestano nadzire razinu zaliha te kreira novu narudžbu kada razina zaliha dostigne točku ponovne nabave R kako je prikazano slikom 4. Opasnost od nedostatka zaliha kod ovog modela moguće je samo tijekom vremena isporuke, odnosno između vremena kada se narudžba naruči i kada je naručena roba zaprimljena na zalihe. Kako je prikazano na slici 3, narudžba je kreirana kada razina zaliha dostigne točku ponovne nabave R. Na slici je vidljivo kako je tijekom vremena isporuke potražnja također moguća.

Veličina sigurnosne zalihe ovisi o razini usluge koja želi biti održavana. Količina nabave Q najčešće se računa s obzirom na potražnju, troškove nedostatnih zaliha odnosno propuštene prodaje, troškovima naručivanja, troškovima držanja robe na zalihama, itd. Ovaj model može biti korišten za izračunavanje Q, kao optimalne količine nabave Q_{opt} . U tom slučaju, točka ponovne nabave R postavljena tako da pokriva očekivanu potražnju tijekom vremena isporuke te održava razinu sigurnosne zalihe

određenu željenom razinom usluge. Glavna razlika između Q-modela s poznatom potražnjom i neizvjesnom potražnjom je u izračunavanju i postavljanju točke ponovne nabave R. Element neizvjesnosti uzet je u obzir prilikom izračuna sigurnosne zalihe. Točka ponovne nabave prikazana je izrazom (2),

$$R = \bar{d}L + z\sigma_L \quad (2)$$

gdje je R točka ponovne nabave, d prosječna dnevna potražnja, L vrijeme isporuke u danima, z vrijednost standardne devijacije za specifičnu vjerojatnost, σ_L standardna devijacija korištenja tijekom vremena isporuke.[2],[3]



Slika 4. Shematski prikaz naručivanja primjenom Q modela

Izvor: [2]

2.1.2 Periodični sustav upravljanja zalihama

Kod periodičnog sustava nadzora zaliha, količine zaliha se provjeravaju u određenom vremenskom trenutku, svaki tjedan ili svaki mjesec. Provjeravanje količina zaliha i periodično naručivanje primjenjivo je kada prodavač ima rutinske narudžbe od kupaca, najčešće jednako vremenski raspodijeljene ili u slučaju naručivanja kompletne linije proizvoda, te kod slučaja kada kupac želi kombinirati narudžbe u cilju smanjenja transportnih troškova.

Kod periodičnog sustava količina nabave varira od perioda do perioda, ovisno u stopi korištenja, odnosno potražnje za proizvodom. Ono najčešće zahtjeva veću razinu sigurnosne zalihe od kontinuiranog nadzora. Za razliku od kontinuiranog nadzora koji konstantno prati razinu razliha, periodični nadzor podrazumijeva provjeravanje količina zaliha u određenom trenutku koji je unaprijed određen kako je i vidljivo na slici 6. U tom slučaju može doći do velike potražnje koja razinu zaliha može dovesti do nule, odnosno nedostatka zaliha. Ovo stanje može biti neopaženo sve do sljedećeg perioda provjere zaliha. Stoga, sigurnosna zaliha kod ovog sustava mora štititi poslovanje tijekom perioda narudžbi i tijekom perioda isporuke novo naručene količine robe.

Korištenjem periodičnog sustava nadzora sa sigurnosnom zalihom, nova se narudžba kreira kod dosega trenutka T , a sigurnosna zaliha mora biti naručena po izrazu (3),

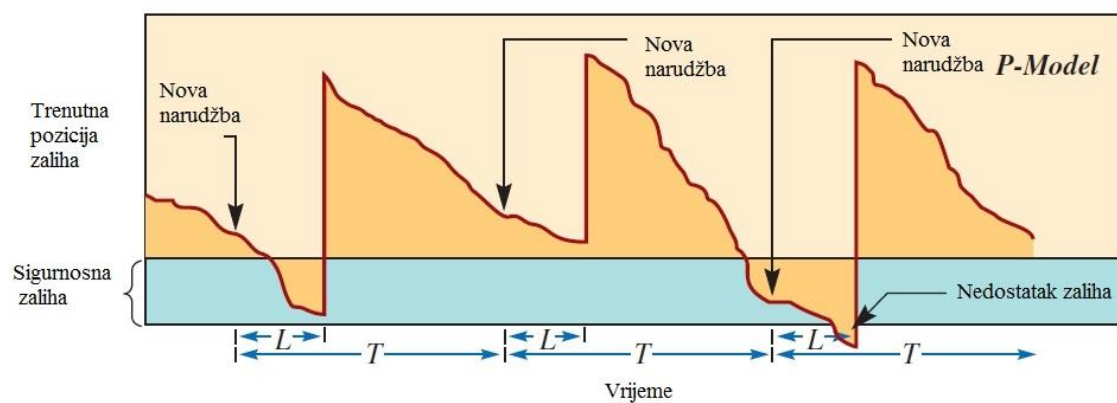
$$\text{Sigurnosna zaliha} = z\sigma_{T+L} \quad (3)$$

Slika 5 u nastavku prikazuje periodičan sustav nadzora zaliha s ciklusom provjere zaliha T te konstantnim vremenom isporuke L . U tom slučaju, potražnja je slučajno distribuirana oko srednje vrijednosti d .

Količina narudžbe tada se izračunava prema izrazu (4),

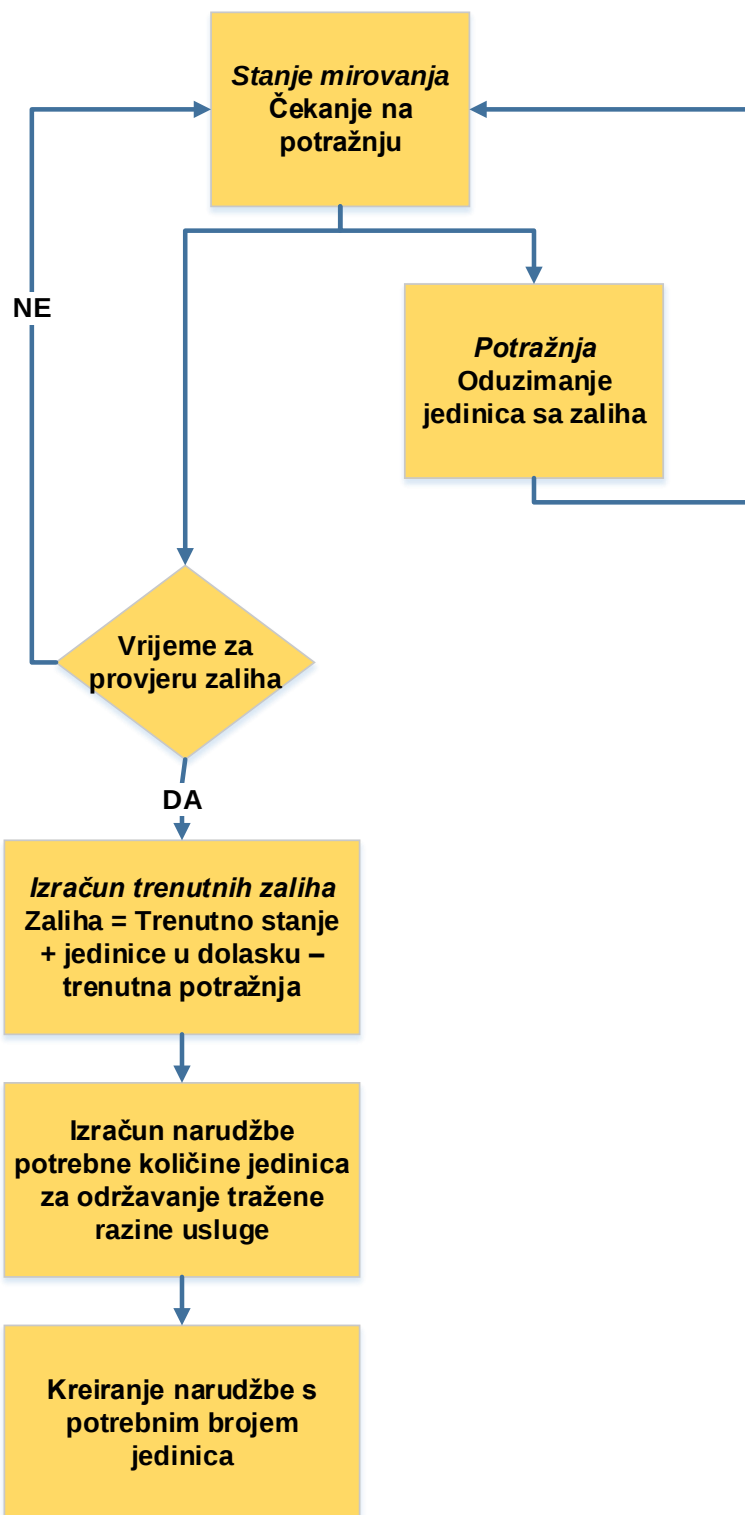
$$q = \bar{d}(T + L) + z\sigma_{T+L} - I \quad (4)$$

gdje q prikazuje količinu nabave, $\bar{d}(T + L)$ srednju vrijednost potražnje tijekom perioda podložnom nedostasku zaliha, $z\sigma_{T+L}$ sigurnosnu zalihu, I trenutnu količinu zaliha. [1]



Slika 5. Kretanje zaliha kod P modela

Izvor: [2]



Slika 6. Shematski prikaz naručivanja primjenom P modela

Izvor: [2]

2.2 Značajke suvremenih modela upravljanja zalihama

Suvremeni modeli upravljanja zalihama predstavljaju nadogradnju i dodatan razvitak već postojećih tradicionalnih modela. Osim njih, postoje i novi, potpuno funkcionalni suvremeni modeli koji se ne oslanjaju na tradicionalne te i pridonose još učinkovitijem upravljanju zalihama te optimizaciji i vođenju tvrtke.

Danas postoji velik broj suvremenih modela upravljanja zalihama te se stalno razvijaju, unapređuju te uvode u sve veći broj tvrtki zbog lakšeg, jednostavnijeg i učinkovitijeg poslovanja. Budući da danas postoji velik broj modela ovakve vrste, važno je spomenuti najvažnije i one koji su najviše doprinijeli razvitku upravljanja zalihama i općenito logističkom poslovanja. Primjena suvremenih modela upravljanja zalihama široko otvara mogućnosti optimizacije zaliha kroz cijeli opskrbni lanac te olakšava vođenje i upravljanja unutar logističke strukture određenog poduzeća. Najkorišteniji te najpoznatiji modeli upravljanja zalihama su: model planiranja materijalnih potreba (*Material Requirement Planning* – MRP I), planiranje materijalnih resursa (*Manufacturing Resource Planning* – MRP II), planiranje resursa distribucije (*Distribution Resource Planning* – DRP), planiranje resursa poduzeća (*Enterprise Resource Planning* – ERP), napredno logističko planiranje (*Advanced Planning Systems* – APS), sustav „točno na vrijeme“ (*Just in Time* – JIT) te drugi.

U nastavku poglavlja značajki suvremenih modela upravljanja zalihama bit će opisani sljedeći suvremeni modeli upravljanja zalihama:

- Planiranje materijalnih potreba (*Material Requirement Planning* – MRP I);
- Planiranje resursa proizvodnje (*Manufacturing Resource Planning* – MRP II);
- Planiranje resursa poduzeća (*Enterprise Resource Planning* – ERP);

dok će u sljedećim poglavljima ovog rada detaljnije biti obrađeni i drugi modeli i metode koje se mogu primjenjivati pri upravljanju i optimizaciji zaliha.

2.2.1 Planiranje materijalnih potreba – MRP I

Model planiranja materijalnih potreba (*Material Requirement Planning* – MRP I) razvijen je u SAD-u šezdesetih godina 20. stoljeća u svrhu boljeg upravljanja nabavom materijala potrebnog za proizvodnju. MRP sustav dijeli glavni proizvodni plan u komponente te razine potražnje za sirovinama potrebnih za proizvodnju. MRP primjenjuje račun materijala (*Bill of material records* – BOM) koji u tom skupu podataka daje informacije o potrebnim količinama narudžbi, kupovine i dostave ovisno o vremenima isporuke.[4]

Model planiranja materijalnih potreba ima tri temeljna cilja:

- osigurati dostupnost materijala, dijelova, poluproizvoda, gotovih proizvoda za proizvodnju i isporuku kupcima;
- uspostavu najmanje moguće razine zaliha;
- izradu plana proizvodnih aktivnosti, rasporeda isporuka i nabavnih aktivnosti. [5]

Tri glavna ulazna podatka za primjenu MRP I modela bez kojih on ne bi mogao funkcionirati su glavni plan proizvodnje, evidencija strukture proizvoda i evidencija statusa zaliha.

Prilikom primjene MRP I zahtjevi za određenim proizvodima prognoziraju se i evidentiraju u glavnom obrascu proizvodnje (*Master Production Schedule* – MPS). MPS je razvijen za prognoziranje i zadovoljenje potražnje gotovih proizvoda, razine određivanje sigurnosne zalihe te unutarnje potražnje.

Evidencija strukture proizvoda (*Product structure records*) koja je ujedno poznata i kao račun materijala sadrži informacije o svakom pojedinom dijelu potrebnom za sastavljanje i proizvodnju krajnjeg proizvoda. Informacije koje ona sadrži su broj dijela, opis dijela, količina potreba za izradu, sljedeća razina izrade, vrijeme isporuke, itd.

Evidencija statusa zaliha sadrži status svih sirovina, poluproizvoda i proizvoda na zalihama te njihovu količinu i rok upotrebe ukoliko se radi o pokvarljivoj robi te se mora održavati stalno ažurnom.

Glavna logika funkcioniranja MRP I modela je određivanje količine potrebnih sirovina i dijelova iz glavnog plana proizvodnje i računa materijala te umanje

potražnje za određenim proizvodima iz već postojećih zaliha koje su evidentirane u evidenciji statusa zaliha.[6]

2.2.2 Planiranje resursa proizvodnje – MRP II

MRP II sustav je nadogradnja sustava MRP I te razmatra situacija upravlja nekoliko koraka iznad MRP I. Za razliku od MRP I koji je u obzir uzimao samo sirovine i sastavne dijelove proizvoda u obzir, s vremenom je došla potreba da se upravljanje sustavom proširi i drugim resursima. Glavni resursi prilikom upravljanja koji se uzimaju u obzir su kapacitet proizvodnje, kapacitet radnika te financijski pokazatelji.

Uvođenjem plana kapaciteta, trajanjem pojedinih operacija te zauzetosti kapaciteta drugim narudžbama, na temelju izračuna optimalnih vremena provodi se upućivanje radnih naloga i naloga za narudžbu materijala.

Koristi koje donosi MRP II su:

- poboljšana usluga: kraće vrijeme isporuke, mogućnost točnijeg predviđanja vremena isporuke;
- manja ulaganja u zalihe;
- eliminiranje kašnjenja nabave i rizika nedostatka zaliha;
- pouzdano vremensko planiranje;
- veća efikasnost ukupnog sustava proizvodnje.

Problemi koji se mogu pojaviti prilikom korištenja MRP II sustava su:

- smanjena točnost, preciznost i ažurnost;
- visoka početna ulaganja;
- prevelika varijabilnost i neizvjesnost okoline koji narušavaju pozitivne efekte.[7]

2.2.3 Planiranje resursa poduzeća – ERP

Razvojem sustava MRP I MRP II stvoren je novi koncept planiranja resursa poslovnog sustava odnosno ERP. Može se reći kako je ERP novi koncept upravljanja zalihama nastao od svoja dva prethodnika s obzirom da se temelji na istoj logici. Razlika kod ERP sustava je uvođenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija.

ERP sustav je opsegom veći i efikasniji pri radu s više poslovnih jedinica te posjeduje jaču financijsku integraciju. Njim se predviđa i uravnotežuje potražnja i nabava te predstavlja skup alata potrebnih pri kompletnom upravljanju poduzećem. On vrši određene zadatke:

- povezuje kupce i dobavljače u cjelovit opskrbni lanac;
- koristi provjerene procese za donošenje odluka;
- koordinira prodaju, marketing, operacije, logistiku, nabavu, financije, razvoj proizvoda i ljudske resurse.[8]

S obzirom da postoje razni sustavi i njihove inačice, sustav mora posjedovati točno određene karakteristike kako bi se mogao smatrati ERP sustavom a to su:

- **Fleksibilnost:** sustav mora biti sposoban pružiti odgovor na svaki postavljeni zahtjev u organizaciji u skladu s promjenama.
- **Neovisnost:** mora biti neovisan od drugih operativnih sustava i sustava za upravljanje bazom podataka.
- **Sveobuhvatnost:** podržava sve vrste poslovnih funkcija i poslovne organizacije svih vrsta djelatnosti.
- **Modularnost:** ERP sustav čine podsustavi i moduli, ali mora postojati mogućnost dodavanja i uklanjanja svakog modula podsustavu.
- **Otvorenost:** mora podržavati različite hardverske platforme s obzirom na to da organizacije posjeduju heterogene sustave te se mora osigurati veza sa aplikacijama drugih proizvođača programske podrške.
- **Prilagodljivost:** budući da svakog organizaciji nisu potrebi svi moduli sustava potrebno je omogućiti prilagodbu modela s obzirom na vrstu poslovanja.
- **Iskustvo:** ERP sustav ima ugrađeno iskustvo za sve poslovne procese kao i rješenja koja su u dosadašnjoj praksi pokazala najbolje rezultate.[9]

Postoje brojni razlozi zbog kojih je ERP sustav visoko prihvaćen te doživljava sve veću implementaciju u brojne organizacije kod kojih je potrebna potpuna integracija u svrhu povećanja produktivnosti poslovanja i optimizacije zaliha. Primjenom ERP sustava ostvaruje se integriranje financijskih informacija, informacija o narudžbama klijenta. ERP sustav omogućava standardiziranje i ubrzavanje

proizvodnih procesa te djeluje vrlo povoljno u cilju smanjenja zaliha. Također, omogućava standardiziranje informacija o ljudskim resursima s kojima se u velikom broju mogu optimizirati proizvodni procesi te načini rada koji mogu dovesti do poboljšanja kompletnog poslovanja kroz cijeli opskrbni lanac. [8]

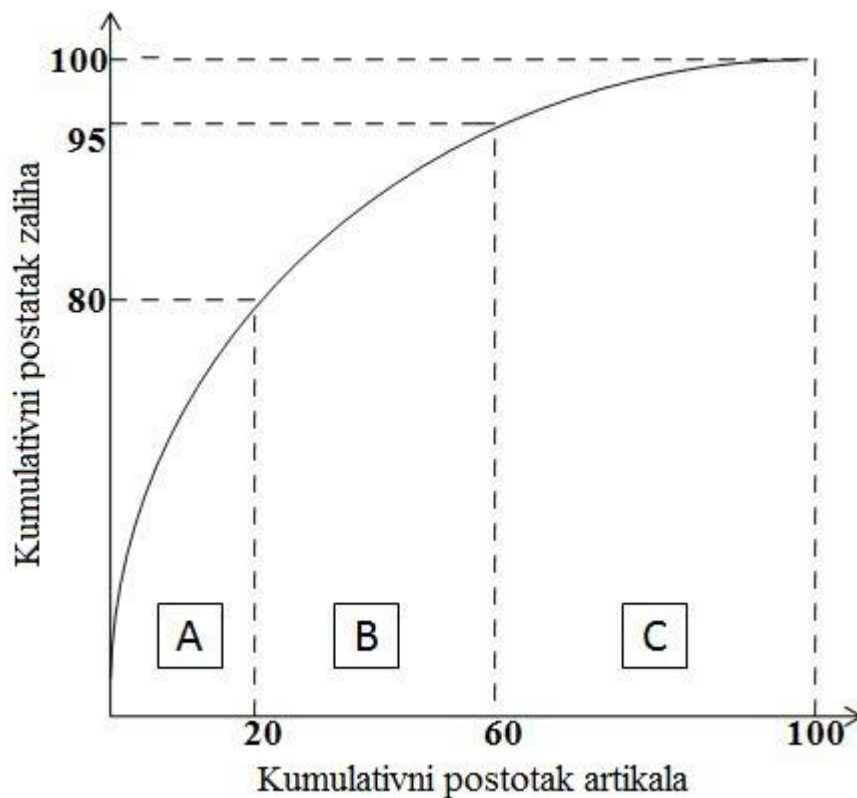
3. PRIMJENA ABC I XYZ ANALIZE PRI OPTIMIZACIJI

S obzirom na željeni način upravljanja zalihama, mogu se primijeniti razne analize koje na određeni način pridonose optimizaciji zaliha te efikasnijem i ekonomičnijem poslovanju. U ovom slučaju, odabrane su dvije vrste analiza, koje se vrlo često koriste kod upravljanja zalihama te daju odlične, u stvarnosti primjenjive rezultate osobite ako se koriste u kombinaciji, odnosno unakrsno.

3.1 ABC analiza

Kod slučaja upravljanja zalihama, ABC analiza je metoda klasifikacije materijala i proizvoda u skupine od kojih svaki ima različito značenje i važnost za poslovanje. Prema toj važnosti se određuje i postupanje s njima. Svrha primjene ove metode je uspostavljanje djelotvornog sustava, kontrole i upravljanja predmetima iz okvira nabavnog, prodajnog i skladišnog poslovanja provođenjem različitih postupaka radi postizanja što veće ekonomičnosti i produktivnosti poslovanja.

Većina poduzeća posjeduje previše artikala na zalihama te stoga koriste ABC analizu kako bi izdvojili važne artikle od nevažnih te im posvetili više pažnje. Temelji se na Pareto pravilu ili tzv. pravilu 80/20 koga je elaborirao talijanski ekonomist Alfredo Pareto te govori kako 80% uspjeha proizlazi iz 20% aktivnosti dok ostalih 20% uspjeha proizlazi iz ostatka aktivnosti. Stoga, kod ABC analize, artikli se razvrstavaju u tri skupine na osnovu određenih parametara koji su važni za poslovanje tvrtke. Prikaz Pareto dijagrama te odnosi između postotaka artikala i postotaka zaliha i njihovo razvrstavanje prikazani su grafikonom 1. [10],[11]



Grafikon 1. Odnos kumulativnih postotaka zaliha i artikala

Izvor: [13]

Optimiranje zaliha važno je kako bi se troškovi držali pod kontrolom unutar cijelog opskrbnog lanca. Stoga je potrebno odrediti koji materijali, odnosno artikli tvore najviše troškove držanja zaliha. Kao što je već spomenuto, ABC analiza razvrstava proizvode u određene skupine, najčešće tri, A, B i C, no nije uvijek pravilo, te stoga može postojati više dodatnih skupina. Prilikom korištenja tri skupine, postoji pravilo o tome koji će se proizvod gdje smjestiti:

- A skupina: proizvodi vrlo važni u poslovanju tvrtke. Zbog svoje visoke vrijednosti za poslovanje tvrtke zahtijevaju čestu kontrolu zaliha. S obzirom na navedeno, tvrtka mora odabrati prikladan obrazac po kojem naručuje (npr. Just-in-time) kako bi se izbjegao nepotreban višak zaliha.
- B skupina: upravljanje proizvodima skupine B može se poistovjetiti kao i s proizvodima skupine A uz određene promjene. Upravljanje se može automatizirati i time racionalno upravljati vremenom. Za ovi skupinu

proizvoda rijetko su potrebne korekcije te se time stvara dodatna pretpostavka o maksimalnom usmjeravanju pažnje na proizvode skupine A.

- C skupina: proizvodi skupine C imaju veliku zastupljenost u ukupnom broju artikala no vrlo malu vrijednost. Prilikom upravljanja ovim artiklima potrebno je odrediti veću razinu sigurnosne zalihe te minimizirati ukupan broj narudžbi. Važno je napomenuti kako proizvodi skupine C utječu na vrlo mali udio prihoda, svega oko 5%.[14]

Korisno je spomenuti kako je ABC analizu korisno raditi ne samo prema kriteriju vrijednosti ili prometa, nego i prema kriteriju vrijednosti ukupne marže ili profita. Tako važnost pojedinih artikala može biti praćena u odnosu na maržu koju oni stvaraju u toku nekog vremenskog perioda. Također, ovakvo praćenje može biti korisno kod postavljanja planova proizvodnje i određivanju asortimana s obzirom na profitabilnost poduzeća.[15]

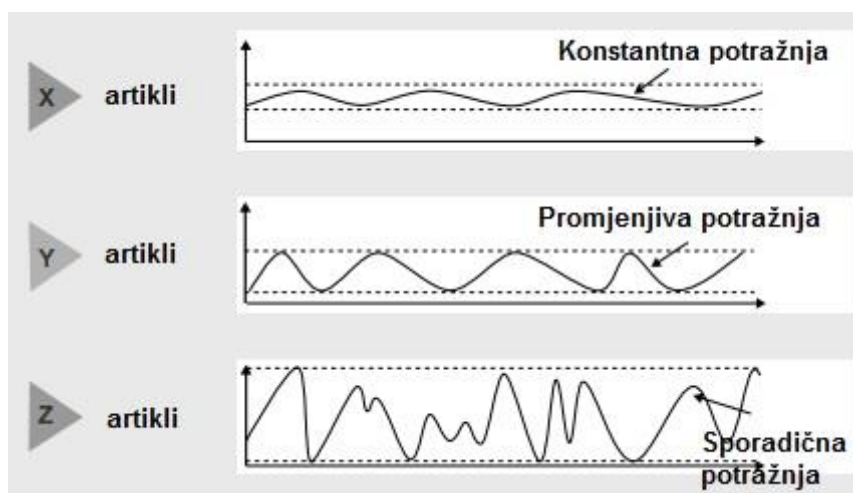
3.2 XYZ analiza

XYZ analiza je metoda koja obuhvaća drugu dimenziju klasificiranja zaliha za razliku od ABC analiza. Kod primjene XYZ analiza, kao rezultat dobivamo vrijednost i varijabilnosti potražnje pojedinih artikala. Prema [22] svrha primjene ove analize je uspostavljanje djelotvornog sustava nabavnog, prodajnog i skladišnog poslovanja radi smanjenja troškova zaliha, nabave i skladišta što je jedan od temeljnih ciljeva logistike. Kao što se da naslutiti, kao i kod ABC analize, XYZ analiza svrstava artikle u određene kategorije prema određenim kriterijima. Svrstava ih u:

- X artikli: artikli s konstantnom, nepromjenjivom potražnjom kroz period. Potražnja vrlo malo varira oko konstante razine te se za takve artikle potražnja može vrlo dobro prognozirati. Preferiraju se automatske narudžbe zbog smanjenja utroška vremena.
- Y artikli: potražnja za ovim artiklima nije niti konstantna niti sporadična. Kod ovakvih se materijala često prate trendovi potražnje te povećanje ili smanjenje potražnje uslijed sezonalnosti. Potražnja se prognozira teže nego u X artikala.

- Z artikli: potražnja za ovim materijalima nije učestala. Ona može snažno varirati ili biti sporadična te se kod ovakvih artikala treba uložiti najviše vremena i rada za točno prognoziranje potražnje.[15],[16]

Svrstavanje artikala u određene skupine radi se na osnovu zadanog parametra, a to je koeficijent varijacije. Koeficijent varijacije je relativna mjera disperzije distribucije vjerojatnosti. Odnos standardne devijacije i očekivane vrijednosti. Koeficijent varijacije pokazuje nam srednje odstupanje potražnje od srednje vrijednosti potražnje. Koeficijent varijacije kvocijent je standardne devijacije u odnosu na srednju vrijednost te je glavni pokazatelj odstupanja potražnje.[17] Grafički prikaz odstupanja u potražnji u odnosu na vrijeme za pojedinu skupinu artikala prikazan je na slici 7.



Slika 7. Odstupanja u potražnji po pojedinoj skupini ABC analize

Izvor: [17]

3.3 Primjena unakrsne ABC i XYZ analize

Primjenom unakrsne ABC i XYZ analize artikli na zalihama koji se analiziraju budu svrstavani u dvije kategorije. Jednu kategoriju definira ABC analiza te drugu kategoriju definira XYZ analiza. Kao što je u prethodnim poglavljima spomenuto, svaka od ove dvije analiza posjeduje određene parametre na osnovu kojih se zalihe kategoriziraju.

Unakrsnom analizom ovog tipa, dobiva se ukupno devet kategorija kojima se artikli na zalihama mogu kategorizirati te svaka od njih iskazuje određene zahtjeve prilikom upravljanja zalihama. Tablicom 2 prikazane su moguće kombinacije prilikom kategoriziranja primjenjujući unakrsnu analizu.

Tablica 2. Kategorije artikala primjenom unakrsne analize

	A	B	C
X	• visok udio u vrijednosti zaliha • konstantna potražnja • velika mogućnost prognoze	• srednji udio u vrijednosti zaliha • konstantna potražnja • velika mogućnost prognoze	• mali udio u vrijednosti zaliha • konstantna potražnja • velika mogućnost prognoze
Y	• visok udio u vrijednosti zaliha • povremena potražnja • srednja mogućnost prognoze	• srednji udio u vrijednosti zaliha • povremena potražnja • srednja mogućnost prognoze	• mali udio u vrijednosti zaliha • povremena potražnja • srednja mogućnost prognoze
Z	• visok udio u vrijednosti zaliha • varijabilna potražnja • mala mogućnost prognoze	• srednji udio u vrijednosti zaliha • varijabilna potražnja • mala mogućnost prognoze	• mali udio u vrijednosti zaliha • varijabilna potražnja • mala mogućnost prognoze

Kao praktičan primjer izrade i primjene unakrsne analize korišten je set podataka od 41 artikla na zalihama, s iskazanim rednim brojem, šifrom artikla, jediničnom cijenom te količinom prodanih jedinica kroz tri perioda označenih s P1, P2 i P3 za koje se radi unakrsna analiza. Početni podaci u tablici 3 obojani su plavom bojom.

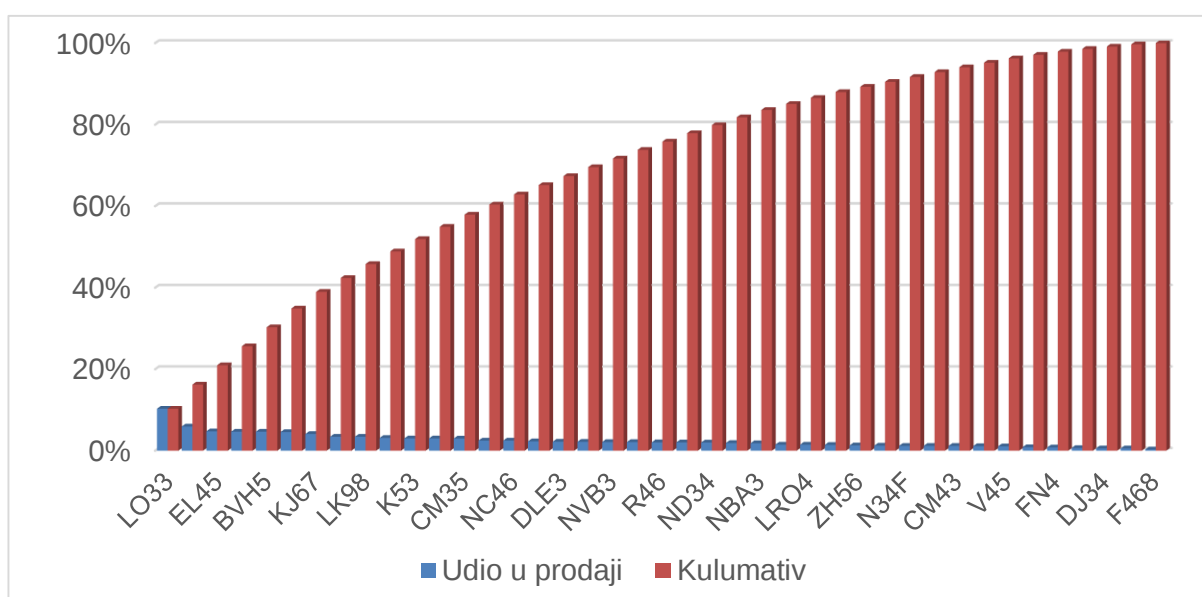
Tablica 3. Podaci za izradu unakrsne ABC i XYZ analize

Ulazni podaci						ABC analiza				XYZ analiza			
Rb.br.	Šifra	Jed. Cijena	P1	P2	P3	Prodaja	Udio u prodaji	Kulumativ	ABC	St. Dev.	Prosjek	CV	XYZ
8	LO33	1.964,90 kn	19	10	10	76.631,10 kn	10,291%	10,29%	A	4,2426	13,0000	0,3264	Z
9	BV88	2.008,50 kn	2	5	15	44.187,00 kn	5,934%	16,22%	A	5,5578	7,3333	0,7579	Z
16	EL45	1.176,60 kn	10	10	10	35.298,00 kn	4,740%	20,96%	A	0	10	0	X
2	KI44	3.476,40 kn	3	7	0	34.764,00 kn	4,668%	25,63%	A	2,8674	3,3333	0,8602	Z
14	BVH5	1.386,30 kn	15	5	5	34.657,50 kn	4,654%	30,29%	B	4,7140	8,3333	0,5657	Z
1	IK54	4.266,10 kn	4	2	2	34.128,80 kn	4,583%	34,87%	B	0,9428	2,6667	0,3536	Z
22	KJ67	953,50 kn	14	12	6	30.512,00 kn	4,097%	38,97%	B	3,3993	10,6667	0,3187	Z
15	VN43	1.271,00 kn	5	8	7	25.420,00 kn	3,414%	42,38%	B	1,2472	6,6667	0,1871	Y
4	LK98	2.537,30 kn	4	1	5	25.373,00 kn	3,407%	45,79%	B	1,6997	3,3333	0,5099	Z
13	LKH9	1.220,20 kn	5	4	10	23.183,80 kn	3,113%	48,90%	B	2,6247	6,3333	0,4144	Z
24	K53	897,00 kn	5	7	13	22.425,00 kn	3,011%	51,91%	B	3,3993	8,3333	0,4079	Z
29	DJ77	800,00 kn	4	13	11	22.400,00 kn	3,008%	54,92%	B	3,8586	9,3333	0,4134	Z
26	CM35	890,40 kn	10	5	10	22.260,00 kn	2,989%	57,91%	C	2,3570	8,3333	0,2828	Z
18	CXV3	1.086,00 kn	7	5	5	18.462,00 kn	2,479%	60,39%	C	0,9428	5,6667	0,1664	Y
3	NC46	2.636,40 kn	3	2	2	18.454,80 kn	2,478%	62,87%	C	0,4714	2,3333	0,2020	Y
10	NCH43	1.422,20 kn	5	4	3	17.066,40 kn	2,292%	65,16%	C	0,8165	4,0000	0,2041	Y
40	DLE3	547,90 kn	10	10	10	16.437,00 kn	2,207%	67,37%	C	0	10	0	X
31	DNM3	705,80 kn	9	4	10	16.233,40 kn	2,180%	69,55%	C	2,6247	7,6667	0,3423	Z
5	NVB3	1.761,30 kn	2	4	3	15.851,70 kn	2,129%	71,68%	C	0,8165	3,0000	0,2722	Z
34	C436	657,30 kn	6	5	13	15.775,20 kn	2,118%	73,79%	C	3,5590	8,0000	0,4449	Z
39	R46	663,80 kn	10	10	3	15.267,40 kn	2,050%	75,85%	C	3,2998	7,6667	0,4304	Z
19	G57Z	953,80 kn	6	2	8	15.260,80 kn	2,049%	77,89%	C	2,4944	5,3333	0,4677	Z
27	ND34	748,40 kn	6	6	8	14.968,00 kn	2,010%	79,90%	C	0,9428	6,6667	0,1414	Y
37	FJ33	582,60 kn	9	10	5	13.982,40 kn	1,878%	81,78%	C	2,1602	8,0000	0,2700	Z
11	NBA3	1.356,40 kn	4	4	2	13.564,00 kn	1,822%	83,60%	C	0,9428	3,3333	0,2828	Z
35	KF5	646,30 kn	6	7	4	10.987,10 kn	1,475%	85,08%	C	1,2472	5,6667	0,2201	Y
28	LRO4	731,40 kn	8	4	3	10.971,00 kn	1,473%	86,55%	C	2,1602	5,0000	0,4320	Z
23	ND34	817,20 kn	5	3	5	10.623,60 kn	1,427%	87,98%	C	0,9428	4,3333	0,2176	Y
41	ZH56	603,70 kn	7	5	4	9.659,20 kn	1,297%	89,28%	C	1,2472	5,3333	0,2339	Y
36	NFD2	608,70 kn	5	5	5	9.130,50 kn	1,226%	90,50%	C	0	5	0	X
30	N34F	683,70 kn	4	9	0	8.888,10 kn	1,194%	91,70%	C	3,6818	4,3333	0,8496	Z
7	NM34	1.108,30 kn	2	2	4	8.866,40 kn	1,191%	92,89%	C	0,9428	2,6667	0,3536	Z
17	CM43	973,10 kn	0	9	0	8.757,90 kn	1,176%	94,06%	C	4,2426	3,0000	1,4142	Z
20	V577	841,10 kn	2	1	7	8.411,00 kn	1,130%	95,19%	C	2,6247	3,3333	0,7874	Z
33	V45	607,10 kn	2	10	1	7.892,30 kn	1,060%	96,25%	C	4,0277	4,3333	0,9295	Z
12	AM5	921,80 kn	1	3	3	6.452,60 kn	0,867%	97,12%	C	0,9428	2,3333	0,4041	Z
38	FN4	533,70 kn	4	3	4	5.870,70 kn	0,788%	97,91%	C	0,4714	3,6667	0,1286	X
21	LW22	694,70 kn	0	0	7	4.862,90 kn	0,653%	98,56%	C	3,2998	2,3333	1,4142	Z
6	DJ34	1.064,10 kn	0	4	0	4.256,40 kn	0,572%	99,13%	C	1,8856	1,3333	1,4142	Z
25	F467	696,40 kn	2	0	4	4.178,40 kn	0,561%	99,69%	C	1,6330	2,0000	0,8165	Z
32	F468	285,90 kn	2	2	4	2.287,20 kn	0,307%	100,00%	C	0,9428	2,6667	0,3536	Z

Podaci potrebni za izradu ABC analize su jedinična cijena artikla te ukupan broj prodanih jedinica u razdoblju za koji se analiza radi. Zbrojem prodanih jedinica kroz tri perioda te umnoškom s jediničnom cijenom dobiva se ukupna prodaja po određenom

artiklu kao što je vidljivo u prvom žutom polju označenom „Prodaja“. Nakon izračunate ukupne prodaje za svaki artikl zbrajaju se dobiveni podaci te se dobiva ukupna prodaja svih artikala za određeni period. Upravo taj podatak služi za mogućnost daljnjeg izračuna s obzirom da se kvocijentom prodaje po artiklu i ukupne prodaje dobiva udio u prodaji koji se najčešće izražava postotno kao što je vidljivo u tablici 3 u stupcu „Udio u prodaji“. Sortiranjem artikala u padajućem nizu od najvećeg prema najmanjem s obzirom na udio u prodaji dobiva se niz na osnovu kojeg se izračunava kumulativ. U tablici 3 je vidljivo kako artikl s rednim brojem osam, šifre LO33 ostvaruje udio u prodaji od 10,291% te je smješten na prvo mjesto. Postotak udjela u prodaji ujedno je i kumulativ s obzirom da se artikl nalazi na prvom mjestu po udjelu u prodaji.

Za njim slijedi artikl s rednim brojem 9, šifre BV88 koji ostvaruje udio u prodaji 5,934%. Kumulativ u ovom slučaju iznosi 16,22% s obzirom da se postotak udjela u prodaji ovog artikla zbraja s udjelom prethodnog artikla i tako do zadnjeg artikla. Grafikon 2 prikazuje utjecaj udjela u prodaji na kretanje kumulativa kroz zalihe artikala.



Grafikon 2. Odnos kumulativa i udjela u prodaji na bazi analiziranih artikala prikazanih u tablici 3.

S obzirom da je u ovom slučaju omjer za kategoriziranje artikala u ABC analizi uzet 10:20:70 prema A:B:C, prva četiri artikla smještaju se u A kategoriju s obzirom da čine 10% od ukupnog broja artikala u setu. Sljedećih osam artikala čini 20% od ukupnog broja artikala u setu te pripada kategoriji B. Ostatak od 29 artikala smješta se u kategoriju C jer ostvaruju najmanji udio u prodaji.

Prilikom izrade XYZ analize potrebni su podaci o prodaji u pojedinom periodu koji su u tablici 3 prikazani u stupcu P1,P2 i P3 označeni plavnom bojom. Kao početni korak izrade XYZ analize izračunava se standardna devijacija za svaki od određenih artikala. Vrijednost standardne devijacije za pojedini artikl prikazana je u stupcu „St. Dev.“ obojano zelenom bojom. Slijedeći korak je izračun prosjeka prodanih artikala kroz periode za koje se izrađuje XYZ analiza te je iskazan u stupcu „Prosjek“. Najvažniji podatak na osnovu kojeg se artikli kategoriziraju je koeficijent varijacije koji se dobiva kvocijentom standardne devijacije i prosjeka količine prodanih artikala. Koeficijent varijacije u tablici 3 iskazan je u stupcu „Cv“ te kategorizacija za pojedini artikl seta u stupcu „XYZ“. Omjer X:Y:Z za kategorizaciju artikala je 10:20:70. U tablici 4 prikazana je kategorizacija artikala s obzirom na dobivene rezultate unakrsne ABC i XYZ analize.

Primjenom unakrsne ABC i XYZ analize tvrtka može postaviti prioritetne artikle na zalihama s obzirom na izabranu kategorizaciju. Odnosno, može odrediti koji će artikli zahtijevati više vremena pri planiranju zaliha u odnosu na one kod kojih će se narudžbe vršiti automatski te time smanjiti troškove i olakšati proces poslovanja.

Tablica 4. Kategorizacija artikala s obzirom na dobivene rezultate analize

Rb.broj	Šifra artikla	ABC	XYZ	Rb.broj	Šifra artikla	ABC	XYZ
8	LO33	A	Z	19	G57Z	C	Z
9	BV88	A	Z	27	ND34	C	Y
16	EL45	A	X	37	FJ33	C	Z
2	KI44	A	Z	11	NBA3	C	Z
14	BVH5	B	Z	35	KF5	C	Y
1	IK54	B	Z	28	LRO4	C	Z
22	KJ67	B	Z	23	ND34	C	Y
15	VN43	B	Y	41	ZH56	C	Y
4	LK98	B	Z	36	NFD2	C	X
13	LKH9	B	Z	30	N34F	C	Z
24	K53	B	Z	7	NM34	C	Z
29	DJ77	B	Z	17	CM43	C	Z
26	CM35	C	Z	20	V577	C	Z
18	CXV3	C	Y	33	V45	C	Z
3	NC46	C	Y	12	AM5	C	Z
10	NCH43	C	Y	38	FN4	C	X
40	DLE3	C	X	21	LW22	C	Z
31	DNM3	C	Z	6	DJ34	C	Z
5	NVB3	C	Z	25	F467	C	Z
34	C436	C	Z	32	F467	C	Z
39	R46	C	Z				

4. OSVRT NA JUST-IN-TIME MODEL

Just-In-Time (JIT) model proizvodnje je japanska upravljačka filozofija s primjenom u proizvodnji koja uključuje posjedovanje određenih sirovina, poluproizvoda ili proizvoda, odgovarajuće kvalitete i kvantitete na pravom mjestu u pravo vrijeme. Ispravno korištenje JIT modela proizvodnje donosi brojne rezultate u povećanju kvalitete, produktivnosti i efikasnosti, poboljšane razmjene informacija te smanjenju troškova i otpada.

JIT se počeo primjenjivati rane 1970. godine u mnogim Japanskim tvrtkama no izvorno je razvijen u proizvodnom pogonu Toyote u svrhu zadovoljenja potreba potrošača sa što manjim kašnjenjem. Toyotin istražni tim shvatio je kako će JIT sustav biti uspješan samo ukoliko svaki uključeni subjekt budi uključen u organizaciju i predan njoj, ukoliko procesi i pogoni budu postavljeni za maksimalnu snagu i učinkovitost te ukoliko će kvaliteta i proizvodni program zadovoljavati iskazane potrebe.[18]

JIT je u početku služio kao metoda smanjenja količina zaliha u japanskim brodogradilištima dok je danas evoluirao u filozofiju upravljanja koja se bazira na znanju te obuhvaća široku paletu proizvodnih principa i tehnika. Kod pravilne implementacije, JIT sustav ima mogućnost jačanja konkurentnosti organizacije na tržištu značajno smanjujući otpad te povećavajući kvalitetu proizvoda i učinkovitost proizvodnje.[19]

JIT sustav upravljanja ima visok stupanj kulturoloških aspekata ugrađenih u njegov razvoj te stoga neki smatraju kako on nije primjenjiv nigdje u toliko dobroj mjeri kao u Japanu a razlozi zašto je JIT sustav toliko učinkovit navedeni su u nastavku:

- JIT sustav upravljanja omogućava organizaciji zadovoljavanje potreba potrošača neovisno o razini potrebe što je omogućeno korištenjem „pull“ sustava proizvodnje.
- Vrijeme između dolaska materijala, obrade i sklapanja gotovog proizvoda minimizirano je korištenjem JIT sustava. Ono se očituje kao rezultat japanske kulture s naglaskom na brzinu i efikasnost kao posljedicu prenapučenosti u japanskim gradovima.

- JIT omogućava smanjenje sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda što uvelike optimizira količinu zaliha u opskrbnom lancu. Ono oslobađa veće količine prostora i vremena između operacija unutar postrojenja.
- JIT tehnika proizvodnje koristi kontejnere za skladištenje dijelova. Na taj se način omogućuje lako identificiranje i praćenje razine zaliha u proizvodnji.
- JIT sustav proizvodnje zahtjeva čista i uredna proizvodna postrojenja, odnosno, ne smije postojati otpad koji bi mogao negativno utjecati na proces proizvodnje.
- JIT uključuje korištenje vizualnih signala koji označavaju status pojedinih procesa i radnji.

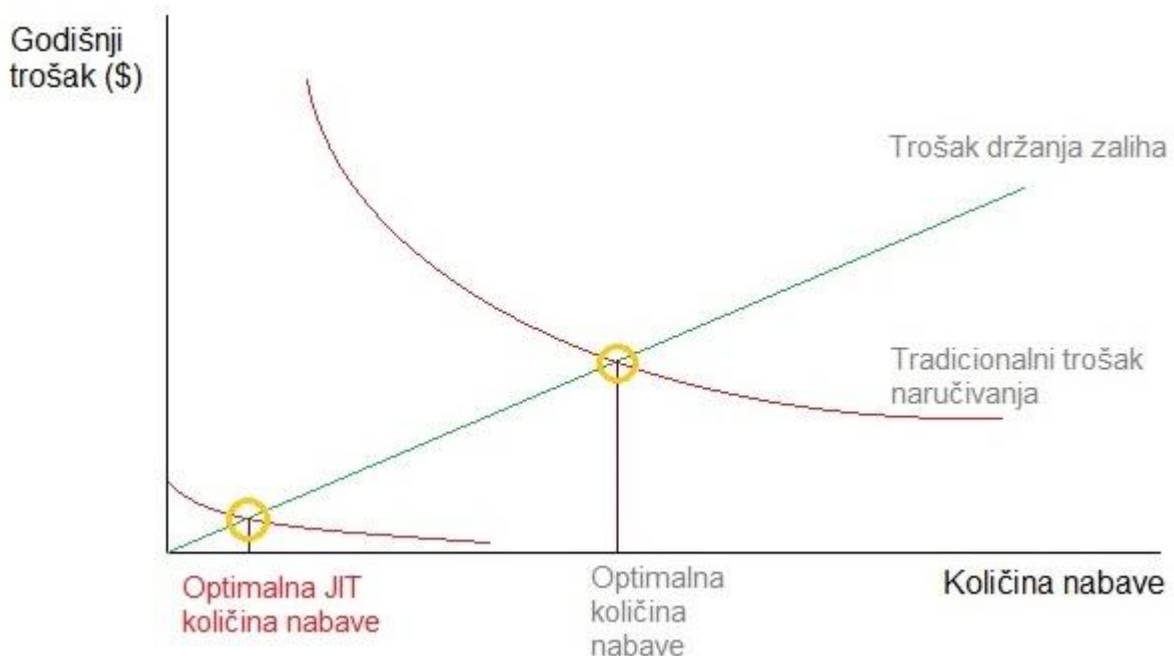
4.1 Kontrola zaliha korištenjem Just-in-Time sustava

Kontrola zaliha korištenjem JIT sustava smanjuje količinu zaliha koju tvrtka održava. Koncept je baziran na optimizaciji proizvodnih procesa odnosno „lean“ proizvodnji koja je načinjena na način da proizvode točno onoliko proizvoda koliko je potrebno, odnosno onoliko koliko potrošač, kupac, odnosno tržište zahtjeva. Lean je riječ koja u doslovnom prijevodu znači tanko ili vitko a u ovom slučaju znači racionalno, što implicira upravo na prethodno spomenutu činjenicu, nema proizvodnje koja bi stvarala nepotreban višak i činila zalihe. Cilj je postizanje stanja u kojem se svi resursi koriste isključivo za dodavanje vrijednosti proizvodu, a sve ostale aktivnosti koje predstavljaju gubitke su eliminirane. Na taj način skraćuje se vrijeme od narudžbe proizvoda ili usluge do krajnje isporuke, a time se ujedno i optimiziraju zalihe u čitavom opskrbnom lancu.[18],[20]

JIT kontrola zaliha uključuje implementaciju sljedećih koncepata [20]:

- *Pull* koncept: svaki je korak u proizvodnom procesu aktiviran obavješću ili kanbanom sljedeće radne stanice koja potražuje određenu količinu sirovina, komponenata ili poluproizvoda. Ukoliko sljedeća radna stanica u proizvodnom postrojenju ne daje signal, odnosno kanban, tada će prethodna radna stanica biti u stanju mirovanja sve dok ne dobije obavijest. Korištenjem ovog načina proizvodnje, uvelike se smanjuje količina poluproizvoda na zalihama.
- Količina proizvoda: kada god je moguće, JIT zagovara vrlo malu količinu proizvoda, po mogućnosti samo jednu jedinicu što znači da se zalihe kreću kroz proizvodni proces u vrlo malim serijama.
- Priprema proizvodnog postrojenja: s obzirom da JIT zagovara proizvodnju male serije proizvoda, gotovo je nemoguće istodobno izvesti oba zahtjeva, malu seriju proizvodnje ukoliko je potrebno duže vrijeme pripreme proizvodnog postrojenja. Korištenjem određenih koncepata i modela moguće je skratiti vrijeme pripreme proizvodnog postrojenja te postaviti stroj za proizvodnju nove serije proizvoda i na taj način optimizirati količinu zaliha.
- Kretanje zaliha: prilikom primjene JIT sustava te zagovaranja vrlo male količine zaliha u sustavu primjenjuje se transport trakama s jedne na drugu radnu stanicu. Time se smanjuje i gotovo eliminira rukovanje robom od strane zaposlenog osoblja te ujedno time i troškovi zaposlenika. Nastoji se radne proizvodne stanice prostorno približiti što je više moguće radi smanjenja vremena transporta od jedne do druge stanice a time i smanjiti količinu poluproizvoda u sustavu.
- JIT dostave: navedeni sustav zahtjeva kvalitetne dobavljače prilikom kojih se organizacija tvrtke može osloniti na točnost, preciznost, pouzdanost i brzinu dobavljača kako ne bi držala nepotrebne količine zaliha već zahtijevala više narudžbi vrlo malih količina, ponekada i točno u onom trenutku kada proizvodni proces to zahtjeva. Ovim se načinom može gotovo eliminirati

držanje sirovina na zalihama [22],[23]. Prikaz smanjenja troškova držanja zaliha s obzirom na količinu nabave prikaza je slikom 8.



Slika 8. Odnos troškova držanja zaliha i količine nabave

Izvor: [22]

4.2 Prednosti i nedostaci korištenja Just-in-Time sustava

Just-in-Time sustav upravljanja zalihama bazira se na držanju minimalnih količina zaliha te proizvodnje isključivo kada dođe do potražnje. Kao rezultat dovodi do smanjenja količina zaliha a ujedno i smanjenja troškova. Unatoč tome, potrebna je velika koordinacija i usklađenost svih subjekata unutar takvog sustava. Primjenom ovog sustava uvelike se smanjuje potreba za držanjem velikih količina zaliha sirovina, zaliha između pojedinih proizvodnih operacija dok gotovih proizvoda na zalihama uopće ne bi smjelo biti. Prednosti, nedostaci te ciljevi kod primjene JIT sustava biti će navedeni u nastavku.[23]

Primjena JIT sustava dovodi do mnogih prednosti u odnosu na tradicionalne metode upravljanja zalihama. JIT sustav smanjuje količinu zaliha u pojedinim proizvodnim procesima što dovodi do manjih troškova prilikom upravljanja i držanja

zaliha te bitno dovodi do smanjenja cjelokupne količine zaliha. U japanskim se tvrtkama osobito koristi JIT sustav te se pokazalo kako tvrtke koje ga koriste ostvaruju godišnji obrtaj zaliha mnogo veći od organizacija koje ne primjenjuju navedeni. Primjerice, Toyota je izvijestila kako je ostvareni obrtaj zaliha od 41 do 63 dok su srodne automobilske tvrtke u Sjedinjenim Američkim Državama ostvarile obrtaj zaliha od pet do osam.

Prednosti koje se ostvaruju korištenjem JIT sustava su kraće vrijeme isporuke što utječe na smanjenje razine sigurnosne zalihe. Skraćena vremena isporuke te vremena pripreme proizvodnog pogona koje direktno utječu na fleksibilnost poslovanja. Povećanje kvalitete poslovanja također se može postići primjenom ovog sustava na način što se prilikom malih količina proizvodnje vrlo lako može uočiti u kojem procesu nastaje narušavanje kvalitete te ga se vrlo brzo može otkloniti. Ostale prednosti koje je potrebno spomenuti]:

- smanjena ulaganja u proizvodne i skladišne prostore;
- manji rizik od zastarijevanja proizvoda;
- smanjenje škarta i prerade;
- smanjenje papirologije i administracije;
- smanjenje troškova materijala kroz količinu naručivanja.[24]

S obzirom na sve spomenute prednosti primjene JIT sustava, ipak postoje nedostaci te ograničenja pri uvođenju i primjeni istog. Budući da je JIT razvijen u Japanu, u sebi ima ugrađene korijene japanskog mentaliteta te nije primjenjiv svugdje u svijetu. Isto tako, razvoj JIT sustava zahtjeva prilično visoka ulaganja koja svim tvrtkama nisu isplativa s obzirom na obujam poslovanja.

Osim spomenutog, postoji nekolicina nedostataka prijeme JIT sustava [18]:

- u slučaju zakašnjele isporuke robe od strane dobavljača, postoji velika opasnost od zaustavljanja proizvodnog procesa;
- elementarne nepogode mogu utjecati na tok roba od dobavljača prema potrošaču što može odmah zaustaviti proizvodnju;
- potrebno investiranje u razvitak i implementaciju informacijskih sustava i tehnologija između svih sudionika procesa radi lakše i točnije koordinacije dostave dijelova i materijala;

- nemogućnost pravovremenog ispunjenja zahtjeva potrošača u slučaju masivne i neočekivane potražnje zbog vrlo male količine zaliha ili bez zaliha gotovih proizvoda.
- JIT sustav proizvodnje bazira se na nultoj toleranciji grešaka prilikom proizvodnje te svaka greška predstavlja dodatni trošak;
- JIT sustav proizvodnje zahtjeva vrlo česte dostave materijala i dijelova potrebnih za proizvodnju te time povećava transportne radnje, odnosno direktno utječe na povećanu potrošnju energenata.[25]

Kako je JIT sustav proizvodnje vrlo kompleksan i zahtjeva veliku usklađenost i koordinaciju svih subjekata koji sudjeluju, potrebno je prikazati određene mjere prilikom razvoja i implementacije ovog sustava. Budući da se JIT sustav bazira na više-procesnim radnjama (*multi-process operations*) sve je subjekte uključene u proces proizvodnje potrebno educirati kako bi mogli pravovremeno i bez grešaka sudjelovati u svim proizvodnim poslovima. U nastavku će biti navedene mjere koje je potrebno poduzeti kako bi proizvodni proces tekao što točnije i sa što manje faktora koji bi mogli dovesti do narušavanja kvalitete i kvantitete proizvodnje.

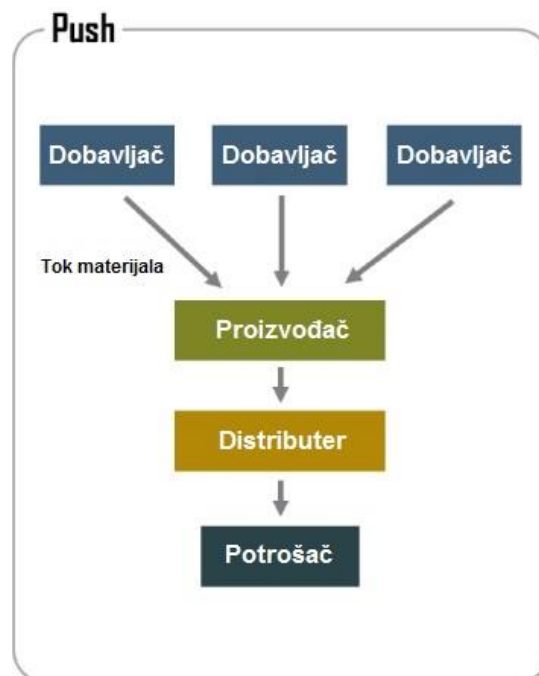
- Proizvodne procese potrebno pojednostavniti u što je moguće većoj mjeri kako bi se jednostavno i brzo mogli naučiti te jednostavno primjenjivati.
- Voditelji i nadređeni za određeni proizvodni proces dužni su pružati pravovremeno pravovaljane informacija i upute potrebne za rad.
- Prilikom educiranja novih zaposlenika potrebno je vrlo detaljno objasniti sve operacije u kojima će sudjelovati. Time će novi zaposlenici dobiti sve potrebne informacije za ispravno izvršavanje zadanih zadataka.
- Implementirati više-fazne proizvodne operacije kroz cijeli proizvodni proces kako bi svi zaposlenici poznavali sve procese koji se izvode tijekom proizvodnje.
- Budući da je ponekad potrebno promijeniti i servisirati proizvodnu opremu i strojeve, to se mora učiniti brzo i efikasno kako bi se proizvodni proces što prije nastavio. Također, potrebno je stalno unaprjeđivati opremu i strojeve koji služe u proizvodnji kako bi ona bila što efikasnija i kvalitetnija.
- Osigurati apsolutnu sigurnost prilikom rada potrebno je iz razloga što radnici obavljaju razne proizvodne operacije dok koje neke od njih mogu biti štetne i

opasne po zdravlje samih radnika ali i okoline. Stoga je važno educirati osoblje o mjerama koje je potrebno poduzeti kako ne bi došlo do grešaka koje mogu predstavljati vrlo veliku opasnost.[26]

4.3 Usporedba tradicionalnog i Just-in-Time sustava

Glavna razlika između tradicionalnog i JIT pristupa odnosno strategije je to što tradicionalni pristup zagovara *push* strategiju dok JIT pristup zagovara *pull* metodu. Što u ovom slučaju znači *pull* a što *push* strategija biti će objašnjeno u nastavku.

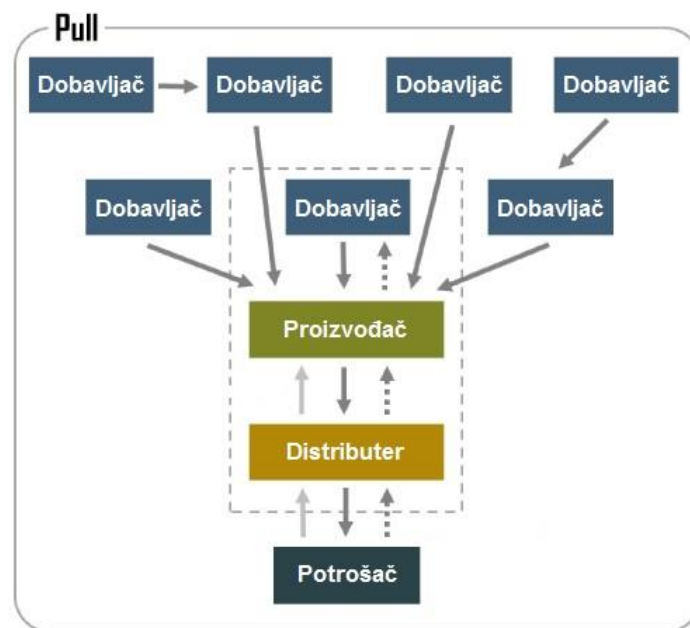
Push strategija koristi se kod tradicionalnog sustava upravljanja zalihama i proizvodnje te se njome predviđa potražnja za pojedinim proizvodom i na osnovu nje nabavlja ili proizvodi određena količina proizvoda koji bi zadovoljili zahtjeve potražnje. Korištenjem ove strategije, proizvod se „gura“ na tržište kako bi ono moglo zadovoljiti potrebe krajnjih korisnika odnosno potrošača. Shematski prikaz *push* strategije prikazan je slikom 9.



Slika 9. Push strategija

Izvor: [27]

Pull strategija koristi se unutar JIT sustava upravljanja zalihama. Kod ove strategije cijeli proces pokreće krajnji potrošač, odnosno kupac koji naručuje određeni proizvod. Prilikom korištenja *pull* strategije, proizvođač, distributer ili prodavač će na raspolaganje staviti samo onu količinu proizvoda koliko je kupac naručio kako bi zadovoljio njegove potrebe. Cilj ove strategije je držati minimalne količine zaliha, odnosno ni više ni manje nego što potražnja zahtjeva što je ujedno i glavna strategija Just-in-Time sustava upravljanja zalihama. Shematski prikaz *pull* strategije prikazan je slikom 10.



Slika 10. Pull strategija

Izvor: [27]

S obzirom na prethodno objašnjene pojmove *push* i *pull* strategija u nastavku će biti navedene i objašnjene glavne razlike između njih.

- Smanjenje zaliha: iako obje strategija te načini poslovanja teže smanjenju zaliha, glavni je cilj JIT sustava smanjiti zalihe na neznatne količine ili na nulu. Kod tradicionalnog upravljanja zalihama one se gomilaju svaki put kada proizvodnja premaši potražnju te se time stvaraju dodatni troškovi kao što su troškovi manipulacija, skladištenja, itd.
- Organizacija proizvodnje: kod tradicionalnog sustava upravljanja proizvodnjom proizvodnja određenog proizvoda kreće se od jednog

proizvodnog stroja ka drugom te su radnici obučeni raditi isključivo na jednom od strojeva. JIT nastoji eliminirati takav način te uvrstiti proizvodne stanice koje su multifunkcionalne te radnici obavljaju više poslova u procesu proizvodnje. Na taj se način smanjuje količina zaliha između pojedinih operacija (*Work-in-process* – WIP) odnosno proizvoda koji čekaju na ulazak u slijedeći dio proizvodnog procesa. U tablici 5 prikazana je usporedba tradicionalne proizvodnje i JIT proizvodnje. Simboli X,Y i Z predstavljaju strojeve dok simboli P1 i P2 predstavljaju proizvode.

Tablica 5. Usporedba procesa tradicionalne i JIT proizvodnje

Tradicionalna proizvodnja					
Odjel A		Odjel B		Odjel C	
<P1>	X X	<P1>	Y Y	<P1>	Z Z
<P2>		<P2>		<P2>	
Just-in-Time proizvodnja					
Proizvod 1 (P1) Proizvodna stanica 1			Proizvod 2 (P2) Proizvodna stanica 2		
Y			Y		
<P1>	X	Z	<P2>	X	Z

Izvor: [18]

- Potpuna kontrola kvalitete jedna je od uvjeta za implementaciju i provođenje JIT proizvodnje (*Total Quality Control* – TQC). S obzirom da je jedna od odlika JIT sustava besprijekorna kvaliteta i točnost on ne može funkcionirati bez TQC. S druge strane, tradicionalni način proizvodnje zagovara razinu prihvatljive kvalitete (*Acceptable Quality Level* – AQL). AQL dopušta da se nedostatci javljaju pod uvjetom da su u unaprijed određenoj razini proizvodnje.
- Decentralizacija proizvodnje koristi se kod JIT sustava upravo zbog toga što su određene sirovine, dijelovi ili proizvodi potrebni u vrlo kratkom roku te se zato proizvodni pogoni i skladišta smještaju što je bliže moguće potrebnim izvorima odnosno odredištima. Kod tradicionalnog sustava pokušava se centralizirati proizvodnja zbog lakšeg rukovanja i kontrole te smanjenja troškova skladištenja što kod JIT sustava nije potrebno zbog potpuno

optimiziranog opskrbnog lanca. U tablici 6 prikazane su razlike između tradicionalne i JIT proizvodnje.[18]

Tablica 6. Razlike između JIT i tradicionalne proizvodnje

Just-in-Time	Tradicionalno
<i>Pull</i> sustav	<i>Push</i> sustav
Zanemariva ili nulta količina zaliha	Značajna količina zaliha
Proizvodne stanice	Procesna struktura
Multifunkcionalni rad	Specijalizirana struktura rada
Potpuna kontrola kvalitete (TQC)	Razina prihvatljive kvalitete (AQL)
Decentralizirana proizvodnje	Centralizirana proizvodnja
Kompleksan evidencija troškova	Jednostavna evidencija troškova

Izvor: [18]

5. MULTI-ECHELON OPTIMIZACIJA

Glavno pitanje koje se postavlja pri upravljanju zalihama unutar opskrbnog lanca je kako koordinirati logističke aktivnosti i količinu zaliha a da pritom razinu usluge bude zadovoljena. Prilikom upravljanja zalihama u samo jednoj razini (*single echelon*) opskrbnog lanca, ono je relativno dobro i prilično jednostavno izvedivo primjenom određenih metoda koje će dati optimalno rješenje za tu razinu kojom se upravlja. No, prilikom upravljanja zalihama u više razina ili stupnjeva (*multi echelon*) opskrbnog lanca pravi je i vrlo kompleksan zadatak koordinirati svim radnjama koje će dovesti do ispravnog i odgovarajućeg upravljanja zalihama duž cijelog opskrbnog lanca. Optimizirati zalihe žele sve tvrtke, od najjednostavnijih maloprodajnih trgovina do velikih korporacija koje se bave proizvodnjom, distribucijom i prodajom širom svijeta što upućuje na to kako će velike organizacije trebati uložiti više rada, truda i više investicija kako bi to ostvarile.

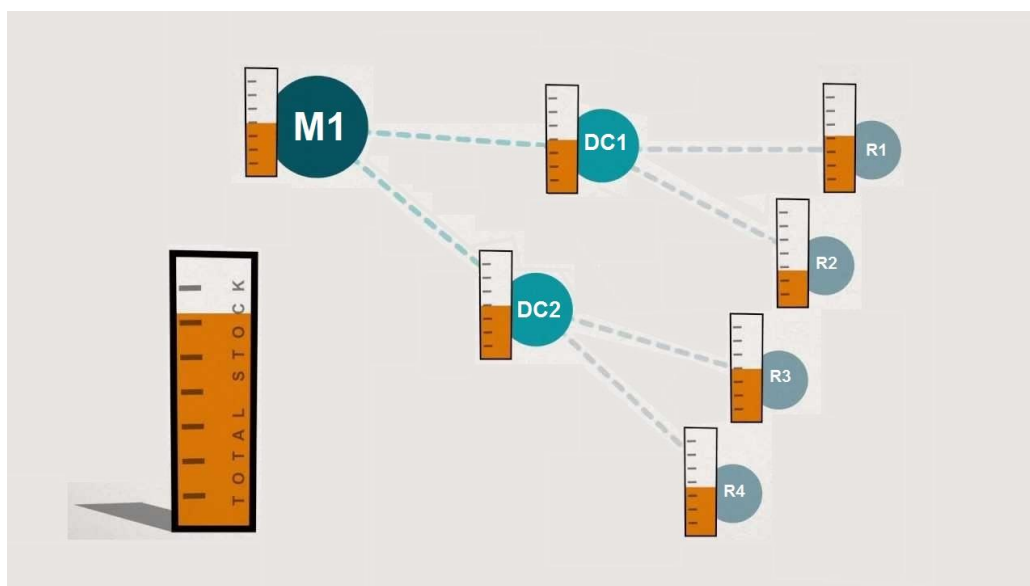
S obzirom da se ovo poglavlje bavi multi-echelon optimizacijom, odnosno optimizacijom zaliha u više razina odnosno stupnjeva opskrbnog lanca, potrebno je definirati što je ona uopće. Multi-echelon optimizacija zaliha (*Multi-echelon Inventory Optimization* – MEIO) zauzima cjeloviti pogled na opskrbni lanac i pruža najbolji mogući kompromis između razine usluge i količine zaliha za svaku jedinicu na zalihama, na svakoj lokaciji unutar opskrbnog lanca, od sirovina do krajnjeg potrošača. Drugim riječima, MEIO optimizira zalihe duž cijelog opskrbnog lanca ili od jednog kraja opskrbnog lanca do drugog kraja opskrbnog lanca (*end to end optimization*).[28]

MEIO optimizaciju koriste velike globalne tvrtke kojima su potrebne ili posjeduju više tisuća vrsta sirovina za proizvodnju, poluproizvoda ili gotovih proizvoda koja se prodaju ili nabavljaju širom svijeta. Cilj im je smanjiti nepotrebne troškove držanja zaliha na različitim lokacijama i u različitim razinama opskrbnog lanca kao što su proizvodne, distributivne i prodajne lokacije. Upravo zato primjena ove vrste optimizacije daje optimalna rješenja kojima se ovisno o vrsti djelatnosti, ostvaruju uštede u troškovima držanja zaliha od 20% do 35%. Poznatije svjetske kompanije koje koriste ovu vrstu optimizacije su Dell, PepsiCo i Hewlett-Packard.

5.1 Upravljanje zalihama u multi-echelon mrežama

Upravljanje zalihama kod ovakvih vrsta optimizacija, odnosno opskrbnih lanaca takve strukture vrlo je kompleksno i zahtjevno. Sama kompleksnost se izrazito povećava uvođenjem novih lokacija na kojima se smještaju zalihe te također povećanjem asortimana koji se drži na zalihama. Osim nadopunjavanja zaliha na skladištima ili distribucijskim centrima koji se nalaze između dobavljača i potrošača kao što je slučaj u mrežama u jednoj razini (*single-echelon*), u ovom slučaju potrebno je i odgovarajuće nadopunjavanje zaliha drugih distribucijskih centara koje se nalaze u opskrbnom lancu, na višoj ili nižoj razini.[29]

Slika 11 prikazuje strukturu multi-echelon mreže. Iz nje se vidi kako u ovom slučaju postoji jedan proizvodni pogon označen s M1, dva distribucijska centra označena s DC1 i DC2 te četiri prodajna mjesta označena s R i brojevima od jedan do četiri. Kod multi-echelon upravljanja zalihama, promjena količina zaliha na jednoj lokaciji unutar opskrbnog lanca utječe na promjene količina zaliha svih lokacija u opskrbnom lancu. Kao što je vidljivo na slici, promjena količine zaliha na prodajnim mjestima R1 i R2 direktno će utjecati na zalihe u distribucijskom centru DC1 a ono će utjecati na promjenu zaliha u proizvodnom pogonu i obratno.



Slika 11. Struktura multi-echelon mreže

Izvor: [30]

Odluku hoće li veću količinu zaliha držati na početku opskrbnog lanca, na kraju opskrbnog lanca ili u svim dijelovima opskrbnog lanca jednako, organizacija će donijeti sagledavanjem i uspoređivanjem više faktora od kojih su [31]:

- trošak držanja zaliha;
- trošak skladištenja;
- trošak manipulacija;
- trošak transporta;
- udaljenost od ili do tvornice odnosno prodajnog mjesta;
- trošak osiguranja;
- trošak poreza.

S obzirom da su prethodno nabrojani samo neki od faktora koji utječu na izbor lokacije i strategije smještaja zaliha u opskrbnom lancu, koristi se napredni informatički sustavi koji omogućavaju brzo i efikasno dobivanje optimalnih rezultata koji će se primijeniti u stvarnosti. Dakako, kod ovakvih se problema koriste i simulacijski modeli kojima se pokušava računalno simulirati model opskrbnog lanca kako bi se upravljanje moglo što bolje prilagoditi.

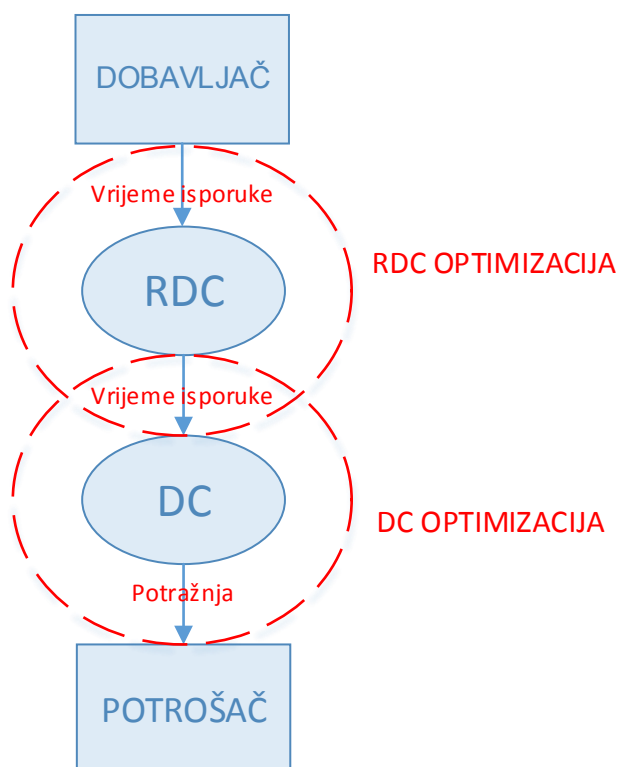
5.1.1 Sekvencijalni pristup optimizaciji

Primjenom metode sekvencijalnog pristupa optimizacije u multi-echelon okruženju, ne čini se ništa drugo već primjenjuje način optimiziranja zaliha kao u single-echelon okruženju. Kod ovakvog pristupa, svaka se lokacija na kojoj se nalaze zalihe optimizira odvojeno, odnosno slijedno jedna za drugom. U slučaju postojanja dva distribucijska centra u mreži, od kojih se jedan u hijerarhiji nalazi za stupanj iznad drugog, tada će se optimizacija primijeniti dva puta, odnosno na svaki distribucijski centar odvojeno, i tako slijedno, ovisno o broju elemenata u opskrbnom lancu.

Za primjer se može sagledati opskrbni lanac s četiri elementa. Prvi u opskrbnom lancu je dobavljač, nakon toga regionalni distribucijski centar (RDC), distribucijski centar (DC) te potrošač. Bitno je napomenuti kako se tok roba kreće od dobavljača prema potrošaču te mora proći kroz sve elemente opskrbnog lanca.

Optimizacija zaliha, odnosno nadopunjavanje zaliha u distribucijskom centru vršiti će se na osnovu potražnje od strane potrošača. Potrošač svojim zahtjevima

pokreće promjene zaliha u distribucijskom centru. Prilikom nadopunjavanja zaliha regionalnog distribucijskog centra stvar se mijenja. Naime, za odluku u upravljanju zalihama unutar regionalnog centra mogu se koristiti povijesni podaci o promjenama zaliha ili se može napraviti premosnica prema zahtjevima potrošača. Premosnica u ovom slučaju znači kako bi se upravljalo zalihama na način kao i kod distribucijskog centra, odnosno na osnovu potražnje kupaca. Konkretno slučaj bi bio ovakav: prilikom zahtjeva kupca za određenom robom, iz distribucijskog centra kupcu bi se isporučila roba te bi se razina zaliha smanjila za određenu količinu. Regionalni centar bi dobio informaciju o potražnji kupca no u tom trenutku ne bi imao informaciju kolika je količina zaliha u distribucijskom centru. S obzirom na tu činjenicu, regionalni centar bi mogao bespotrebno gomilati zalihe i time stvarati nepotrebne troškove iako postoji mogućnost da u distribucijskom centru ima dovoljno zaliha koje bi zadovoljile zahtjeve sljedeće potražnje. Slika 12 prikazuje način optimizacije sekvencijalnim pristupom na kojem se vidi kako se optimizacija vrši zasebno za svaki od dva elementa u opskrbnom lancu.



Slika 12. Optimizacija sekvencijalnim pristupom

Izvor: [29]

Korištenje ovog pristupa ima svoje nedostatke te može stvoriti određene probleme prilikom optimizacije opskrbnog lanca.

- Nedostatak vidljivosti u lancu potražnje prema „gore“. Kada DC nadopuni svoje zalihe, RDC nema obavijesti o tom događaju. Također, kada DC nadopuni svoje zalihe, smatra kako je i RDC nadopunio svoje zalihe svaki puta iako nije uvijek slučaj. DC nema vidljivost u količinu zaliha RDC-a te zanemaruje sva vremena isporuke u opskrbnom lancu osim vremena isporuke od RDC-a prema DC-u.
- Nedostatak vidljivost u lancu potražnje prema „dolje“. Kada RDC nadopuni svoje zalihe, DC nema informacije te ne zna je li i kojom količinom nadopunio svoje zalihe. RDC nema vidljivost u stanje i količinu zaliha koje posjeduje DC.
- Stvaranje efekta biča (*bullwhip effect*). Iz razloga što RDC i DC odvojeno razvijaju prognoze potražnje bazirane isključivo na potražnjama prethodnog elementa, efekt biča uzrokuje povećane varijacije u potražnji između RDC-a i DC-a. Ono rezultira nepotrebnim povećanjem zaliha u pojedinim elementima opskrbnog lanca.
- Ukupne troškove u opskrbnom lancu nije moguće točno procijeniti. U trenutku kada se u jednom od elemenata promijeni strategija upravljanja zalihama, utjecaj nove strategije na troškove u drugim razinama ne uzima se u obzir već se prati isključivo kretanje troškova u razini u kojoj je izvršena promjena.[29]

5.1.2 Planiranje i kontrola zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije

Modeli planiranja za potrebe distribucije (*Distribution resource planning – DRP*) predstavljaju široko prihvaćenu i potencijalno snažnu tehniku za određivanje optimalne razine zaliha u području vanjske logistike. DRP modeli omogućavaju poboljšanje usluga isporuke, smanjenje ukupne razine gotovih proizvoda, smanjenje transportnih troškova i poboljšanja operacija u distribucijskim centrima.[29]

Tvrtke koriste DRP kako bi unaprijed točno odredile kada i koju količinu zaliha treba dopuniti na određenim lokacijama kroz sljedeći period. Dobivenim informacijama služe se u razne svrhe no najvažnije u ovom slučaju su:

- koordinacija dopunjavanja zaliha na svim lokacijama unutar opskrbnog lanca;
- određivanje transportnog moda i prijevoznika za smanjenje troškova transporta;
- planiranje rada u distribucijskim centrima;
- razvoj glavnog plana proizvodnje (*master production schedule*) za svaku jedinicu na zalihama.

Tvrtke koriste DRP kako bi unaprijed točno odredile kada i koju količinu zaliha treba dopuniti na određenim lokacijama kroz sljedeće parametre [32]:

- Prognoza potražnje koju tvrtka prognozira sama ili rasporeda potražnje koju kreiraju korisnici za određeni period. Potražnja se najčešće izražava u tjednim periodima no ne mora uvijek biti tako budući da na to utječe vrsta i opseg poslovanja tvrtke.
- Trenutna količina zaliha na pojedinoj lokaciji koja se ujedno naziva i „količina na lageru“ (*balance on hand* – BOH).
- Preporučena količina nadopunjavanja zaliha.
- Vrijeme isporuke potrebno da naručena roba stigne i poveća stanje zaliha.

Uobičajen DRP proces upravljanja zalihama sastoji se od kreiranja i razvijanja DRP tablice za svaku lokaciju gdje se zalihe pohranjuju. Na osnovu podataka iz nj unapređuju proces upotrebe distribucijskih i proizvodnih resursa. Tablica se sastoji od različitih elemenata:

- Lokacija distribucijskog centra svake jedinice na zalihama.
- Jedinica na zalihama.
- Izvor nadopunjavanja zaliha, bilo to proizvodno postrojenje, skladište ili dobavljač koji isporučuju robe kojim se nadopunjuju zalihe distribucijskog centra.
- Izvršitelj prijevoza koji obavlja funkciju prijevoza od izvora do distribucijskog centra u kojem se dopunjuju zalihe.
- Trenutna dostupna količina zaliha ili količina „na lageru“ (BOH) za proizvod za koji se kreira distribucijski proces.

- Preporučena količina nadopune zaliha (Q) za svaku jedinicu na zalihama. Ona može biti izražena u komadima, paletama ili vozilima. Ponekad se izražava najmanja i najveća preporučena količina.
- Ciljana razina sigurnosne zalihe za pojedinu jedinicu na zalihama.
- Prognoza potražnje za određenim proizvodom kao kombinacija prognoze na osnovu povijesnih podataka i zakazanih narudžbi klijenata u budućnosti.

Primjena planiranja resursa distribucije kod upravljanja zalihama multi-echelon metodom očituje se u tome što je zahtjev za određenim proizvodom u višoj razini ovisan o potražnji u nižoj razini distribucijske mreže odnosno opskrbnog lanca. Korištenjem DRP pristupa, prilikom prognoziranja razine potražnje prema određenom distribucijskom centru kombinira se potražnja i potrebna količina sigurnosne zalihe te vrijeme potrebno za pravovremeno dopunjavanje zaliha. Ovakva vremenski-fazna potražnja RDC-a izračunava se pomakom zahtjeva DC-a, odnosno potrebnog vremena isporuke od RDC-a prema DC-u te zbrajanjem navedenih vremenskih perioda. U tom slučaju RDC za nadopunjavanje svojih zaliha koristi zahtjeve koje je DC-zaprimio kao potražnju svojih korisnika.[33]

Nedostatak primjene DRP u ovom slučaju je nemogućnost određivanja optimalne količine sigurnosne zalihe te kao i kod sekvencijalnog pristupa, elementi opskrbnog lanca ne vide trenutne zalihe drugih elemenata u opskrbnom lancu te je smanjena mogućnost potpune optimizacije zaliha. [29]

5.1.3 Stvarni multi-echelon pristup optimizaciji

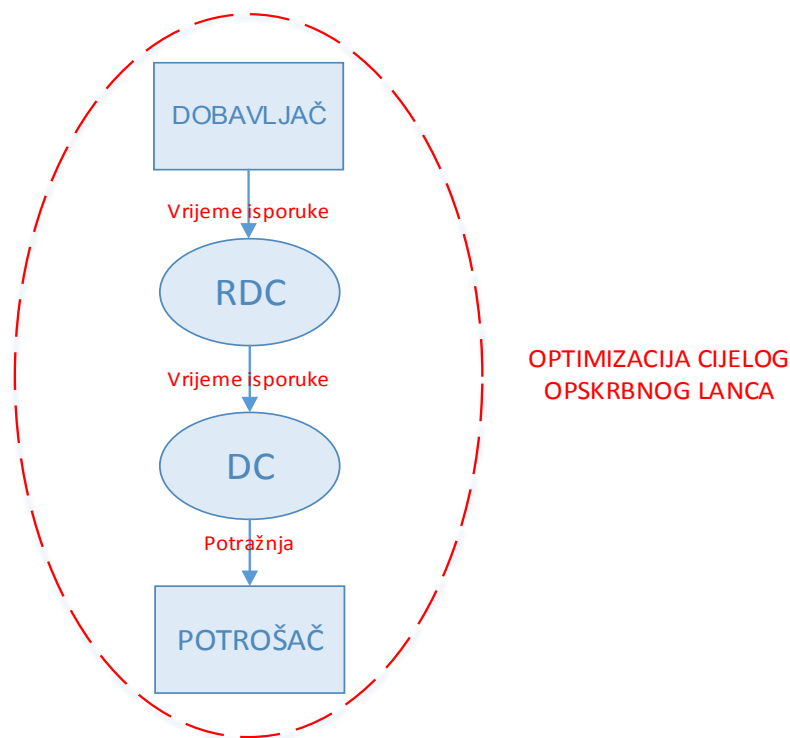
Kod stvarnog multi-echelon pristupa optimizaciji tvrtkama je glavni cilj smanjiti razinu zaliha u svim razinama opskrbnog lanca a u isto vrijeme održati odgovarajuću razinu usluge za sve korisnike. Iako je glavni cilj optimizacija zaliha, kod ovakvog se pristupa također brine o transportnim i skladišnim operacijama te se također vrši njihova optimizacija zbog smanjenja troškova a time i poboljšavanje svih procesa u cijelom opskrbnom lancu.

Za razliku od sekvencijalnog i DRP pristupa koji optimizaciju vrše odvojeno za svaku razinu opskrbnog lanca, stvarni multi-echelon pristup kreće s optimizacijom od

najviše razine te optimizira cijeli opskrbeni lanac kao jednu cjelinu. Ovakav pristup optimizacije uključuje sljedeće [29]:

- Izbjegavanje višestrukih prognoza potražnje za svaku razinu zasebno. Potražnja kupca prema najnižem elementu u najnižoj razini opskrbnog lanca daje signale i informacije prema svim razinama opskrbnog lanca.
- Uzimanje u obzir svih vremena isporuka i varijacija u vremenima u svim razinama opskrbnog lanca za razliku od sekvencijalnog pristupa gdje se u obzir uzima samo vrijeme isporuke od prvog višeg elementa prema nižem.
- Omogućena vidljivost prema višim i nižim razinama opskrbnog lanca. Odnosno, omogućavanje svim elementima, neovisno nalazi li se više ili niže od nekog elementa u opskrbnom lancu, potpunu vidljivost stanja, količina zaliha, trenutnih narudžbi te povrata roba. Takva struktura poboljšava prognoziranje potražnje.
- Sinkronizacija naručivanja između razina opskrbnog lanca skraćuje vrijeme isporuke te varijacije između vremena isporuke. Multi-echelon model utječe na više razina opskrbnog lanca s različitim strategijama upravljanja.
- Omogućuje diferenciranje razine usluga između u pojedinim razinama opskrbnog lanca, odnosno omogućava uspostavljanje različitih razina usluga za isti proizvod neovisno o poziciji elementa u opskrbnom lancu (dva distribucijska centra mogu imati različitu razinu usluge za isti proizvod).
- Ostvarivanje pozitivnih učinaka kod ispravnog modeliranog modela poput unapređenja i prenošenja strategije s jedne razine opskrbnog lanca na drugu.

Slika 13 prikazuje strategiju nadopunjavanja i optimizacije zaliha kod stvarnog multi-echelon pristupa.



Slika 13. Strategija optimizacije stvarnim multi-echelon pristupom

Izvor: [29]

5.2 Usporedba primjenjivih pristupa multi-echelon optimizacije

Budući da su u prethodnim poglavljima navedene tri moguće vrste i primjene multi-echelon optimizacije, na osnovu iskazanih činjenica moguće je zaključiti kako jedna od njih svojom kvalitetom odskoče od ostatka te čini pravu razliku u multi-echelon optimizaciji.

Sekvencijalnim pristupom optimizaciji mogu se ostvariti određene pogodnosti optimizacije u više razina no postoji velik broj mana kojim je ova vrsta optimizacije ograničena te ne pruža potpunu mogućnost racionalnog i efikasnog upravljanja zalihama. Kod sekvencijalnog pristupa glavni ograničavajući faktor je optimizacija svake razine zasebno koja daje djelomično zadovoljavajuće rezultate

Planiranjem i kontrolom zaliha na osnovi tržišnih uvjeta distribucije odnosno modelima planiranja za potrebe distribucije moguće je postići određenu razinu

optimizacije zbog proširenog procesa planiranja kroz cijeli opskrbeni lanac no ne dovoljnu za potpunu optimizaciju zaliha u čitavom opskrbnom lancu.

Primjenom stvarnog multi-echelon pristupa optimizaciji ostvaruju se najveći učinci pri upravljanju zalihama. Jedino se ovim načinom optimizacije, kroz cjelokupni opskrbeni lanac upravlja od najviše do najniže razine sinkronizirano i kao jednom cjelinom. Upravo je to snaga i kvaliteta koja ovu vrstu optimizacije čini najefikasnijom i najisplativijom pri potpunom optimiranju zaliha. Tablica 7 prikazuje usporedbu ključnih faktora za tri navedene vrste optimizacije.

Tablica 7. Usporedba ključnih faktora s obzirom na vrstu pristupa multi-echelon optimizaciji

KLJUČNA PODRUČJA	SEKVENCIJALNI PRISTUP	DRP PRISTUP	STVARNI MULTI-ECHELON PRISTUP
Cilj optimizacije	Zadovoljenje trenutnih potreba kupaca s minimalnom količinom zaliha	Nije optimizacija, cilj je omogućiti minimalne zahtjeve uzlazno u strukturi za određivanje potreba nadopuna zaliha	Potpuno zadovoljenje potreba kupaca s minimalnom količinom zaliha
Prognoza potražnje	Nezavisno prognoziranje za svaku razinu zasebno	Propuštanje potražnje ili narudžbi bez procjene mjera njihove varijabilnosti	Prognoze bazirane na informacijama o potražnji najniže razine; prognoza varijacija potražnji
Vrijeme isporuke	Uzima se vrijeme isporuke i varijacije između dvije razine	Uzima se vrijeme isporuke između dvije razine; varijacije u vremenu isporuke ne uzimaju se u obzir	Uzimaju se vremena isporuke i varijacije između svih razina opskrbnog lanca
Efekt bića	Ne uzima se u obzir	Ne uzima se u obzir	Mjerenje i iskazivanje učinaka strategije nadopunjavanja
Vidljivost u mreži	Vidljivost vremena isporuka između prve više i prve niže razine	Poneka vidljivost u niže razine; nema vidljivost ka višim razinama	Vidljivost prisutna svim razinama i između svih razina
Sinkronizacija narudžbi među razinama	Ne uzima se u obzir	Moguća, najčešće bez sinkronizacije	Potpuno modelirana za smanjenje zastoja u mreži
Diferencirana razina usluga	Nije moguća	Nije moguća	Moguća
Obuhvat troškova među razinama	Nije moguć	Nije moguć	Potpuno modeliran za stvarnu optimizaciju mreže

Izvor: [29]

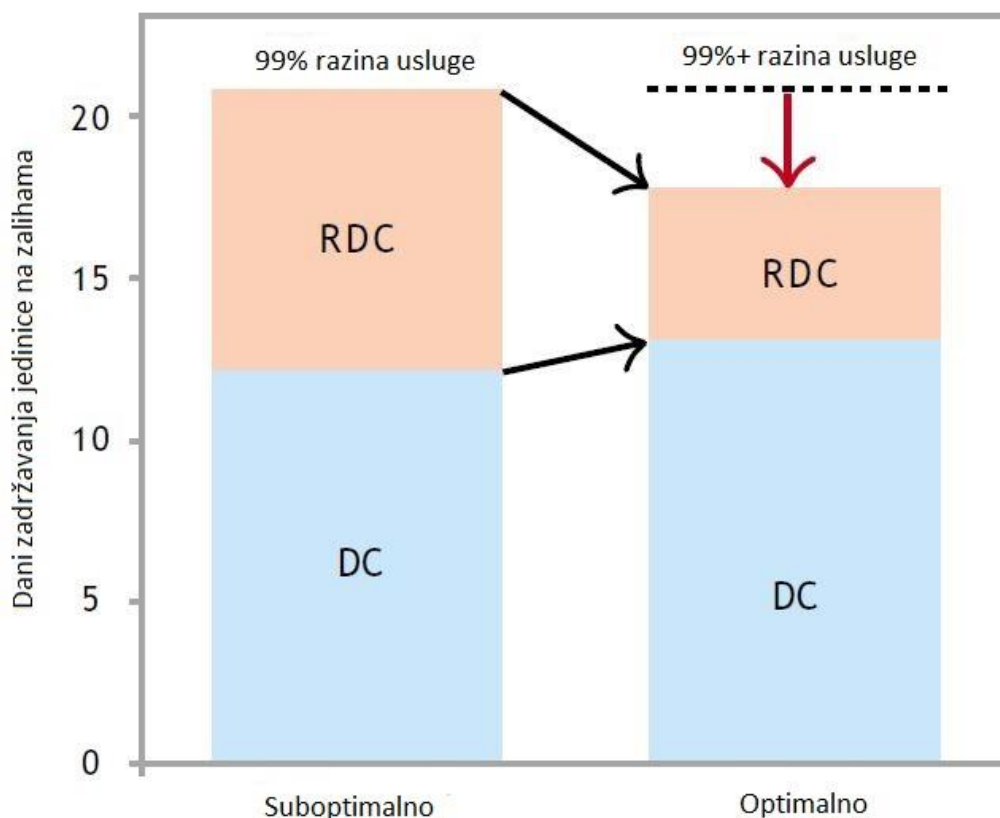
Studij slučaja tvrtke NWDCo odlično prikazuje prednosti primjene stvarne multi-echelon optimizacije te smanjenja količina jedinica na zalihama unutar cijele mreže opskrbnog lanca. Tvrtka NWDCo je nacionalni veleprodajni distributer u Indiji te poslovanje temelji na razvoju, prodaji i distribuciji IT proizvoda, kako u Indiji tako i u cijelom svijetu.

Prije nego što je tvrtka počela primjenjivati multi-echelon optimizaciju, nedostatak zaliha nadopunjavao bi se na način da svaki DC naruči određenu količinu jedinica od dobavljača. Uobičajena količina zaliha u DC-ima iznosila je 25000 do 50000 jedinica. Danas NWDCo posluje preko nekoliko RDC-a te s istim brojem DC-a. Zahtjevi za dopunu zaliha od strane DC-a izvršavaju se preko RDC-a što se ujedno naziva unutarnje nadopunjavanje te direktno od dobavljača što se naziva vanjsko nadopunjavanje, ovisno o vrsti robe koja se naručuje. Prosječna količina na zalihama RDC-a iznosi oko 10000 jedinica.

Zahtjevi koji su postavljeni pred svaki RDC su tražena razina usluge od 99% te svaki od RDC-a ima dva tipa korisnika. Vanjskog korisnika predstavlja potrošač dok unutarnjeg korisnika predstavlja DC kojem je on dodijeljen. Vremena isporuke od strane dobavljača prema RDC-u su kraća te manje nepravilna u odnosu na vremena isporuke od dobavljača prema DC-u, kakva su bila prije primjene multi-echelon optimizacije. Vrijeme isporuke prije primjene multi-echelon optimizacije iznosilo je jedan do tri tjedna, dok se prilikom primjene optimizacije smanjilo na tri do deset dana. Vrijeme isporuke od RDC-a prema DC-u iznosi jedan do tri dana, ovisno u DC-u.

S obzirom na zahtijevanu razinu usluge od 99%, NWDCo morao je razviti novu strategiju poslovanja u smislu upravljanja zalihama. Budući da je potrebno bilo upravljati zalihama u dvije razine, odnosno u razini RDC-a i DC-a, te s obzirom na vanjske korisnike RDC-a, morala se osigurati od optimalna količina zaliha koja će zadovoljiti potrebe vanjskih i unutarnjih korisnika RDC-a.

Tvrtka je implementirala stvarnu multi-echelon optimizaciju koja je omogućila vidljivost zaliha duž cijelog opskrbnog lanca te troškove zaliha u svakoj razini opskrbnog lanca. Time je omogućeno efikasnije i racionalnije upravljanje zalihama te donošenje same strategije poslovanja.



Slika 14. Smanjenje količine zaliha primjenom stvarnog pristupa multi-echelon optimizacije

Izvor: [29]

Korištenjem stvarnog pristupa multi-echelon optimizacije NWDCo postigao je optimalno nadopunjavanje jedinica na zalihama za svaku jedinicu pojedinačne te za svaku razinu u opskrbnog lancu. Ostvarena je pravilna ravnoteža zaliha između dviju razina, RDC i DC razine, te su dani zadržavanja jedinica na zalihama smanjeni za tri dana, pri čemu je ostvarena ili premašena razina usluge od 99%. Smanjena količina zaliha oslobodila je radni kapital te povećala novčani tok što je ujedno povećalo zaradu tvrtke. U isto vrijeme, veća razina usluge povećala je prihode te zadovoljstvo korisnika [29]. Slika 14 prikazuje smanjenje količine zaliha primjenom stvarnog pristupa multi-echelon optimizacije.

6. ZAKLJUČAK

Upravljanje zalihama je neophodno. Ono je neizostavan posao svake organizacije koja se bavi proizvodnjom, distribucijom i trgovinom. Neophodno je iz više razloga: smanjenja i racionalizacije troškova, unapređenja prodaje, povećanja profitabilnosti te uravnoteženja i rasta kompanije na tržištu u svom sektoru poslovanja.

Upravljanje zalihama se može na različite načine kako je i navedeno u radu, no nije svaki način jednako efikasan i potpuno jednako primjenjiv u svim slučajevima. Mogućnosti koje pružaju pojedini načini upravljanja zalihama nisu u svim slučajevima jednako efikasni i primjenjivi već to ovisi o načinu poslovanja i orijentacije tvrtke na tržištu. Svaka tvrtka bi trebala što više težiti optimiranju vlastitih zaliha te također zaliha drugih partnerskih tvrtki s kojima surađuje kroz opskrbni lanac. Obzirom na spomenuto, razvijaju se različiti modeli i metode kojima se učinkovito i jednostavno upravlja zalihama te se zalihe optimiziraju u najvećoj mogućoj mjeri.

Mogućnosti koje pružaju pojedini načini optimizacije mogu se iskoristiti u slučajevima nestabilnih cijena te kretanja na tržištu kao što su povećanje cijena prijevoza, skladištenja te drugih troškova.

Razvitkom informacijskih tehnologija i programske podrške sam proces logističkog poslovanja izrazito se brzo unapređuje čemu ujedno pridonosi i postavljanje sve većih tržišnih zahtjeva na sve tvrtke koje posluju u tom sektoru. Kako bi se održala konkurentnost na tržištu potrebno je stalno unapređivati postojeće i razvijati nove vlastite poslovne modele kojima je cilj racionalnije i jednostavnije poslovanje.

Mogućnosti optimiranja zaliha su velike, no još uvijek nisu dostigle svoj maksimum. Svakim je danom potrebno pratiti trendove na tržištu te sukladno njima donositi odluke koje će rezultirati učinkovitijim, kompetentnijim i profitabilnijim poslovanjem. Odabirom odgovarajućeg pristupa postiže se dobit na obje strane, bolja razina usluge prema korisniku te smanjena količina zaliha što dovodi do većeg zadovoljstva korisnika te povećanja profita, povećanje kvalitete usluga i prepoznatljivosti na tržištu.

Literatura

- [1] Lawrence, Pasternack: Applied Management Science: Modeling, Spreadsheet Analysis, and Communication for Decision Making, 2nd Edition, 2012.
- [2] Jacobs, R.F.: Operations and Supply Chain Management, Indiana University, University of Southern California, 2013.
- [3] Operations Management Defined.
<http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=2167438&seqNum=8> (22.5.2015.)
- [4] MRP Vs. MRPII. <http://smallbusiness.chron.com/mrp-vs-mrpii-15365.html> (21.6.2015.)
- [5] Coyle, J., Bardi, E., Langley, J. (1996): The Management of Business Logistics, sixth edition, West Publishing Company, St. Paul.
- [6] Gallego, G.: Production Management, University of Columbia. Available from: http://www.columbia.edu/~gmg2/4000/pdf/lect_06.pdf
- [7] Sustavi upravljanja zalihama. http://oliver.efri.hr/~pom/predavanja/sustavi_z.pdf (2.8.2015.).
- [8] Vuković, A., Džambas, I., Blažević, D.: Development of ERP Concept and ERP System, Engineering Review, Vol.27 No.2 Prosinac 2007.
- [9] Rejman Petrović, D.: ERP sistemi u funkciji unapređenja kvaliteta poslovanja, 36. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Mašinski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, 2009
- [10] Zrilić, A.: Upravljanje zalihama u 6 koraka, Logiko, 2011. Available from: http://www.logiko.hr/download/Materijali/E-book_izabrane_stranice.pdf
- [11] Mangan, J.: Global Logistics and Supply Chain Management, John Wiley & Sons Inc., 2010.
- [12] Pupavac D.: Poslovna logistika u suvremenom menadžmentu, Suvremeni pristupi upravljanju zalihama, Ekonomski fakultet u Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2010.
- [13]
<http://infosys3.elfak.ni.ac.rs/nastava/attach/Upravljanje%20distribucijom%20u%20lan%20cima%20snabdevanja%20Distribution%20management/Pareto%20dijagram.jpg?version=2>

[14] Ching-Wu Chu, Gin-Shuh Liang, Chien-Tseng Liao: Controlling Inventory by Combining ABC Analysis and Fuzzy Classifications, Computers & Industrial Engineering, Volume 55, issue 4, November 2008.

[15] Zrilić, A.: Upravljanje zaliham u 6 koraka, Logiko, 2011.
http://www.logiko.hr/download/Materijali/E-book_izabrane_stranice.pdf

[16] Logiko, Logistički konzalting.
http://www.logiko.hr/images/PDF/stockoptimizer/pregled_funkcionalnosti_programa_za_optimiranje_zaliha.pdf

[17] Petrikova, A., Šebo, D., Sabadka, D.: Optimization of Logistics Processes Using XYZ Method, Faculty of Mechanical Engineering – Technical University, Košice, Slovakia

[18] Kootanaee, A.J., Babu N.K., Talari, F.H.: Just-inTime Manufacturing System: From Introduction to Implement, International Journal of Economics, Business and Finance Vol. 1, No. 2, March 2013

[19] Pros & Cons of the JIT Inventory System. <http://smallbusiness.chron.com/pros-cons-jit-inventory-system-3195.html> (16.7.2015.)

[20] What is just-in-time inventory control? <http://www.accountingtools.com/questions-and-answers/what-is-just-in-time-inventory-control.html> (11.6.2015.)

[21] Womack W. J., Jones, D.: Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated, Productivity Press; 2nd edition, Orlando: 2003.

[22] <https://www.msu.edu/course/prr/473/oldstuff/img022.GIF>

[23] The advantages and disadvantages of just-in-time inventory. <http://www.accountingtools.com/questions-and-answers/the-advantages-and-disadvantages-of-just-in-time-inventory.html> (15.6.2015.)

[24] Shim, J.K., Siegel, G.: Modern Cost Management & Analysis, Barron's Business Library Series, 2000.,

[25] Just-In-Time Manufacturing (JIT).
http://www.tutorialspoint.com/management_concepts/just_in_time_manufacturing.htm (16.6.2015.)

[26] Hirano, H.: JIT Implementation Manual, The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing, Volume 3, Flow Manufacturing – Multi-Process Operations and Kanban, CRC Press, Second Edition, 2010.,

[27]
<https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch5en/conc5en/img/pushtopulllogistics.png>

[28] All You Need to Know About Multi-Echelon Inventory Optimization. <http://www.opsrules.com/supply-chain-optimization-blog/bid/349960/All-You-Need-to-Know-About-Multi-Echelon-Inventory-Optimization> (27.6.2015.)

[29] Lee, B.C., Evant Inc.: Multi-Echelon Inventory Optimization, Evant White Paper Series, 2003

[30] <http://i.ytimg.com/vi/si8Klzl80Ww/maxresdefault.jpg>

[31] Inventory costs (ordering costs, carrying costs). Definition and formula. <http://www.lokad.com/definition-inventory-costs> (3.7.2015.)

[32] Pupavac D. Suvremeni pristupi upravljanju zalihama, Veleučilište u Rijeci, 2010.

[33] Robeson J.F., Copacino W.C.: The Logistic Handbook, Andersen Consulting, Arthur Andersen & Co, Sc, 1994.

Popis kratica

APS	(Advanced Planning Systems) napredno logističko planiranje
AQL	(Acceptable Quality Level) prihvatljiva razina kvalitete
BOH	(Balance on hand) stanje na lageru
BOM	(Bill of material) račun materijala
DC	distribucijski centar
DRP	(Distribution Resource Planning) planiranje resursa distribucije
EOQ	(Economic Order Quantity) ekonomska količina narudžbe
ERP	(Enterprise Resource Planning) planiranje resursa poduzeća
JIT	(Just-in-Time) točno na vrijeme
MEIO	(Multi-echelon Inventory Optimization) multi-echelon optimizacija zaliha
MPS	(Master Production Schedule) glavni obrazac proizvodnje
MRP I	(Material Requirement Planning) planiranje materijalnih potreba
MRP II	(Manufacturing Resource Planning) planiranje resursa proizvodnje
RDC	regionalni distribucijski centar
TQC	(Total Quality Control) potpuna kontrola kvalitete
WIP	(Work-in-process) zalihe između pojedinih operacija

Popis slika

Slika 1. Profil zaliha kod Q-modela.....	4
Slika 2. Kretanje ukupnih troškova	5
Slika 3. Kretanje zaliha kod Q modela.....	6
Slika 4. Shematski prikaz naručivanja primjenom Q modela	8
Slika 5. Kretanje zaliha kod P modela	10
Slika 6. Shematski prikaz naručivanja primjenom P modela	11
Slika 7. Odstupanja u potražnji po pojedinoj skupini ABC analize	20
Slika 8. Odnos troškova držanja zaliha i količine nabave	28
Slika 9. Push strategija	31
Slika 10. Pull strategija	32
Slika 11. Struktura multi-echelon mreže	36
Slika 12. Optimizacija sekvencijalnim pristupom	38
Slika 13. Strategija optimizacije stvarnim multi-echelon pristupom.....	43
Slika 14. Smanjenje količine zaliha primjenom stvarnog pristupa multi-echelon optimizacije.....	46

Popis tablica

Tablica 1. Usporedba modela upravljanja zalihama	3
Tablica 2. Kategorije artikala primjenom unakrsne analize	21
Tablica 3. Podaci za izradu unakrsne ABC i XYZ analize	22
Tablica 4. Kategorizacija artikala s obzirom na dobivene rezultate analize	24
Tablica 5. Usporedba procesa tradicionalne i JIT proizvodnje.....	33
Tablica 6. Razlike između JIT i tradicionalne proizvodnje	34
Tablica 7. Usporedba ključnih faktora s obzirom na vrstu pristupa multi-echelon optimizaciji	44

Popis grafikona

Grafikon 1. Odnos kumulativnih postotaka zaliha i artikala..... 18

Grafikon 2. Odnos kumulativa i udjela u prodaji na bazi analiziranih artikala 23