

Primjena Newsvendor modela pri planiranju zaliha

Stanušić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:119:469844>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Stanušić

PRIMJENA NEWSVENDOR MODELA PRI PLANIRANJU ZALIHA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

PRIMJENA NEWSVENDOR MODELA PRI PLANIRANJU ZALIHA
APPLICATION OF NEWSVENDOR MODEL IN INVENTORY PLANNING

Mentor: doc.dr.sc. Diana Božić

Student: Ivan Stanušić

JMBAG:0135250690

Zagreb, rujan 2023.

Sažetak

Uspješna tvrtka mora imati razrađeni sustav upravljanja zalihama te mora voditi računa o optimalnim količinama zaliha. Kako bi se ostvarila dobit i zadovoljili zahtjevi kupaca istovremeno, potrebno je imati kvalitetan model upravljanja zalihama robe. Optimalne zalihe osiguravaju kontinuirano funkcioniranje sustava uz najniže troškove nabave i skladištenja. Različiti modeli upravljanja zalihama imaju svoje prednosti i nedostatke, stoga je ključno unaprijed isplanirati koji model zadovoljava potrebe poslovanja. Dodatne izazove predstavlja roba s ograničenim vijekom trajanja (voće, novine, odjeća). Potrošači sve manje toleriraju nestašice zaliha te se bez oklijevanja obraćaju konkurenciji ako ne pronađu proizvod koji žele u savršenom stanju. Samim time, tvrtke koje prodaju robu s ograničenim vijekom trajanja moraju omogućiti dovoljnu razinu zaliha koja će pokriti potražnju kupaca, a da pritom imaju minimalni broj preostalih proizvoda na zalihama nakon prodajne sezone. Za tvrtke to znači da moraju dobro procijeniti optimalnu količinu zaliha za svoje proizvode. Jedan od modela pomoću kojeg se može odrediti optimalna razina zaliha za proizvode ograničenog vijeka trajanja jest Newsvendor model koji je jedan od najpopularnijih analitičkih modela u znanosti o odlučivanju i upravljanju operacijama.

KLJUČNE RIJEČI: zalihe, vrste zaliha, Newsvendor model upravljanja zalihama

APPLICATION OF NEWSVENDOR MODEL IN INVENTORY PLANNING

SUMMARY

A successful trader must have a sophisticated inventory management system and be concerned about optimal stock levels. A quality inventory management model is necessary to make a profit while satisfying customer demand. Optimal inventory levels ensure the continuous functioning of the system with the lowest procurement and storage costs. Different inventory management models have their advantages and disadvantages, so it is crucial to plan in advance which model fits the company's needs. An additional challenge is posed by goods with a limited shelf life (fruit, newspapers, clothing). Consumers are increasingly less tolerant of shortages and will not hesitate to turn to the competition if they cannot find the desired product in perfect condition. Consequently, companies selling goods with a limited shelf life need to maintain sufficient stock to meet customer demand while

keeping a minimum number of products in stock after the selling season. For companies, this means that they need to carefully estimate the optimal amount of inventory to hold for their products. One of the models that can be used to determine optimal inventory levels for products with limited shelf life is the newsvendor model, which is one of the most popular analytical models in decision science and operations management.

KEY WORDS: supplies, inventory types, Newsvedor inventory management model

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Općenito o zalihama i zašto su potrebne	2
2.1. Podjela zaliha.....	3
2.2 Razlozi postojanja zaliha	8
2.2. Prednost i nedostaci držanja zaliha.....	8
3. Teorijski opis Newsvendor modela i područje primjene.....	10
4. Planiranje zaliha primjenom Newsvendor modela – studija slučaja.....	14
4.1. Ulazni podaci	15
4.2. Izračun optimalnih količina zaliha	18
5. Zaključak	23
Literatura.....	25
Popis slika.....	27
Popis tablica	28

1. Uvod

Zalihe su kratkotrajna materijalna imovina koje su neophodne za poslovanje poduzeća, pa je sukladno tome iznimno važna i sama evidencija zaliha. Upravljanje zalihama svakako je jedan od najvažnijih logističkih zadataka. Mnoge se tvrtke susreću s problemima koji otežavaju pronalaženje optimalne politike upravljanja zalihama - nepredvidivošću potražnje, dugim vremenima isporuke, nepouzdanim procesom dobave, velikim brojem artikala, kratkim vremenom potražnje za određenim proizvodom. Zadnji trendovi u svijetu pokazuju da zalihe igraju sve veću ulogu u uspjesima odnosno neuspjesima svakog poduzeća. Adekvatne i dobro proračunate zalihe poboljšavaju poslovanje učinkovitim protokom robe i usluga kako bi se zadovoljile usluge krajnjeg korisnika. Zalihe utječu na stabilnost i krajnji rezultat poslovanja te mogu biti razlog uspjeha ili propasti nekog poduzeća. Troškovi su najbitnija stavka svakog poduzeća te je cilj minimalizirati troškove, a zalihe čine većinu troškova poduzeća.

U ovom završnom radu osim kratkog općenitog opisa zaliha, svrhe držanja zaliha te njihovoj uobičajenoj podjeli opisan je problem planiranja zaliha primjenom Newsvendor modela (hrv. model prodavača novina), a sami rad je podijeljen u 5 cjelina:

- I. Uvod
- II. Općenito o zalihama i zašto su potrebne
- III. Teorijski opis Newsvendor modela i područja primjene
- IV. Planiranje zaliha primjenom Newsvendor modela – studija slučaja
- V. Zaključak

Nakon uvoda, u drugom poglavlju govori se o zalihama, njihovoj podjeli i zašto su bitne i važne. Tema trećeg poglavlja je opis i upoznavanje sa Newsvendor modelom i njegovim područjima primjene.

2. Općenito o zalihama i zašto su potrebne

Zalihe su vlastiti materijal koji se upotrebljava u poslovanju, odnosno koji je namijenjen unutarnjoj potrošnji ili prodaji, a uključuju sirovine, poluproizvode, materijal u radu i gotove proizvode. [1]

Radi osiguranja kontinuiteta proizvodnje, odnosno prodaje, potrebno je u proizvodnji i distribuciji stalno držati odgovarajuću količinu zaliha robe. Djelomične ili zakašnjele isporuke robe ne samo što neće zadovoljiti kupce, već će uzrokovati njihov odlazak drugim dobavljačima. Poduzeće mora raspolagati određenom količinom zaliha kojom se osigurava normalno poslovanje. U slučaju velikih zaliha povećavaju se troškovi, blokirana su obrtna sredstva, potrebna su velika skladišta itd. S druge strane, u slučaju premalih zaliha postoji opasnost od prekida proizvodnje, a time i povećanja troškova. [2]

Zalihe predstavljaju jedan od glavnih izvora troškova unutar logističkog sustava. Unutar logističkog sustava egzistiraju zbog razlika između ponude i potražnje. Tako unutar logističkih sustava istodobno na različitim razinama kod dobavljača, proizvođača, distributera i prodavatelja postoje i različite vrste zaliha: zalihe sirovina i materijala, zalihe poluproizvoda, zalihe dijelova, zalihe gotovih proizvoda, zalihe trgovinske robe. [3]

Svrha zaliha je povezivanje različitih sudionika opskrbnog lanca (dobavljača, proizvođača, distributera i kupca) te održavanje njihove uspješne suradnje ovisi o tokovima informacija, proizvoda, usluga i financija. Zalihe se u opskrbnom lancu nalaze u svim njegovim fazama: fazi nabave, fazi proizvodnje, fazi distribucije i fazi potrošnje. Upravljanje zalihama generira niz složenih aktivnosti koje zahtijevaju istraživački rad i stručnost kako bi se zalihe pravilno planirale, nabavljale, kontrolirale, odnosno kako bi se njima pravilno upravljalo. Dobro upravljanje zalihama podrazumijeva njihovu optimizaciju – držanje zaliha u količini koja nije prevelika, ali je dovoljna za realizaciju proizvodnje, distribucije i prodaje.

Optimiranje zaliha uvelike bi bilo olakšano kada bi sudionici opskrbnog lanca mogli precizno prognozirati potražnju za svojim proizvodima. Nažalost, u svakodnevnom su poslovanju takve situacije rijetke ili ne postoje. Sudionici opskrbnog lanca drže određene

količine zaliha na svojim skladištima kako bi udovoljili promjenjivim uvjetima potražnje. Kod realnih poslovnih aktivnosti koje se odvijaju u opskrbnom lancu, uvijek je primjetan fenomen određenoga kašnjenja. Prestankom kontinuiranog kretanja materijala i roba opskrbnim lancem, formiraju se zalihe. Radi osiguranja kontinuiteta poslovanja potrebno je konstantno održavati odgovarajuću količinu zaliha robe radi: [2]

- zaštite poslovanja i proizvodnje u uvjetima neizvjesnosti,
- mogućnosti realizacije ekonomične nabave i proizvodnje
- pokrivanja anticipirane promjene u ponudi i potražnji
- omogućavanja toka materijala unutar proizvodnog, odnosno poslovnog sustava.

Upravljanje zalihama važno je za menadžment svake organizacije, a ogleda se u donošenju odluka kada se, koliko i što nabavlja, uz tendenciju minimalizacije troškova financiranja zaliha i istovremene maksimalizacije pružene razine kvalitete usluge korisniku i ostvarene dobiti poduzeća. Glavni cilj pritom nije da razina zaliha bude što manja ili što veća nego da bude optimalna. Očekuje se da će poduzeća držati onu razinu zaliha koja osigurava kontinuitet poslovanja i primjerenu razinu konkurentске prednosti. Općenito, temeljni izazov kvalitete upravljanja zalihama vidljiv je u osiguranju što je moguće višeg koeficijenta obrtaja zaliha [2]. Prevelika količina zaliha uvjetuje nepotrebne troškove, a premala probleme u kontinuitetu poslovanja. Ekspanzija informacijsko-komunikacijske tehnologije i pojava raznih modela planiranja i kontrole rezultirala je bitnim napretkom u upravljanju zalihama u tržišno usmjerenim gospodarskim sustavima. [4]

2.1. Podjela zaliha

Zalihe robe na skladištu se mogu klasificirati prema: [2]

- Vrsti robe koja se skladišti,
- Stvarnoj i planiranoj količini.

Prema vrsti robe koja se skladišti razlikuju se : [2]

- Zalihe sirovina i materijala,
- Zalihe dijelova i poluproizvoda,

- Zalihe gotovih proizvoda.

S obzirom na plan i stvarno staje zaliha robe u skladištu, zalihe mogu biti: [2]

- Planirane,
- Stvarne zalihe.

S obzirom na planirani normativ, kao i pretpostavku za kontinuirano odvijanje procesa proizvodnje, odnosno prodaje, zalihe se mogu podijeliti na: [2]

- I. **Minimalne** - Minimalnu zalihu predstavlja najmanja količina robe koja je potrebna da se pravovremeno zadovolje obveze poduzeća po količini i asortimanu. Manjak robe u skladištu može poduzeću ugroziti proces proizvodnje, odnosno cjelovitu opskrbu kupaca. Za utvrđivanje minimalne količine zaliha potrebno je utvrditi dnevnu potrošnju ili prodaju robe (ovisno o tome radi li se o proizvodnji ili distribuciji) i rokove nabave. Držanje minimalnih zaliha ima smisla, samo, ukoliko je riječ o proizvodnom ili trgovačkom poduzeću, koje u poslovanju nema sezonskih oscilacija i ima pouzdane dobavljače, da na njih bez straha, može uvijek računati po pitanju sigurnosti i isporuke naručene robe.

Formula (1) za izračunavanje minimalnih zaliha glasi:

$$Z_{min} = Q_{dn} * V_{nab} \text{ ili } Z = ((Q_{god} * V_{nab}) / D) \quad (1)$$

Gdje je:

- Q_{dn} = dnevna (prosječna) potrošnja
- Q_{god} = godišnja (prosječna) potrošnja
- V_{nab} = vrijeme nabave
- D = broj radnih dana u godini

- II. **Maksimalne** - Maksimalna zaliha predstavlja gornju granicu količine robe u skladištu iznad koje se ne smije u određenom razdoblju nabavljati roba. Držanje maksimalnih zaliha za tvrtku ima smisla kada proizvodnja ili narudžbe kupaca, manje ili više osciliraju tijekom godine, pa se poduzeće politikom držanja maksimalnih zaliha

osigurava od nestašice robe. Formula (2) koji se najčešće koristi je da se vrijednost najveće planirane prodaje podjeli s danima odabranog ili planiranog razdoblja i rezultat pomnoži s norma danima:

$$Z_{\max} = ((\text{vrijednost najveće planirane prodaje}) / (\text{dana razdoblja za koja se traži normativ maksimalne zalihe})) * \text{norma dana} \quad (2)$$

- III. **Optimalne** - Optimalne zalihe se nalaze između minimalnih i maksimalnih zaliha. Predstavljaju količinu robe koja osigurava redovnu i potpunu opskrbu proizvodnje ili kupaca uz minimalne troškove skladištenja i naručivanja robe. Pri računanju optimalnih zaliha u obzir se uzimaju troškovi nabave (troškovi kupnje, troškovi konverzije), troškovi dopreme, troškovi skladištenja te troškovi zaliha. Za izračunavanje normativa optimalnih zaliha gotovih proizvoda koristi se formula (3):

$$Z_{\text{opt}} = (P + R1) * (V + R2) \quad (3)$$

Gdje je:

Z_{opt} = normativ optimalne zalihe gotovih proizvoda izražen u vrijednosti

P = dnevna ili mjesečna planska prodaja gotovih proizvoda izražene u količini ili vrijednosti (planska cijena proizvoda/ robe)

$R1$ = rezerva kojom se na temelju procjene povećava dnevna ili mjesečna planska prodaja gotovih proizvoda uslijed podbačaja plana proizvodnje te povećanog škarta ili loma gotovih proizvoda

V = normirani broj dana ili mjeseci između vremena naručivanja i isporuke

$R2$ = rezerva kojom se na temelju procjene povećava normirani broj dana ili mjeseci zbog izuzetnih teškoća u isporuci, odnosno otpremi robe.

- IV. **Prosječne** - čine prosjek stanja zaliha robe tijekom određenog vremenskog razdoblja, najčešće godine. Izračunavaju se putem aritmetičke sredine određenog broja stanja zaliha na skladištu. Mogu se izračunati korištenjem formule (4):

$$\text{Zprosječna} = (1/2 (z_1)+(z_2)+(z_3)+(z_4)+(z_5)+(z_6)...(1/(2z_n)))/(n-1) \quad (4)$$

- V. **Sigurnosne** - uvjetuju sigurniju opskrbu proizvodnje i kupaca, ali i određene troškove, u vidu izdataka za kamate na angažirana financijska sredstva i troškove skladištenja. Uobičajena količina zaliha određuje se statističkim podacima kako bi predvidjeli budućnost te pretpostavljaju kako neće biti promjena okolnosti tijekom nadolazećeg perioda. Sigurnosne zalihe se prvenstveno definiraju kako bi se pokrile nasumične promjene u potražnji te također da se pokriju ostale situacije poput: prekida opskrbe, manjka proizvodnje, prekida transporta, spore, nepouzdana ili netočne informacije itd. Za računanje vrijednosti sigurnosne zalihe koristi se formula (5):

$$S = z * \sigma \sqrt{dL} \quad (5)$$

Gdje je :

z = vrijednost parametra "z" normalne distribucije za ciljanu razinu usluge

σ = standardna devijacija potražnje tijekom isporuke

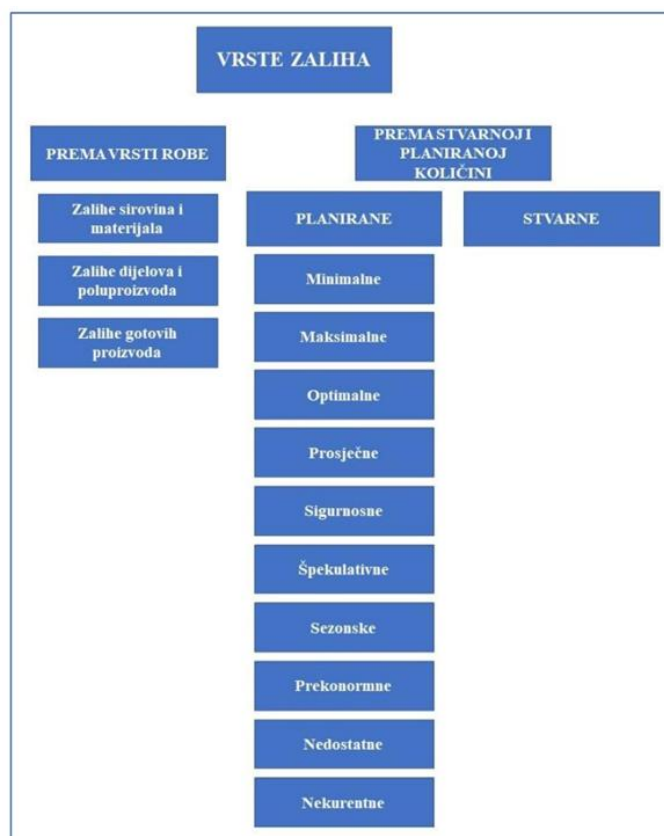
dL = potražnja tijekom vremena isporuke

- VI. **Špekulativne** - zalihe koje se ne drže zbog zadovoljavanja trenutne potražnje. Na primjer, sirovine se mogu kupiti u količini većoj od potrebne zbog dobivanja količinskog popusta ili zbog predviđene nestašice te sirovine. Troškovi koji nastaju kupnjom špekulativnih zaliha, „vraćaju“ se tijekom određenog razdoblja kada se događaji promjene na tržištu, odnosno rast cijena proizvoda. Očekuje se da će taj profit biti veći od povećanih troškova čuvanja prekomjernih zaliha. Primjer za ovakve situacije je nafta tijekom kriznih događanja u nekoj zemlji koja je veliki proizvođača nafte.
- VII. **Sezonske** - količina robe koja se naručuje u povećanim količinama jednokratno u cilju zadovoljenja procjene potražnje za određenu sezonu. Sezonske zalihe su oblik špekulativnih zaliha jer točnost predviđanja potražnje mora biti vrlo visoka kako

poduzeće ne bi ostvarilo gubitke zbog visokih troškova držanja velikih količina zaliha. Primjer sezonski zaliha su božićni ukrasi.

VIII. **Nekurentne** - predstavljaju robu u skladištu koja u planiranom vremenu iz određenih razloga nije prodana. Ti razlozi mogu biti oštećenja, zastarjelost, prevelika količina narudžbi zbog jeftinijih cijena, loša procjena tržišta itd. Roba samim stajanjem gubi na vrijednosti.

Na slici 1. dan je prikaz podjele zaliha, u cilju jednostavnijeg pregleda njihove podjele. Osnovna podjela zaliha je prema vrsti robe te prema stvarnoj planiranoj količini. Prema stvarnoj planiranoj količini zalihe mogu biti planirane i stvarne.



Slika 1. Vrste zaliha s obzirom na vrstu robe i planiranje [5]

2.2 Razlozi postojanja zaliha

U smislu mogućnosti i prihvatljivosti odvijanja procesa pri djelovanju opskrbnog lanca, cilj držanja zaliha, odnosno njihova svrha jest: [2]

- zaštititi poslovanje i proizvodnju u uvjetima neizvjesnosti,
- omogućiti ekonomičnu nabavu i proizvodnju,
- pokriti objektivno prisutne promjene u ponudi i potražnji,
- omogućiti tok materijala unutar proizvodnog, odnosno poslovnog sustava.

Može se reći da su zalihe ublaživači (amortizeri) između tokova ulaza i izlaza materijalnih dobara. Potrebne su kada se vremenska i količinska struktura ulaza i izlaza tokova materijalnih dobara razlikuju, a mogu nastati zbog različite strukture u ulaznim i izlaznim tokovima materijalnih dobara na najrazličitijim mjestima u prodajnome kanalu. Zalihe bi se mogle izbjeći samo pri potpunoj usklađenosti ulaznih i izlaznih tokova, što je moguće samo u pojedinim slučajevima koji su rijetki. Držanje zaliha, stoga, ne treba definirati statički. Naime, postojanje tog ublaživača uvijek treba gledati problemski i dinamički. [6]

Funkcije držanja zaliha upućuju na razlog njihova držanja. S razinom skladišnih zaliha (količina uskladištene robe) mogu biti povezane koristi od njihova držanja koje će biti prikazane u nastavku. Funkcije držanja zaliha odnose se na: [7]

- digresijske efekte veličine ili ekonomija obujma,
- izjednačavanje neusklađenosti ponude i potražnje,
- olakšavanje specijalizacije proizvodnje,
- špekulaciju,
- zaštitu od nesigurnosti.

2.2. Prednost i nedostaci držanja zaliha

Držanje zaliha ima i određene prednosti, koje se ogledaju u tome što zalihe: [8]

- omogućuju brzo i jednostavno zadovoljavanje potreba kupaca,
- omogućuju kupnju sirovina ili materijala u rinfuzi, što je obično jeftinije,
- omogućuju poslovodstvu suočavanje s neočekivanim promjenama potraživanja,

- predstavljaju osiguranje kontinuiteta proizvodnje ili prodaje, ako dođe do prekida u opskrbnom lancu izvan ili unutar organizacije,
- omogućuju razdvajanje različitih faza istih poslovnih procesa, što znači da se faze mogu odvijati međusobno neovisno, kako bi se smanjio negativan utjecaj kratkoročnih promjena u ponudi i potražnji.

Nasuprot prednostima, neki od nedostataka držanja zaliha su: [9]

- visoki troškovi skladištenja zbog zauzimanja više prostora,
- roba na zalihama može zastarjeti (primjerice, može se promijeniti moda ili konkurenti mogu plasirati bolji proizvod),
- roba može biti oštećena ili se pokvariti (najčešće se radi o hrani koja ima odgovarajući rok trajanja),
- dio robe može se zagubiti tijekom vremena (velike količine zaliha trebaju se kontrolirati i teže je njima upravljati),
- povećavaju se troškovi administriranja i osiguranja.

3. Teorijski opis Newsvendor modela i područje primjene

Newsvendor model ili problem prodavača novina jedan je od analitičkih modela koji se koriste u odlučivanju i upravljanju operacijama u praksi. Newsvendor problem, prethodno nazvan problem prodavača novina, odnosi se na problem odlučivanja o upravljanju zalihama za jedno razdoblje u kojem prodavač treba odlučiti o optimalnoj količini zaliha za novine (jedan proizvod) koje će naručiti od izdavača. Uzimajući u obzir troškove prevelikih i premalih zaliha, cilj je pronaći optimalnu količinu koja minimalizira ukupni očekivani trošak prodavača novina. Model prodavača novina ima dugu povijest. Zahvaljujući svojoj jednostavnoj i elegantnoj strukturi, ovaj je model naširoko prihvaćen za analizu problema u sustavima opskrbnog lanca koji uključuju kvarljive i sezonske proizvode od sredine 1980-ih. [10]

Još jedno od područja primjene Newsvendor modela je tekstilna industrija (Slika 2). Trgovci modnom odjećom u maloprodaji često moraju predati narudžbe puno prije prodajne sezone, bez mogućnosti nadopune tijekom sezone. Posebne promocije obično imaju sličan problem: naruči li se premalo trgovac se suočava s nezadovoljnim kupcima, naruči li se previše, trgovac ima dodatne troškove držanja zaliha jer polako prodaje višak zaliha. Newsvendor model također se primjenjuje kod problema individualnog izbora, kao što je financiranje zdravstvene zaštite i kupnja osiguranja. [11]



Slika 2. Proizvodi koji imaju ograničeni vijek trajanja [12]

U stručnoj literaturi se vrlo često može pronaći jedan od primjera loše procjene potrebnih zaliha kada je lanac restorana Burger King planirao kupcima dječjeg obroka pokloniti besplatnu igračku povezanu s filmom „Priča o igračkama“. Većina vlasnika restorana podcijenila je potražnju za tim igračkama pa je puno roditelja izrazilo nezadovoljstvo jer su im djeca bila razočarana što nisu dobili igračku na poklon. [11]

Newsvendor model je jedan od modela za proračun količina zaliha s ciljem određivanja optimalne razine zaliha za narudžbu u jednom periodu (single-period modeli). Glavni cilj ovog modela je dostići što veću dobit, te izračunati optimalnu količinu zaliha koja će se prodavati u ograničenim vremenskim intervalima.

Međutim, rijetko se događa da je iznos narudžbe jednak stvarnoj potražnji. Stoga su moguća dva ishoda [9]:

- stvarna potražnja manja je od naručene količine, što uzrokuje trošak viška zaliha,
- stvarna potražnja veća je od naručene količine, što uzrokuje trošak držanja zaliha.

Svojstva problema kod kojih je moguće primijeniti Newsvendor modela [13]:

- 1) jednokratni problem - odluka o narudžbi napravljena za svako razdoblje,
- 2) potražnja je neizvjesna,
- 3) narudžba se postavlja prije nego što se potražnja realizira,
- 4) možemo naručiti samo jednom po razdoblju,
- 5) postoji trošak za previše naručenih artikala i trošak za premalo naručenih artikala (neispunjena potražnja).

Pretpostavke na kojima se zasniva Newsvendor model: [13]

- Proizvodi se promatraju odvojeno. Proizvodi se razmatraju jedan po jedan jer ne postoje interakcije između njih (npr. zajednički resursi, komplementarnost i sl.).
- Planiranje se vrši za jedno razdoblje. Potražnja u sljedećim razdobljima nije bitna za donošenje odluka jer se zalihe mogu koristiti samo za zadovoljenje potražnje u planskom razdoblju (jednom periodu), a nikako u budućim. Potražnja je stohastička.
- Distribucija potražnje je poznata.
- Isporuka se izvrši prije perioda potražnje. Svi proizvodi su isporučeni i raspoloživi za zadovoljenje potražnje.
- Troškovi prekomjernih zaliha i troškovi nedostajućih zaliha su linearni. Troškovi, u slučaju prekomjernih zaliha ili nedostajućih zaliha, su proporcionalni viškovima, odnosno, nedostajućim količinama proizvoda.
- Troškovi narudžbe su jednaki nuli.

- Ne postoje inicijalne (startne) zalihe.

Parametri potrebni za primjenu Newsvendor modela su: [14]

D – potražnja,

P – prodajna cijena po komadu (engl. price),

C – nabavna cijena po komadu (engl. cost charged bt supplier),

s – likvidacijska vrijednost (engl. salvage value), ukoliko se roba ne može prodati na tržištu po prvotno određenoj cijeni, vrijednost proizvoda se umanjuje kako bi se mogao prodati),

Co – trošak po jedinici prekomjernih zaliha (engl. overage cost),

Cu – trošak po jedinici nedostajućih zaliha (engl. underage cost),

Q* – optimalna razina zaliha,

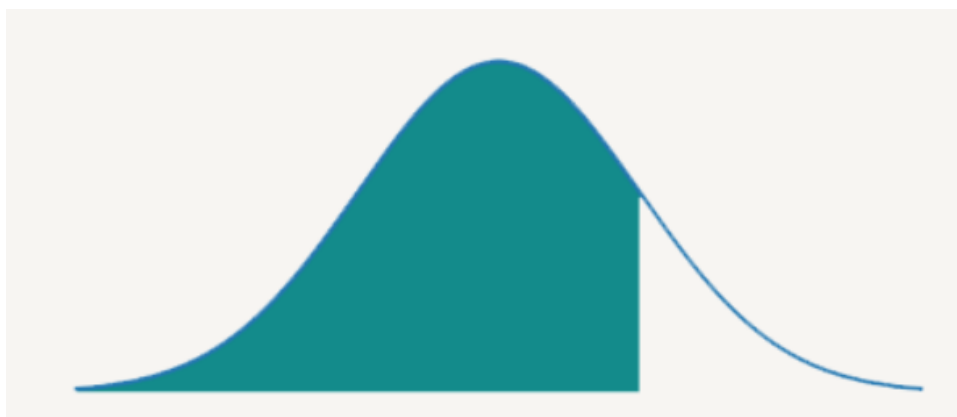
SL* - razina usluge (u literaturi se često koristi i termin kritičnog omjera tj. engl. critical ratio).

U slučaju kada se potražnja za proizvodom može opisati normalnom distribucijom, tada se vrijednost kritičnog omjera ili razina usluge je nalazi između 0 i 1 i odgovara tome koliki dio ukupne nesigurnosti treba pokriti odlukom o zalihama (slika 3). Odnosno, kritični omjer uravnotežuje trošak nedostatka zaliha i ukupni trošak prevelik ili manjkavih zaliha, odnosno predstavlja optimalnu vjerojatnost da se zalihe neće potrošiti. Način izračuna ovog omjera za slučaj normalne distribucije potražnje prikazan formulom (15) u narednom tekstu.

Normalna razdioba opisuje se s dva parametra, a to su:

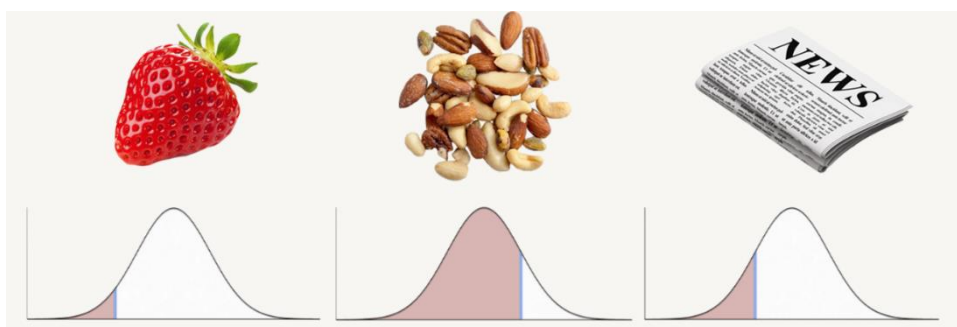
- μ – matematičko očekivanje (srednja vrijednost) i
- σ – standardna devijacija.

Ukupna površina ispod Gaussove krivulje iznosi 1. Ukoliko je kritični omjer jednak ukupnoj površini ispod krivulje tada tvrtka naručuje onaj broj proizvoda koji odgovara njihovoj predviđenoj potražnji uvećan za standardnu devijaciju potražnje. Ukoliko je označena polovica površine tada kritični omjer iznosi 0.5. Taj omjer za tvrtke znači da moraju naručiti količinu narudžbe koja je jednaka μ odnosno njihovoj predviđenoj potražnji. Kritični omjeri ispod 0,5 znače da će tvrtke naručiti manji broj proizvoda od predviđene potražnje.



Slika 3. Kritični omjer odgovara površini koju pokriva optimalna količina zaliha [12]

Proizvodi koji nisu kvarljivi imaju će visoki kritični omjer, osobito ako su marže visoke (npr. konzervirana hrana, orašasti plodovi itd.). Druga krajnost su lako kvarljivi proizvodi kao što su voće, mesne i mliječne namirnice. U ovom slučaju kritični omjer može biti ispod 0,5. O ovim slučajevima možemo razmišljati kao o onima u kojima bi donositelj odluka trebao planirati rasprodati sav inventar (npr. jagode). Na slici 4. se može vidjeti razlika u kritičnim omjerima ovisno o proizvodima.



Slika 4. Razlika u kritičnim omjerima ovisno o proizvodima [12]

Primjer razlike između ove dvije vrste proizvoda se može vidjeti na tržnicama kod prodavača proizvoda koji su kvarljivi i koji nisu. Kako se pokazalo, profili rizika (nesigurnost potražnje, troškovi viška i nedovoljnog trajanja) prodavača orašastih plodova i prodavača jagoda prilično su različiti samo na temelju kvarljivosti (troškovi viška). Prodavač jagoda vjerojatno želi ostati bez zaliha prije kraja dana: ono što se nije prodalo do kraja dana vjerojatno neće biti vrijedno vraćanja na tržište, dok prodavač orašastih plodova može lako prodati neprodane zalihe i u budućim danima.

4. Planiranje zaliha primjenom Newsvendor modela – studija slučaja

U ovom poglavlju prikazan je način na koje je moguće primijetiti problem prodavača novina s ciljem planiranja zaliha modne funkcionalne odjeće. O'Neill je kalifornijska marka odjeće i dasaka za surfanje osnovana 1952. godine. Tvrtka proizvodi ronilačka odijela, odjeću inspiriranu vodenim i snježnim sportovima. Za ovu studiju slučaja uzet će se O'Neill ronilačko odijelo (Slika 5).



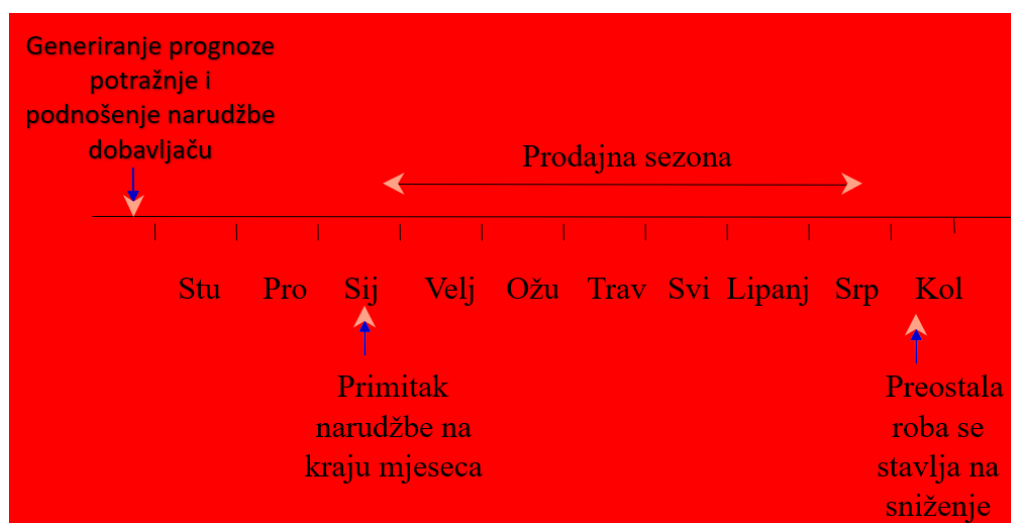
Slika 5. O'Neill ronilačko odijelo [15]

Njihova odjeća, koja spada pod proizvode sa ograničenim vremenom trajanja, prodaje se obično samo tijekom jedne sezone na jednom tržištu. Do toga dolazi zbog stalne promjene mode u svijetu odjeće. Kao i kod ostalih modnih dodataka (majice, haljine, hlače), ronilačka

te surferska odijela imaju svoje sezone u kojima se prodaju. Svake sezone proizvođači žele ostvariti konkurentsku prednost kroz suptilne promjene u svojim proizvodima kako bi privukli kupce. Nešto slično događa se i na tržištu prodaje mobitela gdje modeli mobitela izlaze svake godine i napredak i promjene između modela su minimalni. Unatoč tome mobitel (prethodni model) koji je star jednu godinu na tržištu prodaje se uz određeni popust jer je potražnja zbog novog modela smanjena.

4.1. Ulazni podaci

Cilj zadatka je naći optimalnu količinu narudžbe za model ronilačkog odijela Hammer 3/2 kojeg tvrtka O'Neill naručuje od proizvođača iz Azije. Većina robe se proizvodi u Aziji zbog manjih troškova proizvodnje. Međutim, to dovodi do dugog vremena isporuke samih proizvoda. Vrijeme isporuke za posljedicu ima to da tvrtka mora napraviti prognozu potražnje par mjeseci prije početka sezone prodaje tvrtkinih proizvoda (Slika 6).



Slika 6. Vremenska linija za O'Neill ronilačka odijela

Optimalna količina narudžbe će značiti da tvrtka nije naručila premalo proizvoda i izgubila potencijalnu dobit od prodaje niti je naručila previše proizvoda koji će nakon sezone postati višak te će se vrlo vjerojatno prodavati po sniženim cijenama kako bi se ispraznile zalihe. U tablici 1. pokazani su povijesni podatci potražnje različitih varijanti O'Neill ronilačkih

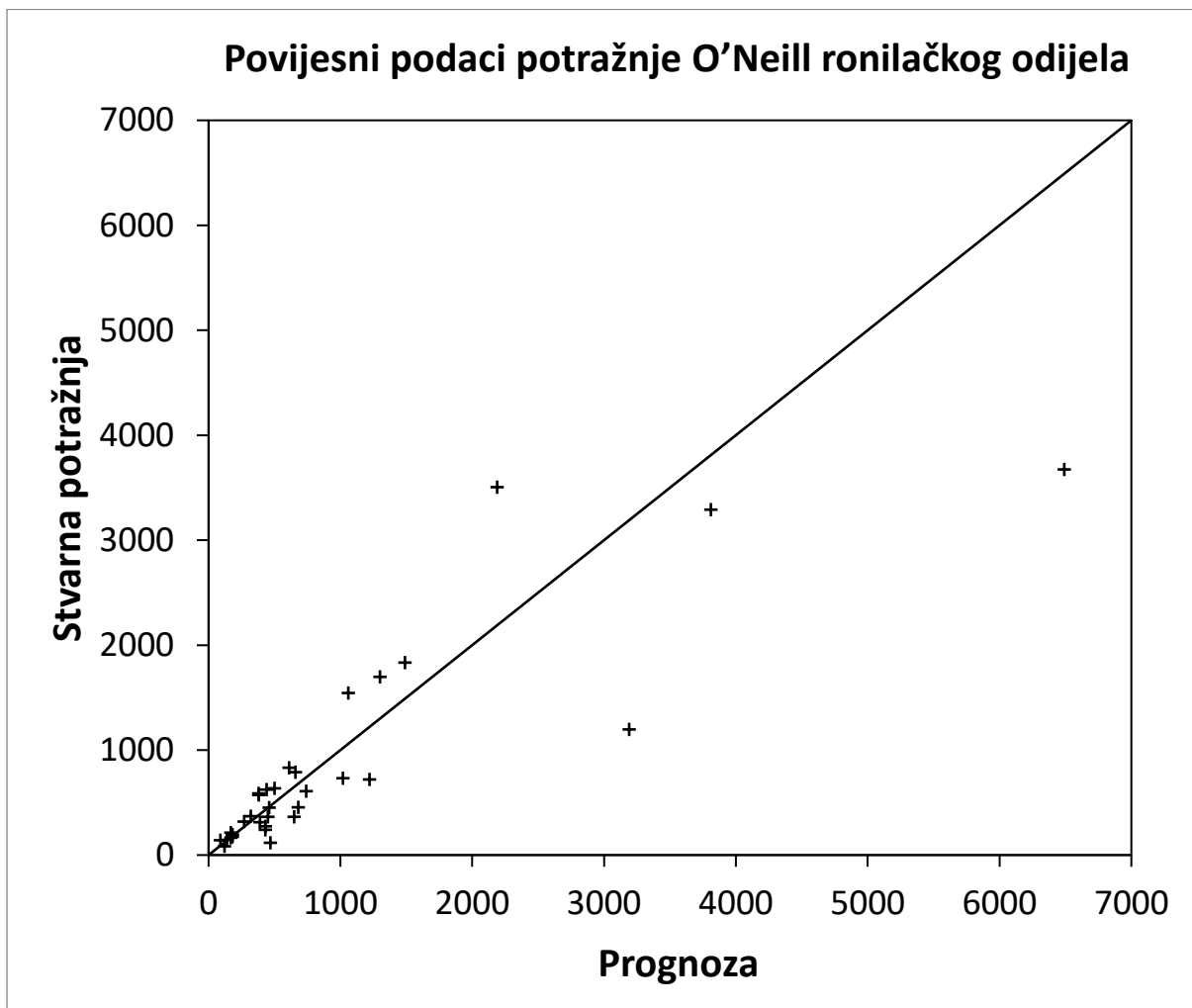
odijela. Prvi korak ka rješavanju problema ove studije slučaja je analiza tih povijesnih podataka.

Tablica 1. Povijesni podaci potražnje O'Neill ronilačkih odijela

Opis proizvoda	Prognoza potražnje	Stvarna potražnja	Omjer stvarne potražnje i predviđene potražnje (A/F OMJER)
JR ZEN FL 3/2	90	140	1,56
EPIC 5/3 W/HD	120	83	0,69
JR ZEN 3/2	140	143	1,02
WMS ZEN-ZIP 4/3	170	163	0,96
HEATWAVE 3/2	170	212	1,25
JR EPIC 3/2	180	175	0,97
WMS ZEN 3/2	180	195	1,08
ZEN-ZIP 5/4/3 W/HOOD	270	317	1,17
WMS EPIC 5/3 W/HD	320	369	1,15
JR EPIC 4/3	380	571	1,50
EVO 3/2	380	587	1,54
WMS EPIC 2MM FULL	390	311	0,80
ZEN 4/3	430	239	0,56
HEAnoVAVE 4/3	430	274	0,64
EVO 4/3	440	623	1,42
ZEN FL 3/2	450	365	0,81
HEAT 4/3	460	450	0,98
ZEN-ZIP 2MM FULL	470	116	0,25
HEAT 3/2	500	635	1,27
WMS EPIC 3/2	610	830	1,36
WMS ELITE 3/2	650	364	0,56
ZEN-ZIP 3/2	660	788	1,19
ZEN 2MM S/S FULL	680	453	0,67
EPIC 2MM S/S FULL	740	607	0,82
EPIC 4/3	1020	732	0,72
WMS EPIC 4/3	1060	1542	1,45
JR HAMMER 3/2	1220	721	0,59
HAMMER 3/2	1300	1696	1,30
HAMMER S/S FULL	1490	1832	1,23
EPIC 3/2	2190	3504	1,60
ZEN 3/2	3190	1195	0,37
ZEN-ZIP 4/3	3810	3289	0,86
WMS HAMMER 3/2 FULL	6490	3673	0,57
Prosječan A/F OMJER			0,9976
St.dev. A/F OMJER			0,3691

Na temelju povijesnih podataka iz tablice 1. te poznate prodajne cijene po komadu, nabavne cijene po komadu i likvidacijske vrijednosti (ukoliko se roba ne može prodati na tržištu po prvotno određenoj cijeni, vrijednost proizvoda se umanjuje kako bi se mogao prodati) rade se izračun optimalnih količina zaliha.

Na slici 7. se može vidjeti omjer stvarne potražnje i prognozirane potražnje. Za tvrtku bi idealno bilo da se točke prognoze potražnje i stvarne potražnje nalaze na pravcu. To bi za tvrtku značilo da je prognoza potražnje bila jednaka stvarnoj potražnji.



Slika 7. Povijesni podaci potražnje za sve modele O'Neill ronilačkih odijela

4.2. Izračun optimalnih količina zaliha

Korak 1: Prognoza potražnje

Tablica 1. prikazuje povijesne podatke prognoza potražnje i stvarnih potražnja za svaki model ronilačkog odijela. U stupcu četiri prikazan je izračun omjera stvarne potražnje i predviđene potražnje (A/F OMJER) za svaki model ronilačkog odijela, a računa se pomoću formule (6):

$$A/F \text{ omjer} = \frac{\text{Stvarna potražnja}}{\text{Predviđena potražnja}} \quad (6)$$

Nakon toga uzima se prosječan omjer stvarne potražnje i predviđene potražnje te standardna devijacija omjera za sve vrste ronilačkih odijela (tablica 1). Uzima se prosjek od svih modela koji će kasnije pomoći u prognozi potražnje za pojedinačni promatrani model ronilačkog odijela. Za izračun u MS Excelu koristi se: $AVERAGE(D2:D34) = 0,9976$; $STDEV(D2:D34) = 0,3691$

Na temelju pretpostavki i izračuna tvrtka O'Neill pretpostavlja da će potražnja za modelom ronilačkog odijela Hammer 3/2 za nadolazeću sezonu iznositi 3200 komada. Pomoću povijesnih podataka izračunatih ranije određeni su parametri normalne razdiobe. Izračun prosječne potražnje i standardne devijacije potražnje računa se pomoću formule (7) i (8):

$$\text{Predviđena potražnja } \mu = \frac{A}{F} \text{ omjer} * \text{prognoza potražnje} \quad (7)$$

$$\mu = 0.9976 * 3200 = \mathbf{3192,2 \text{ komada}}$$

$$\text{Standardna devijacija potražnje } \sigma = \text{stand. dev. } \frac{A}{F} \text{ omjera} * \text{prognoza potražnje} \quad (8)$$

$$\sigma = 0,3691 * 3200 = \mathbf{1181,2 \text{ komada}}$$

Korak 2. Maksimiziranje očekivane dobiti

Iz tablice 2. poznati su podaci o nabavnoj i prodajnoj cijeni po komadu te likvidacijskoj vrijednosti.

Izračun troškova po jedinici nedostajućih zaliha prema formuli (9):

$$Cu = p - c = 190 - 110 = 80 \$ \quad (9)$$

Izračun troškova po jedinici prekomjernih zaliha prema formuli (10):

$$Co = c - s = 110 - 90 = 20 \$ \quad (10)$$

Kako bi se našla optimalna količina narudžbe "Q" potrebno je iskoristiti formule (11 i 12) za očekivani granični trošak i očekivani granični doprinos:

$$\textbf{Očekivani granični trošak} \quad Cu \cdot P(\text{potražnja} > Q) = Cu(1 - F(Q)) \quad (11)$$

Očekivani granični trošak se najkraće može objasniti kao umnožak troškova po jedinici nedostajućih zaliha i vjerojatnosti da će potražnja biti veća od Q.

$$\textbf{Očekivani granični doprinos} \quad Co \cdot P(\text{potražnja} \leq Q) = Co * F(q) \quad (12)$$

Očekivani granični doprinos se najkraće može objasniti kao umnožak troškova po jedinici prekomjernih zaliha i vjerojatnosti da će potražnja biti manja ili jednaka Q. Da bi se maksimizirao očekivani profit potrebno je naći takav "Q" da je očekivani granični trošak jednak očekivanom graničnom doprinosu po formuli (13):

$$Cu * P(\text{potražnja} > Q) = Co * P(\text{potražnja} \leq Q) \quad (13)$$

$$Cu(1 - F(Q)) = Co * F(Q)$$

Iz čega slijedi:

$$Q = F^{-1}\left(\frac{C_u}{C_u + C_o}\right) \quad (14)$$

Razlomak u zagradi se naziva još i kritični omjer (engl. critical ratio):

$$SL = \frac{C_u}{C_u + C_o} \quad (15)$$

$$\frac{80}{80+20} = 0,8$$

Na kraju se izračunava optimalni "Q":

$$Q = F^{-1}(0,8) = \mathbf{4186 \text{ komada}}$$

Poznata je površina pod krivuljom odnosno kritični omjer koji iznosi 0.8, a od ranije je poznata predviđena potražnja te standardna devijacija potražnje. Računa se ona vrijednost (Q) za koju vrijedi da postoji vjerojatnost od 80 posto da će zadovoljiti moguću potražnju tj. da se zalihe neće potrošiti prije.

$$U \text{ Excelu} = \text{NORMINV}(0,8, 3192, 1181)$$

Objašnjenje formule (14) napisane u Excelu:

NORMINV(vjerojatnost, srednja vrijednost, standardna devijacija)

- Vjerojatnost - koja odgovara normalnoj distribuciji
- Srednja vrijednost - aritmetička sredina distribucije
- Standardna devijacija - standardna devijacija distribucije

Statistička funkcija u Excelu NORMINV vraća vrijednost x (u ovome slučaju označen kao Q) tako da, s vjerojatnošću (p=0,8), normalna slučajna varijabla sa srednjom vrijednosti ($\mu=3192$) i standardnom devijacijom ($\sigma=1181$) poprima vrijednost manju ili jednaku Q.

Rezultat koji je dobiven formulom (14) znači da rezultati manji ili jednaki 4186 imaju vjerojatnost od 80 posto zadovoljenja potražnje.

Tablica 2. Maksimiziranje očekivane dobiti

prodajna cijena po komadu	p =	190 \$
nabavna cijena po komadu	c =	110 \$
likvidacijska vrijednost (engl. salvage value)	s =	90 \$
trošak po jedinici nedostajućih zaliha (engl. underage cost)	Cu = p - c	80 \$
trošak po jedinici prekomjernih zaliha (engl. overage cost)	Co = c - s	20 \$
Predviđena potražnja	μ =	3192
St. dev. Potražnje	σ =	1181
razina usluge (engl. Critical ratio)		0,8
		4186
	Q =	4186

U tablici 2. navedeni su poznati podaci o Hammer 3/2 ronilačkom odijelu. Crvenom bojom prikazana je prodajna cijena po komadu, nabavna cijena po komadu te likvidacijska vrijednost. Trošak po jedinici nedostajućih i prekomjernih zaliha izračunat je pomoću formula (7) i (8). Predviđena potražnja te standardna devijacija potražnje potrebne za normalnu razdiobu izračunate su pomoću formula (5) i (6). Pomoću formule (11) izračunava se optimalni "Q" tj. optimalna količina narudžbe.

Objašnjenje zadatka:

Problem odnosno izazov tvrtke O'Neill je izračun optimalne količine narudžbe Hammer 3/2 ronilačkog odijela. Prije svega, tvrtka mora imati određene povijesne podatke te podatke o proizvodu koji se promatra. Pomoću povijesnih podataka svih modela ronilačkih odijela računa se prognoza potražnje te standardna devijacija potražnje. Koristi se normalna razdioba koja je korisna jer može odrediti vjerojatnosti zadovoljenja potražnje u slučaju određene poznate količine narudžbe kao i određivanje količine narudžbe ukoliko je poznata vjerojatnost u kojoj će ona zadovoljiti potražnju. Nakon toga se računa trošak po jedinici prekomjernih i nedostajućih zaliha pomoću kojih se može dobiti kritični omjer. Iz formula za očekivani granični doprinos i trošak izvlači se nepoznanica Q koja predstavlja optimalnu količinu narudžbe. Određuje se takav Q da je vjerojatnost da će potražnja biti manja od Q jednaka

kritičnom omjeru 0,8. U Excelu se vrlo lako može doći do izračuna, a također to se može napraviti i uz pomoć tablica vjerojatnosti za normalnu razdiobu. .

“Q” dobiven Newsvendor modelom je veći od predviđene potražnje ($4186 > 3200$) zbog nepredviđenosti potražnje što se može vidjeti po velikoj standardnoj devijaciji potražnje koja je iznosila 1181 komad. Također izračunati trošak po jedinici nedostajućih zaliha je veći od troška po jedinici prekomjernih zaliha. ($C_u > C_o$). To znači da je za tvrtku bolje imati višak proizvoda na zalihama nego da potražnja za proizvodima nadmaši razinu zaliha jer je veliki gubitak po svakom proizvodu koji je potencijalno mogao biti prodan, ali ga nije bilo na zalihama.

5. Zaključak

Upravljanje zalihama jedan je od najvažnijih, najkompliciranijih i najtežih logističkih zadataka. Mnoga poduzeća suočena su s problemima odnosno izazovima koji otežavaju pronalaženje optimalne politike i modela upravljanja zalihama. Neki od izazova poduzeća su: teško predviđanje potražnje, nesiguran proces nabave, dugo vrijeme isporuke, kratko vrijeme potražnje za određenim (pogotovo sezonskim) proizvodima. Danas je jedan od temeljnih menadžerskih zadataka udovoljiti suvremenim zahtjevima koji se odnose na smanjenje razine zaliha, visoku fleksibilnost, bržu isporuku te niže troškove poduzeća.

Dodatni problem odnosno dodatna karakteristika proizvoda može biti i njegov kraći vijek trajanja koji dodatno komplicira planiranje zaliha. Cilj ovog završnog rada je bio prikazati primjer rješavanja problema određivanja zaliha upravo za takvu vrstu proizvoda. Potrebno je bilo naći optimalnu količinu narudžbe za model ronilačkog odijela Hammer 3/2 kojeg tvrtka O'Neill naručuje od proizvođača iz Azije. Ronilačkom odijelu sezona traje svega par mjeseci te je vrlo bitno unaprijed odabrati količinu zaliha. Loš odabir potrebnih zaliha artikla tvrtke O'Neill može značiti smanjenu moguću dobit u sezoni prodaje. Tvrtka pomoću povijesnih podataka i podataka o proizvodu koji se promatra izrađuje Newsvendor model. Pomoću njega se vrlo brzo dolazi do optimalne količine narudžbe koja ponajviše ovisi o sljedećim parametrima: prodajna cijena po komadu, nabavna cijena po komadu, likvidacijskoj vrijednosti, predviđenoj potražnji te standardnoj devijaciji potražnje. Pomoću tih ulaznih podataka tvrtke lako mogu doći do potrebnih ostalih izračuna.

Optimalna količina narudžbe će značiti da tvrtka nije naručila premalo proizvoda i izgubila potencijalnu dobit od prodaje niti je naručila previše proizvoda koji će nakon sezone postati višak te će se vrlo vjerojatno prodavati po sniženim cijenama kako bi se ispraznile zalihe.

Loš odabir potrebnih zaliha artikla tvrtke O'Neill može značiti smanjenu moguću dobit u sezoni prodaje. Kako je prikazano u radu, prognozirana potražnja ne mora uvijek biti dobar parametar isplati li se ili ne naručiti malo više zaliha određenog artikla. U nekim slučajevima, veća količina zaliha iako neprodana u cijelosti donosi veću dobit nego nedostatak istoga kao što je to primjer u promatranoj studiji slučaja.

Pomoću Newsvendor modela poduzeća mogu napraviti značajne uštede jer sudeći prema ostvarenim rezultatima, Newsvendor model predstavlja dobar model za upravljanje zalihama. Omogućuje smanjenje troškova, poduzeću daje bolju financijsku stabilnost te zadovoljava potražnju na tržištu što je jedna od ključnih stavki cjelokupnog poslovanja.

Literatura

- [1] Ammer, C., Ammer, D. S.: Dictionary of Business and Economics, The Free Press, London, 1984.
- [2] Šafran M.: Nastavni materijali iz kolegija " Upravljanje zalihama ", Fakultet prometnih znanosti
- [3] J. Šamanović : Prodaja, distribucija, logistika teorija i praksa, Ekonomski fakultet Split, Split, 2009.
- [4] Tomašić, D.: Logistički model optimizacije upravljanja zalihama, doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [5] Segetlija, Z.: Uvod u poslovnu logistiku, II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2008.
- [6] Ferišak, V., Medveščak, I., Renko, F., Sremec, D., Snajder, B.: Poslovna logistika, INFORMATOR, Zagreb, 1983.
- [7] Segetlija, Z.: Logistika u gospodarstvu, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2011.
- [8] Slack, N., Chambers, S., Johnston, R.: Operations Management, sixth edition, Prentice Hall, 2010., ISBN: 978-0-273-73046-0, (Pristup: 19.02.2020.) dostupno na Operations Management
- [9] Segetlija, Z.: Uvod u poslovnu logistiku, II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, 2008.
- [10] R. R. Chen; T.C.E. Cheng; T.M. Choi; Y. Wang (2016). "Novel Advances in Applications of the Newsvendor Model". Decision Sciences. 47: 8–10. doi:[10.1111/dec.12215](https://doi.org/10.1111/dec.12215)
- [11] Schweitzer, M.E.; Cachon, G.P. (2000). "Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: Experimental evidence". Management Science. 43 (3): 404–420. doi:[10.1287/mnsc.46.3.404.12070](https://doi.org/10.1287/mnsc.46.3.404.12070)
- [12] <https://people.orie.cornell.edu/mru8/orie3120/lec/lec08.pdf> (pristupljeno kolovoz 2023.)

[13] <https://ocw.mit.edu/courses/15-772j-d-lab-supply-chains-fall-2014/pages/calendar/>
(pristupljeno, kolovoz 2023)

[14] Khouja, M., (1999) The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. Omega, International Journal of Management Science

[15] <https://eu.oneill.com/products/hammer-3-2-chest-zip-full-black> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

Popis slika

Slika 1. Vrste zaliha s obzirom na vrstu robe i planiranje [5].....	7
Slika 2. Proizvodi koji imaju ograničeni vijek trajanja [12]	10
Slika 3. Kritični omjer odgovara površini koju pokriva optimalna količina zaliha [12]	13
Slika 4. Razlika u kritičnim omjerima ovisno o proizvodima [12]	13
Slika 5. O'Neill ronilačko odijelo [15]	14
Slika 6. Vremenska linija za O'Neill ronilačka odijela.....	15
Slika 7. Povijesni podaci potražnje za sve modele O'Neill ronilačkih odijela	17

Popis tablica

Tablica 1. Povijesni podaci potražnje O'Neill ronilačkih odijela	16
Tablica 2. Maksimiziranje očekivane dobiti	21