

Planiranje materijala u organizaciji za održavanje zrakoplova

Cvetnić, Andrija

Master's thesis / Diplomski rad

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:773789>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad

Planiranje materijala u organizaciji za održavanje zrakoplova

Andrija Cvetnić

JMBAG: 0135248391

Koprivnica, Siječanj 2025.



**Sveučilište
Sjever**

Održiva mobilnost i logistički menadžment

Diplomski rad

**Planiranje materijala u organizaciji za održavanje
zrakoplova**

Student

Andrija Cvetnić,

JMBAG: 0135248391

Mentorica

doc.dr.sc. Ivana Martinčević

Koprivnica, Siječanj 2025.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	LOGISTIKA I ODRŽIVA MOBILNOST		
STUDIJ	ODRŽIVA MOBILNOST I LOGISTIČKI MENADŽMENT		
PRISTUPNIK	Andrija Cvetnić	MATIČNI BROJ	0135248391
DATUM	04.02.2025.	KOLEGIJ	Poslovna analiza
NASLOV RADA	Planiranje materijala u organizaciji za održavanje zrakoplova		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Materials planning in an aircraft maintenance organization

MENTOR	Ivana Martinčević	ZVANJE	docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Ana Globočnik Žunac, predsjednik		
	2. doc.dr.sc. Vesna Sesar, član		
	3. doc.dr.sc. Ivana Martinčević, mentor		
	4. prof.dr.sc.Krešimir Buntak, zamjenski član		
	5. _____		

Začetak diplomskog rada

BROJ: 228/OMIL/2025

OPIS

Organizacija za održavanje zrakoplova koristi razne alate za određivanje količine materijala kako bi se što bolje odredio broj potrebnih dijelova za nesmetan rad. U zrakoplovstvu se materijali i dijelovi klasificiraju na standardne dijelove, sirove i potrošne materijale te komponente zrakoplova koje se dijele na rotirajuće dijelove, popravljive dijelove i nepopravljive dijelove. Materijali se trebaju skladištiti na propisan način koji iziskuje velike resurse organizacije za osiguravanje kvalitete. U ovom diplomskom radu prikazat će se problematika primjene ABC analize u svrhu analiziranja koje količine materijala i dijelova (komponenli) je potrebna za radionu koja se bavi održavanjem Ni-Cd baterija u MRO organizaciju čiji proces održavanja mora biti kontinuiran. Bit će prikazano koji od tih materijala mora biti skladišten i na koji način te u kojim atmosferskim uvjetima. Cilj istraživanja je utvrditi koliko zaliha materijala i dijelova je potrebno za nesmetan rad radione za održavanje Ni-Cd baterija u MRO organizaciji, kada treba naručiti materijal te kako, što i gdje treba skladištiti.

ZADATAK PRUČEN 7.2.2025. POTPIŠ MENTORA *Ivana Martinčević*



Predgovor

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc.dr.sc. Ivani Martinčević na savjetima, podršci i prenesenom znanju prilikom pisanja diplomskog rada kao i tijekom cijelog diplomskog studija. Njezina stručnost i pristup bili su ključni za moje akademsko napredovanje i uspjeh.

Sažetak

Ovaj diplomski rad bavi se planiranjem količine materijala u organizaciji za održavanje zrakoplova (MRO). Dijelovi i materijali klasificirani su prema Uredbi EU 1321/2014, koja propisuje jedinstvene standarde sigurnosti za sve MRO organizacije u Europskoj uniji. Cilj rada je odrediti optimalne zalihe materijala i dijelova potrebnih za nesmetan rad radionice za održavanje Ni-Cd baterija, metode skladištenja te uvjete očuvanja kvalitete materijala.

Problem istraživanja odnosi se na izazove s kojima se suočavaju MRO organizacije u planiranju potrebnih materijala. Materijali i dijelovi klasificiraju se na standardne dijelove, sirove i potrošne materijale te komponente, koje uključuju rotirajuće, popravljive i nepopravljive dijelove. Pravilno skladištenje ovih materijala zahtijeva značajne resurse kako bi se osigurala kvaliteta i kontinuitet rada.

ABC analiza primijenjena je za utvrđivanje potrebnih količina materijala i dijelova za održavanje Ni-Cd baterija. Rad istražuje koji su materijali ključni za skladištenje, kako ih treba skladištiti te pod kojim uvjetima. Glavni izazovi uključuju ograničenja skladišnog prostora te dostupnost i nabavu materijala.

Metodologija rada obuhvaća teorijski i praktični dio. U teorijskom dijelu korištene su metode analize, sinteze, deskripcije, kompilacije i indukcije. Praktični dio temelji se na provedbi ABC analize koristeći dostupne podatke zrakoplovnih operatera. Analiziran je tok materijala od dobavljača do skladištenja i ugradnje u zrakoplove.

Istraživačke hipoteze su:

1. Vrijednost materijala i dijelova u skladištu ključan je faktor za primjenu ABC metode.
2. ABC metoda prikladna je za optimizaciju skladišnih zaliha MRO organizacija.

Ključne riječi: MRO organizacija, održavanje zrakoplova, Ni-Cd baterije, planiranje zaliha, skladištenje materijala, ABC analiza, upravljanje zalihama, klasifikacija materijala.

Abstract

This thesis focuses on the planning of material quantities in an aircraft maintenance organization (MRO). Parts and materials are classified according to EU Regulation 1321/2014, which prescribes uniform safety standards for all MRO organizations within the European Union. The objective of the study is to determine the optimal inventory levels of materials and parts necessary for the seamless operation of a Ni-Cd battery maintenance workshop, storage methods, and conditions required to maintain material quality.

The research problem addresses the challenges faced by MRO organizations in planning the required materials. Materials and parts are categorized into standard parts, raw and consumable materials, and components, which include rotating, repairable, and non-repairable parts. Proper storage of these materials demands significant resources to ensure quality and operational continuity.

The ABC analysis was applied to determine the required quantities of materials and parts for the maintenance of Ni-Cd batteries. The study examines which materials are essential for storage, how they should be stored, and under what conditions. Key challenges include limited storage space and the availability and procurement of materials.

The methodology consists of theoretical and practical components. The theoretical part employs methods such as analysis, synthesis, description, compilation, and induction. The practical part is based on performing an ABC analysis using available data from aviation operators. The material flow from suppliers to storage and eventual installation on aircraft is analyzed.

The research hypotheses are:

1. The value of materials and parts in storage is a critical factor for applying the ABC method.
2. The ABC method is suitable for optimizing inventory management in MRO organizations.

Keywords: MRO organization, aircraft maintenance, Ni-Cd batteries, inventory planning, material storage, ABC analysis, inventory management, material classification.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Predmet i cilj istraživanja.....	1
1.2. Problem istraživanja.....	1
1.3. Metodologija.....	2
1.4. Hipoteze	3
1.5. Struktura i sadržaj rada	3
2. Klasifikacija komponenti i materijala u Part M organizaciji prema Uredbi Komisije EU 1321/2014	4
2.1. Klasifikacija komponenti	6
2.2. Skladištenje dijelova i materijala	10
2.3. Prepoznavanje i otkrivanje prijetnji povezanih s neispravnim skladištenjem zrakoplovnih dijelova pomoću FMECA metode	17
3. Upravljanje skladišnim inventarom	22
3.1. Upravljanje zalihama	23
3.2. Modeli upravljanja zalihama.....	26
3.3. Klasifikacija i optimiranje sustava upravljanja zalihama	30
4. Primjena ABC metode za određivanje dijelova i materijala potrebnim za održavanje Ni-Cd baterija u MRO organizaciji.....	38
4.1. Princip rada, konstrukcija i održavanje Ni-Cd baterija.....	39
4.2. Primjena ABC metode u organizaciji za održavanje Ni-Cd baterija	45
5. Zaključak.....	59
Popis literature	61
Popis slika.....	63
Popis tablica.....	64

1. Uvod

1.1. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja diplomskog rada je planiranje količine materijala u organizaciji koja se bavi održavanjem zrakoplova. Dijelovi i materijali klasificiraju se prema Uredbi komisije EU 1321/2014 koja propisuje razinu sigurnosti koja je jedinstvena za sve organizacije čija je djelatnost održavanje zrakoplova (eng. *Maintenance, Repair and Overhaul*- MRO) u Europskoj uniji.

Cilj istraživanja je utvrditi koliko zaliha materijala i dijelova je potrebno za nesmetan rad radione za održavanje Ni-Cd baterija u MRO organizaciji, kada treba naručiti materijal te kako, što i gdje treba skladištiti. Glavni nedostaci su limitiranost veličine skladišta te dostupnost i dobavljaljivost materijala.

1.2. Problem istraživanja

Organizacija za održavanje zrakoplova koristi razne alate za određivanje količine materijala kako bi se što bolje odredio broj potrebnih dijelova za nesmetan rad. U zrakoplovstvu se materijali i dijelovi klasificiraju na standardne dijelove, sirove i potrošne materijale te komponente zrakoplova koje se dijele na rotirajuće dijelove, popravljive dijelove i nepopravljive dijelove. Materijali se trebaju skladištiti na propisan način koji iziskuje velike resurse organizacije za osiguravanje kvalitete.

U diplomskom radu prikazana je problematika primjene ABC analize u svrhu analiziranja koje količine materijala i dijelova (komponenti) je potrebna za radionu koja se bavi održavanjem Ni-Cd baterija u MRO organizaciju čiji proces održavanja mora biti kontinuiran. Bit će prikazano koji od tih materijala mora biti skladišten i na koji način te u kojim atmosferskim uvjetima.

1.3. Metodologija

Metodologija rada je razviti i primijeniti ABC metodu za određivanje količine materijala za zrakoplovnu kompaniju koja održava svoje zrakoplove te pruža uslugu održavanja i za druge zrakoplovne kompanije. Prema javno dostupnim informacijama zrakoplovnih prijevoznika primijenit će se istraživanje pri čemu će hipoteze rada biti dokazane ili opovrgnute. Diplomski rad sastoji se od teorijskog i praktičnog dijela.

Za izradu teorijskog dijela koristit će se sljedeće metode:

1. Metoda analize- sastoji se od raščlanjivanja složenih pojmova, zaključaka ili sustava na jednostavnije komponente kako bi se bolje razumjeli njihovi odnosi i elementi.
2. Metoda sinteze - suprotna je metodi analize koja uključuje povezivanje jednostavnih elemenata, ideja ili zaključaka u cjelinu. Ova metoda omogućuje stvaranje složenih zaključaka ili sustava na temelju prethodno analiziranih podataka.
3. Metoda deskripcije - fokusira se na jednostavno opisivanje i evidentiranje činjenica, procesa ili predmeta, bez dubljeg tumačenja ili objašnjavanja njihovih uzroka. Ova metoda često služi kao temelj za daljnje analize ili istraživanja.
4. Metoda kompilacije - podrazumijeva prikupljanje i korištenje tuđih istraživačkih rezultata, zaključaka i opažanja. Premda se smatra sekundarnim pristupom, može biti koristan u sintezi znanja ili pregledima literature.
5. Metoda indukcije - omogućuje donošenje općeg zaključka na temelju analize pojedinačnih slučajeva ili činjenica. To je osnovni postupak u znanstvenom istraživanju koji vodi prema formuliranju općih pravila ili teorija.

U teorijskom dijelu primijenit će se dostupna literatura, dok će se kod praktičnog dijela napraviti ABC analiza prema dostupnim podacima. Znanstvene metode koje će biti korištene u diplomskom radu su stručna literatura, web stranice te analiziranje dostupnih podataka u svrhu ABC analize. U ovom diplomskom radu će biti prikazan proces od nabavke materijala i dijelova od dobavljača, kroz prijem i skladištenje materijala sve do instalacije na zrakoplov.

1.4. **Hipoteze**

Istraživačke hipoteze predstavljaju temelj istraživačkog procesa koji se definiraju na osnovu prethodno definiranog predmeta, cilja, i predmeta istraživanja. Hipoteze diplomskog rada su:

1. hipoteza: vrijednost materijala i dijelova na skladištu je bitan faktor kod kreiranja ABC metode.

2. hipoteza: ABC metoda prikladna je za optimizaciju skladišnih zaliha MRO organizacija.

1.5. **Struktura i sadržaj rada**

Diplomski rad sadržavat će pet temeljnih poglavlja. Prvo poglavlje je uvod. Drugo poglavlje je poglavlje „Klasifikacija komponenti i materijala u Part M organizaciji prema uredbi komisije EU 1321/2014“. Drugo poglavlje sadrži tri zasebna potpoglavlja, a to su:

- 1) Klasifikacija komponenti,
- 2) Skladištenje dijelova i materijala,
- 3) Prepoznavanje i otkrivanje prijetnji povezanih s neispravnim skladištenjem zrakoplovnih dijelova pomoću FMECA metode.

Treće poglavlje je poglavlje „Upravljanje skladišnim inventarom“ koje opisuje upravljanje materijalom i dijelovima u skladištima. Treće poglavlje sadrži tri potpoglavlja, a to su:

- 1) Upravljanje zalihama,
- 2) Modeli upravljanja zalihama,
- 3) Klasifikacija i optimiranje sustava upravljanja zalihama,

Četvrto poglavlje „Primjena ABC metode za određivanje dijelova i materijala potrebnim za održavanje Ni-Cd baterija u MRO organizaciji“ opisuje proces planiranja materijala koje su potrebne za kontinuiran proces održavanja Ni-Cd baterija u Organizaciji koja se bavi održavanjem zrakoplova. Četvrto poglavlje sadrži dva potpoglavlja, a to su:

- 1) Princip rada, konstrukcija i održavanje nikal- kadmij (Ni-Cd) baterija,
- 2) Primjena ABC metode u organizaciji za održavanje nikal- kadmij (Ni-Cd) baterija

Peto poglavlje je „Zaključak“, te se navodi literatura, popis korištenih slika i tablica.

2. Klasifikacija komponenti i materijala u Part M organizaciji prema Uredbi Komisije EU 1321/2014

Uredba komisije donosi se na prijedlog Europske agencije za zrakoplovnu sigurnost- (eng. *European Aviation Safety Agency- EASA*) koja obnaša regulatornu i izvršnu vlast u sferi sigurnosti civilnog zrakoplovstva u Europskoj Uniji. EASA je nadležna za prijedloge novih nacrti zakona vezanih uz zrakoplovstvo, provedbu i nadzor pravila i propisa u državama članicama, certificiranje novih zrakoplova i komponenti, certificiranje organizacija za proizvodnju i održavanja zrakoplovnih proizvoda.

EASA je predložila nacrt zakona kojim bih se regulirali zakoni o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja te je donesena nova uredba komisije br.1321/2014.

Uredba komisije br.1321/2014 je uredba o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja uključenih u te poslove. Uredba br.1321/2014 procesuirala tehničke zahtjeve i administrativne postupke koji osiguravaju kontinuiranu plovidbenost zrakoplova.¹

Uredba komisije br.1321/2014 je izmijenjena i dopunjena u skladu s Uredbu komisije br. 2019/1383 čime je upotpunjena sustavom za upravljanje sigurnošću u organizacijama za vođenje kontinuirane plovidbenosti.²

¹ Uredba Komisije (EU) br. 1321/2014 od 26. studenoga 2014. o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja uključenih u te poslove,

² Provedbena uredba Komisije (EU) 2019/1383 od 8. srpnja 2019. o izmjeni i ispravku Uredbe (EU) br. 1321/2014 u pogledu sustava za upravljanje sigurnošću u organizacijama za vođenje kontinuirane plovidbenosti te olakšavanja održavanja i vođenja kontinuirane plovidbenosti za zrakoplove općeg zrakoplovstva.

Uredba komisije br.1321/2014 sastoji se od sljedećih priloga:

1. prilog I (Part- M),
2. prilog II (Part- 145),
3. prilog III (Part- 66),
4. prilog IV (Part- 147),
5. prilog Va (Part- T),
6. prilog Vb (Part- ML),
7. prilog Vc (Part- CAMO),
8. prilog Vd (Part- CAO).

Prilog I (Part M) sačinjava se od Odjeljka A- Tehnički zahtjevi i Odjeljka B- Postupci za nadležna tijela, te se oba odjeljka sastoje od sljedećih pododjeljka:

1. Pododjeljak A-Općenito,
2. Pododjeljak B: Odgovornost,
3. Pododjeljak C:Kontinuirana Plovidbenost,
4. Pododjeljak D:Standardi održavanja,
5. Pododjeljak E:Komponente,
6. Pododjeljak F Organizacija za održavanje,
7. Pododjeljak G: Organizacija za vođenje kontinuirane plovidbenosti,
8. Pododjeljak H: Potvrda o puštanju u upotrebu (eng. *Certificate of release to service-CRS*),
9. Pododjeljak I: Potvrda o provjeri plovidbenosti.

Komponente su propisane i regulirane prema Uredbi komisije br.1321/2014 u prilogu 1 -Part M, pododjeljku E -Komponente.³

³Uredba Komisije (EU) br. 1321/2014 od 26. studenoga 2014. o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja uključenih u te poslove.

Na slici 1 prikazan je logo Europske agencije za zrakoplovnu sigurnost koja obnaša regulatornu i izvršnu vlast u sferi sigurnosti civilnog zrakoplovstva u Europskoj Uniji.



Slika 1. Logo Europske agencije za zrakoplovnu sigurnost

Izvor: EASA, službena Internet stranica, dostupno na <https://www.easa.europa.eu/en> (10.09.2024.)

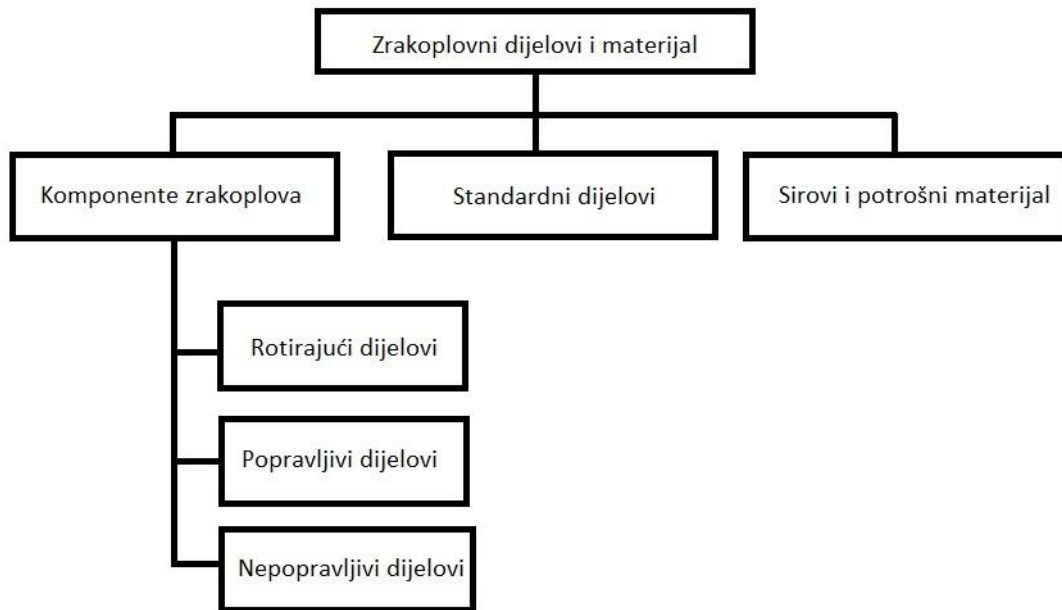
2.1. Klasifikacija komponenti

Komponente se klasificiraju prema Uredbi komisije br.1321/2014 na:⁴

- 1) rotirajuće komponente koje su u zadovoljavajućem stanju te je za tu komponentu izdan obrazac EASA Form 1,
- 2) popravljive komponente koje mogu biti održavane u skladu s Uredbom komisije br.1321/2014,
- 3) komponente kategorizirane kao nepopravljive zbog dosegnutog životnog vijeka ili zbog određene neispravnosti komponente,
- 4) standardni dijelovi koriste se na zrakoplovima, motorima, propelerima ili druge zrakoplovne komponente koje su praćene i postoji dokaz o izvornosti materijala,
- 5) potrošni materijal,
- 6) sirovi materijal.

⁴ Službena web stranica: Avilaw, <https://avilaw.info/avilaw-base/classification-and-installation-components/>, dostupno 19.01.2024.

Na slici broj 2 prikazan je grafički prikaz zrakoplovnih dijelova i materijal koji se klasificiraju prema Uredbi komisije br.1321/2014.



Slika 2. Zrakoplovni dijelovi i materijal

Izvor: Pita, O.: Održavanje zrakoplova II, Logistika održavanja zrakoplova, Autorizirana predavanja, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2015

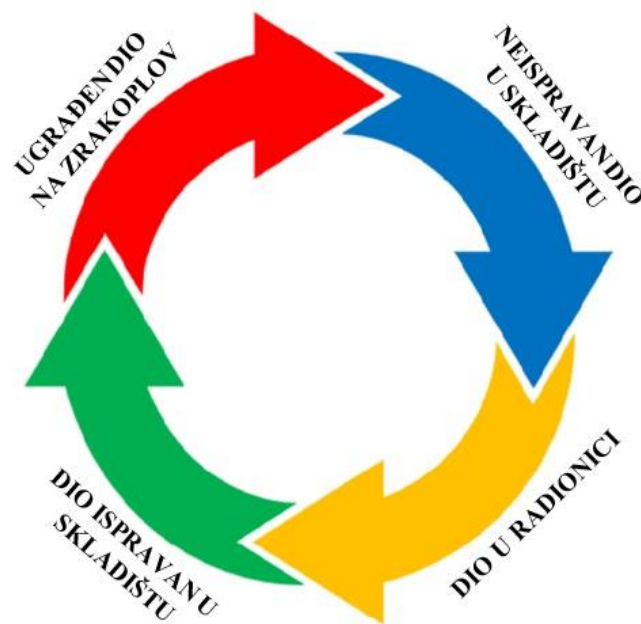
Zrakoplovni dijelovi i materijali dijele se na :

1. rotirajuće komponente,
2. popravljive komponente,
3. nepopravljive komponente,
4. standardni dijelovi,
5. potrošni dijelovi i
6. sirovi dijelovi.

Rotirajuće komponente su popravljive komponente koje su serijalizirane. Svaka komponenta sadrži svoj broj dijela-(eng. *part number*- P/N) i jedinstveni serijski broj (eng. *serial number*- S/N) po kojemu se prati tijekom životnog vijeka komponente. Naziv rotirajuće komponente dolazi od činjenice da komponente tijekom svog životnog vijeka konstantno se obnavlja i održava u odgovarajućim i certificiranim radionicama koje imaju odobrenje za održavanje određene rotirajuće komponente (Pita, 2015).

Rotirajuće komponente imaju određeni životni vijek koji može biti izražen u satima leta (eng. *Flight hours- FH*), broju slijetanja i polijetanja- ciklusima (eng. *Cycles- CY*) ili kalendarskim datumom. Životni vijek komponente koja je određena kalendarskim datumom započinje datuma kada je komponenta proizvedena, obnovljena ili remontirana (eng. *Time since new- TSN*). Status komponenti se prati kako bi se znalo u kojem je statusu te se s pomoću tih podataka može pratiti povijest komponente (Pita, 2015).

Na slici broj 3 prikazan je životni tijek komponenti kroz eksploataciju.



Slika 3. Životni tijek rotirajuće komponente

Izvor: Pita, O.: Održavanje zrakoplova II, Logistika održavanja zrakoplova, Autorizirana predavanja, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2015.

Popravljive komponente zrakoplova su komponente koje u pravilu nisu serijalizirane te ih je moguće popraviti. Razlika između rotirajućih i popravljivih komponenti je u tome što se kod popravljivih komponenti ne prati tehnički vijek zbog toga što nije propisan vremenski period između remonta (eng. *Time before overhaul- TBO*). Ova vrsta komponenti ima dokumentaciju za održavanje, te su popravci definirani u tehničkoj dokumentaciji komponente (eng. *Component Maintenance Manual- CMM*) (Pita, 2015).

Popravljive komponente se najčešće održavaju zbog:

1. isteka životnog vijeka koji je određen programom održavanja zrakoplova,
2. neusklađenost između Direktive o plovidbenosti i zahtjeva o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova,
3. nedostatak potrebnih informacija o statusu komponente ili podobnosti komponente za ugradnju na zrakoplov,
4. nedostataka ili neispravnosti komponente,
5. komponenta koja je bila ugrađena na zrakoplov koji je sudjelovao u nesreći ili nezgodi.

Nepopravljive komponente su komponente zrakoplova koje nije moguće popraviti. Takve komponente u slučaju otkaza se zamjenjuju s novim komponentama. Stare neispravne komponente se prilikom zamjene odbacuju (Pita, 2015).

Nepopravljive komponente su:

1. komponente koje imaju neispravnost koju nije moguće popraviti,
2. komponente koje nisu propisno dizajnirane i ne mogu se naknadno prilagoditi da odgovaraju propisanim specifikacijama,
3. komponente koje su nepropisno modificirane ili popravljene,
4. komponente s ograničenim vijekom trajanja kojima je istekao životni vijek, ili nedostaje tehnička dokumentacija s kojom se prati životni vijek iste,
5. komponente čije stanje se ne može obnoviti zbog izlaganja ekstremnim uvjetima (npr. temperatura ili atmosferski uvjeti),
6. komponente koje se zbog specifikacija ne usklađuju s direktivama o plovidbenosti zrakoplova,
7. komponente čiji podaci o održavanju se ne mogu pronaći.

Standardni dijelovi su dijelovi zrakoplova koji se izrađuju sukladno industrijskom standardu. Industrijski standard definira sve potrebne informacije za izrađivanje standardnih dijelova. Standardni dijelovi se mogu koristiti na više tipova zrakoplova te su to najčešće pričvrtni dijelovi, brtve gorivnog i hidrauličkog sustava, osigurači, konektori, itd. (Pita, 2015).

Potrošni materijal je materijal koji se može iskoristiti samo jednom kao što su ulja, masti, ljepila, punila, brtvila, itd. (Pita, 2015).

Sirovi materijal je materijal koji zahtjeva dodatnu preradu ili prilagodbu kako bi ispunila zahtjeve da se može ugraditi na zrakoplov. Sirovi materijali su limovi, žice, kompozitni paneli, tepisi, itd. (Pita, 2015).

2.2. Skladištenje dijelova i materijala

Skladištenje rezervnih dijelova i materijala je ključan element u sklopu održavanja zrakoplova koji se u konačnici rezultira kroz iskoristivost, pouzdanost i sigurnost prijevoza u komercijalnom zračnom prijevozu.

Uvjeti skladištenja definirani su sljedećim parametrima:

1. temperatura skladišta,
2. vlažnost skladišta,
3. vremenski period skladištenja,
4. vremenski period i opseg održavanja zrakoplova,
5. provjera metode i načina skladištenja.

Skladište za komponente i materijale koje se koriste u zrakoplovstvu mora biti izgrađeno da zadovoljava sve protu-požarne i građevinske zakone. Skladište treba biti čisto, ventilirano i održavano kako bi se minimalizirali štetni atmosferski uvjeti. Skladište može biti otvorenog, polu zatvorenog ili zatvorenog tipa. Za skladištenje zrakoplovnih komponenti i materijala u zatvorenom tipu skladišta koriste se regali kroz koje je omogućen nesmetano cirkuliranje zraka. Regali su najčešće izrađeni od metala, ali mogu biti izrađeni i od drva za magnetske kompase i sličnu opremu. Skladišni regali moraju biti locirani dalje od izvora topline i svjetlosti kako bi se spriječio negativan utjecaj oba faktora na komponente i materijal koji se skladišti. Proizvođači navode limite temperature i vlage između kojih moraju se skladištiti zrakoplovni dijelovi. Maksimalna temperatura ne smije premašiti 45 °C te optimalna vlaga zraka iznosi od 40 % do 70 %.

Proizvođač zrakoplovnih dijelova propisuje maksimalni vremenski period skladištenja što znači da prije isteka roka trajanja skladištenja proizvod se mora upotrijebiti ili instalirati na zrakoplov. Ako prođe maksimalni period skladištenja, proizvod se mora ukloniti iz skladišta i označiti kao neupotrebljiv (Konieczka, et al., 2020).

Na slici broj 4 prikazan je skladišni regal napravljeni od metala na kojima se skladišti potrošni materijal razvrstan prema nazivu i broju dijela.



Slika 4. Metalni skladišni regal s potrošnim dijelovima

Izvor: slika autora, privatna arhiva

Rotirajući i potrošni dijelovi skladište se odvojeno, ako je moguće u originalnim kontejnerima. Skladišteni rotirajući dijelovi moraju biti numerirani, te upisana lokacija u skladišnoj evidenciji prema ATA poglavljima. Uz skladišteni rotirajući dio mora biti privezana etiketa rotirajućeg dijela (eng. *Rotable Tag*) i original certifikata potvrde o statusu komponente (eng. *EASA Form One*). Prilikom izdavanja rotirajućih dijelova potrebno je izdati dio u originalnoj ambalaži - kontejneru, a prilikom povratka neispravnog dijela koji je skinut s zrakoplova potrebno ga je vratiti u ambalaži ispravnog dijela koji je ugrađen na zrakoplov. Potrošni dijelovi i materijal skladište se na zasebnim regalima koji su numerirani, a njihova lokacija je upisana za svaki dio u skladišnoj evidenciji (Pita, 2015).

Svaka lokacija gdje se skladište potrošni dijelovi i materijal može sadržavati više različitih brojeva dijela (eng. *part number- P/N*). Određene šarže dijelova i materijala drže se odvojeno u zasebnim pakiranjima.

Na slici broj 5 prikazan je metalni regal na kojima se skladište rotirajući dijelovi u originalnim kontejnerima. Na svakom kontejneru je naljepnica na kojoj je evidentiran broj dijela, serijski broj dijela, opis te ATA poglavlje kojem pripada navedeni dio (Pita, 2015).



Slika 5. Metalni skladišni regal s rotirajućim dijelovima

Izvor: slika autora, privatna arhiva

Zrakoplovni dijelovi i materijali isporučeni su od strane dobavljača čija obveza je osigurati kvalitetu proizvoda koje distribuiraju (Pita, 2015).

Kako bi se osigurala kontrola kvalitete dijelova i materijala potrebno je posjedovati sljedeće kriterije i certifikate:

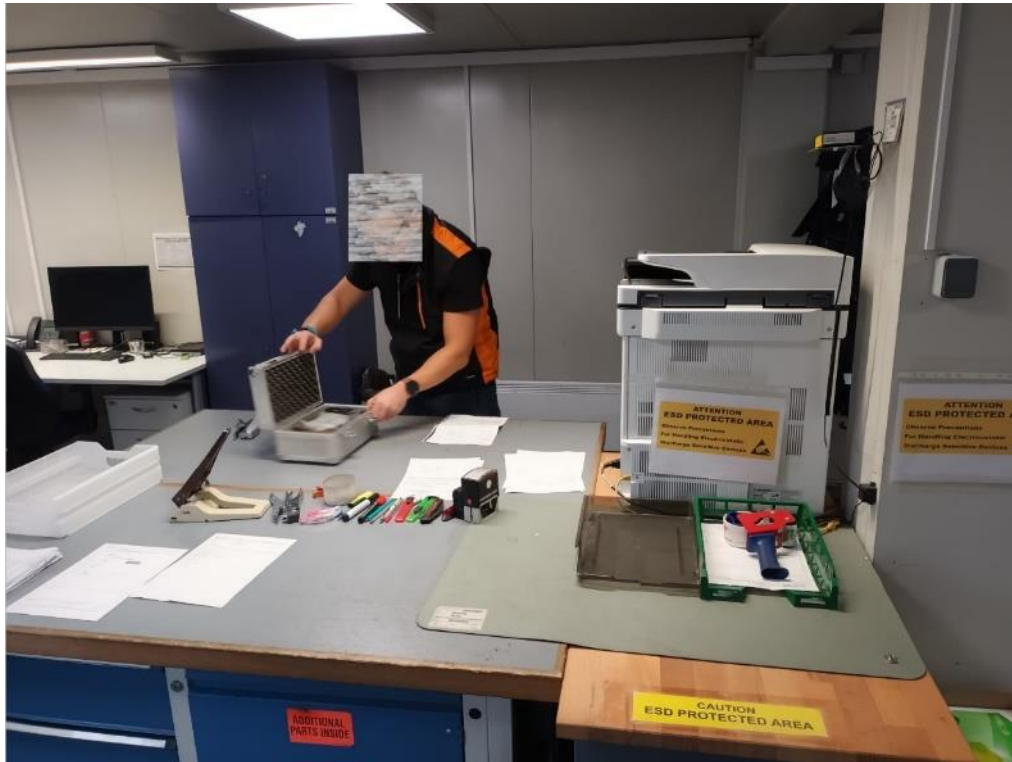
1. EASA Part 21 certifikat- zahtjevi koje mora zadovoljiti organizacija koja se bavi projektiranjem i proizvodnjom zrakoplova i dijelova (komponenti),
2. EASA Part 145 certifikat - zahtjevi koje mora zadovoljiti organizacija za održavanje zrakoplova u komercijalnom zračnom prijevozu,
3. ISO 9001 certifikat- međunarodni standard za sustave upravljanja kvalitetom (eng. *Quality Management System- QMS*),
4. brza isporuka,
5. blizina i dostupnost,
6. kvaliteta proizvoda.

Dobavljači koji posjeduju navedene kriterije i certifikate mogu snabdijevati dijelove i materijal Organizacijama za održavanje zrakoplova. Na temelju postavljenih kriterija, dobavljač je dužan voditi brigu o dijelovima koje je potrebno u određenom vremenskom periodu održavati, skladištiti i transportirati do krajnjeg korisnika. Dobavljači se auditiraju kako bi se izbjegla nekonzistentnost u procesu dobave dijelova i materijala od strane korisnika (Konieczka, et al., 2020).

Tehnički prijem dostavljenih paketa koji su isporučeni u Organizaciju za održavanje zrakoplova moraju biti pregledani od strane kvalificiranih djelatnika. Prilikom prijema zrakoplovnih dijelova (komponenti) i materijala potrebno je utvrditi i provjeriti sljedeće stavke:

1. provjeriti količinu materijala i dijelova da je sukladan naručenoj količini,
2. provjeriti stanje narudžbe da nije oštećena prilikom transporta,
3. provjeriti sukladnost dokumenta,
4. provjeriti zaštitne čepove i poklopce da su instalirani na adekvatnim mjestima,
5. provjeriti dokumentaciju i certifikate koji dokazuju uporabljivost.

Svi dijelovi i materijali koji su zadovoljili gore navedene kriterije mogu biti skladišteni. Točnost i dosljednost provjeravanja pomaže u sprječavanju pogrešaka prilikom prijema robe. Svaki dio je potrebno pregledati individualno kako je prikazano na slici broj 6 (Konieczka, et al., 2020).



Slika 6. Tehnički prijem dijelova i materijala u MRO organizaciji

Izvor: slika autora, privatna arhiva

U slučaju da je nađena neispravnost prilikom tehničkog prijema robe potrebno je robu staviti u karantensko skladište i označiti ju oznakom na kojoj zaveden broj dijela, serijski broj, broj isporuke, datum isporuke, ime dijela, identifikaciju lokacije na karantenskom skladištu te informacije o djelatniku koji je odnio dio u skladište. Zrakoplovni dijelovi označeni sa oznakom neispravnosti skladište se u posebna karantenska skladišta koja su odvojena od ispravnih dijelova kako ne bi došlo do slučajne zamjene. Na slici broj 7 prikazana je oznaka neispravnosti koja mora biti privezana s dijelom koji je neispravan.

Dijelovi s oznakom neispravnosti trebaju ostati na karantenskom skladištu sve dok se ne isprave određene nepravilnosti te se nakon toga dijelovi šalju na skladište kao ispravni dijelovi koji se mogu ugraditi na zrakoplov. Ako se neispravnosti ne mogu ukloniti, robu treba vratiti dobavljaču (Konieczka, et al., 2020).



Slika 7. Oznaka neispravnosti dijelova i materijala

Izvor: slika autora, privatna arhiva

Pokvareni neispravni dijelovi skladište se u zasebna skladišta koja su prilagođena za pokvarene neispravne dijelove. Pokvareni dijelovi koji su skinuti sa zrakoplova mogu se podijeliti u dvije skupine, a to su:

1. popravljive komponente,
2. nepopravljive komponente.

Certificirano osoblje proglašava komponentu neispravnom na temelju provedenih testova i provjera. Popravljiva komponenta koja je kvalificirana kao neispravna označava se žutom oznakom koja prikazuje privremenu neispravnost. U određenom vremenskom periodu takva komponenta šalje se na popravak u ovlaštenu radionicu. Nepopravljiva komponenta koja se klasificira kao neispravna označava se crvenom oznakom koja prikazuje potpunu neispravnost. Ovakvim sustavom označavanja komponenti osigurava se separacija komponenti te je to prevencija kako bi komponente bile odvojene i pravilno skladištene u zasebne prostorije. Osobito treba obratiti pažnju prilikom stavljanja i označavanja materijala i dijelova u karantensko skladište (Konieczka, et al., 2020).

Na slici broj 8 prikazano je karantensko skladište. Karantensko skladište mora biti odvojeno od ostalih skladišta (Konieczka, et al., 2020).

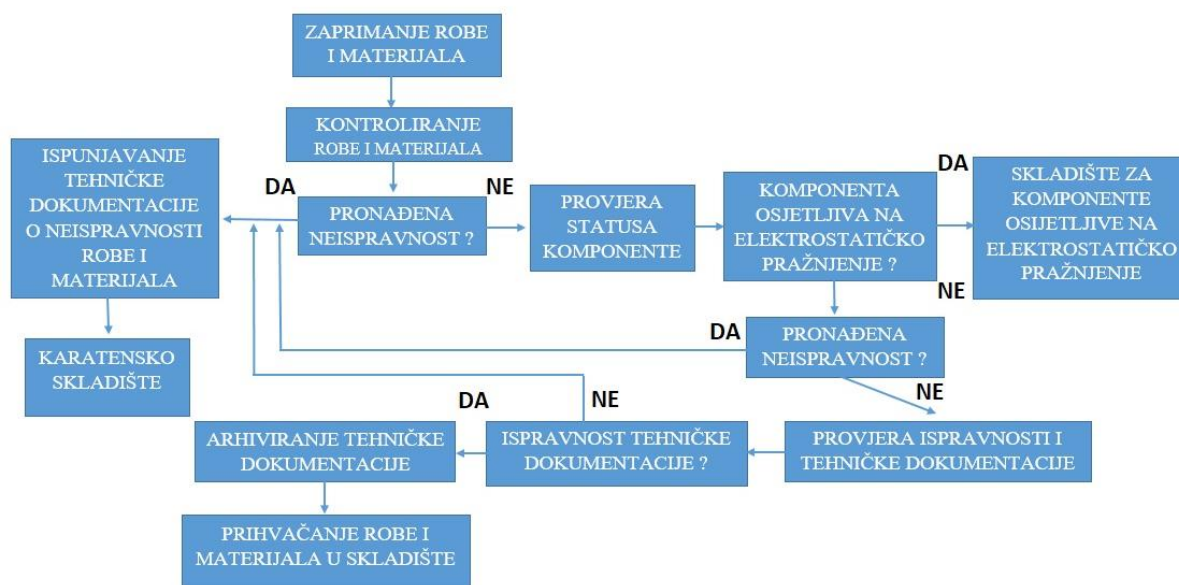


Slika 8. Karantensko skladište u MRO organizaciji

Izvor: slika autora, privatna arhiva

2.3. Prepoznavanje i otkrivanje prijetnji povezanih s neispravnim skladištenjem zrakoplovnih dijelova pomoću FMECA metode

Kompleksnost skladištenja zrakoplovnih dijelova je potencijalno velika prijetnja koja može uzrokovati propust. Kako bi se smanjila šansa za greškom radi se analiza rizika na temelju FMECA metode. Na slici broj 9 prikazan je shematski prikaz kompleksnosti procesa koji su potrebni za skladištenje zrakoplovnih dijelova i materijala (Konieczka, et al., 2020).



Slika 9. Proces skladištenja zrakoplovnih dijelova i materijala

Izvor: Konieczka R., Wyderka B. (2020) „The process of storing aviation parts in the context of flight safety“, Journal of KONBiN, Volume 50, Issue 2.

FMECA metoda (eng. *Failure mode, effects, and criticality analysis method*- FMECA) je metoda za procjenu rizika kvara i analizu kritičnosti. Svrha ove metode je utvrditi potencijalne kvarove u procesu, proizvodu ili sustavu. Metodom se analiziraju rizici koji se rangiraju od 1 do 10 na temelju sljedećih kriterija:

1. Učestalost nastanka greške (R),
2. Opasnost greške (Z),
3. Razina otkrivanja greške (W).

FMECA metoda je bazirana na jednadžbi:

$$RPN = R \times W \times Z$$

Pomoću ove jednadžbe izračunava se razina rizika skladištenja zrakoplovnih komponenti. Rezultat može biti između 1 i 1000. Što je veći rezultat to je veća razina mogućnosti nastanka propusta u procesu skladištenja. Organizacija koja skladišti zrakoplovne dijelove mora odrediti koji je kritičan broj iznad kojeg ne mogu prihvatiti mogućnost skladištenja komponenti i dijelova.

U tablici 1 prikazana je analiza rizika prema FMECA metodi. U prvom stupcu prikazane su najčešće stavke zbog kojih dolazi do propusta. U drugom stupcu prikazana je najčešća mogućnost greške po stavkama. U trećem stupcu prikazana je posljedica koja nastaje zbog moguće greške na lokalnoj i globalnoj razini. U četvrtom stupcu prikazan je indeks koji prikazuje kobnost nastanka greške (Z), analitički se prikazuje od 1 do 10, što je veći broj to je veća kobnost greške. U petom stupcu prikazan je razlog nastanka greške na lokalnoj i globalnoj razini. U šestom stupcu prikazan je indeks učestalosti nastanka greške (R) koji se analitički prikazuje od 1 do 10. U sedmom stupcu prikazana je način otkrivanja nastalog propusta. U osmom stupcu prikazan je indeks razine otkrivanja nastalog propusta koji se analitički prikazuje od 1 do 10. U devetom stupcu prikazan je rezultat FMECA metode koji je baziran na umnošku indeksa učestalosti nastanka greške (R), mogućnost nastanka greške (Z) i razine otkrivanja greške (W).

Rezultati dobiveni FMECA metodom prikazuju da je najveći rizik skladištiti komponente koje su osjetljive na elektrostatičko pražnjenje. Najčešća mogućnost greške nastaje zbog neraspoznavanja da se radi o komponenti koja je osjetljiva na elektrostatičko pražnjenje te je posljedica oštećenje komponente i prizemljenje zrakoplova. Kako bi se reducirala mogućnost neraspoznavanja komponente treba pratiti svaki korak prijema robe i materijala u skladište. Drugi najveći rizik skladištenja je verificiranje dostavljenih komponenti gdje se neispravno skladište komponente. Razlog nastanka rizika proizlazi iz ljudske pogreške koja nastaje zbog nedostatka radne snage, duge radne smjene, nedostatak educiranja ili zbog nedostatka u softverskim pomagalima u skladištu (Konieczka, et al., 2020).

Tablica 1. Analiza rizika prema FMECA metodi

Stavka	Mogućnost greške	Posljedica		z	Razlog		R	Otkrivanje	W	RPN
		Lokalno	Globalno		Lokalno	Globalno				
Procedure Skladištenja	Krivi uvjeti skladištenja zrakoplovnih komponenti i dijelova	Nastanak štete na komponenti	Nemogućnost popravka zrakoplova	8	Korištenje pogrešne ambalaže	Ljudska pogreška	2	Vizualni pregled	2	32
		Gubitak kemijskih i fizičkih svojstva	Oštećenje komponenti	5	Pogrešna temperatura i vlažnost skladišta	Radna svijest	3	Termometar i higrometar	6	90
		Skraćivanje životnog vijeka	Gubitak Garancije od proizvođača	3	Pogrešno skladištenje	Smanjenje organizacijskih troškova	2	Vizualni pregled i senzori	7	42
Kontrola dobavljača	Kašnjenje isporuke	Nedostatak skladištenih dijelova	Prizemljenje zrakoplova	3	Ljudska pogreška	Ljudska pogreška	2	Audit	1	6
	Greška u dostavi	Nedostatak skladištenih dijelova	Prizemljenje zrakoplova	3	Ljudska pogreška	Ljudska pogreška	3	Audit	1	9
Provjera dostavljenih dijelova	Pogrešna provjera dijelova	Neispravan tehnički prijem dijelova	prizemljenje zrakoplova	7	Ljudska pogreška	Ljudska pogreška	5	Provjera dijelova prilikom tehničkog prijema	4	140
Provjera certifikata od dijelova	Pogrešna provjera dijelova	Neispravan tehnički prijem dijelova	Prizemljenje zrakoplova	7	Ljudska pogreška	Ljudska pogreška	5	Provjera dijelova prilikom tehničkog prijema	4	140
Raspodjela dijelova prema ATA 300 poglavljima	Pogrešno pakiranje dijelova	Oštećenje dijelova	Prizemljenje zrakoplova	6	Ljudska pogreška	Pogreška dobavljača	2	Provjera dijelova prilikom tehničkog prijema	1	12

Tablica 1. NASTAVAK

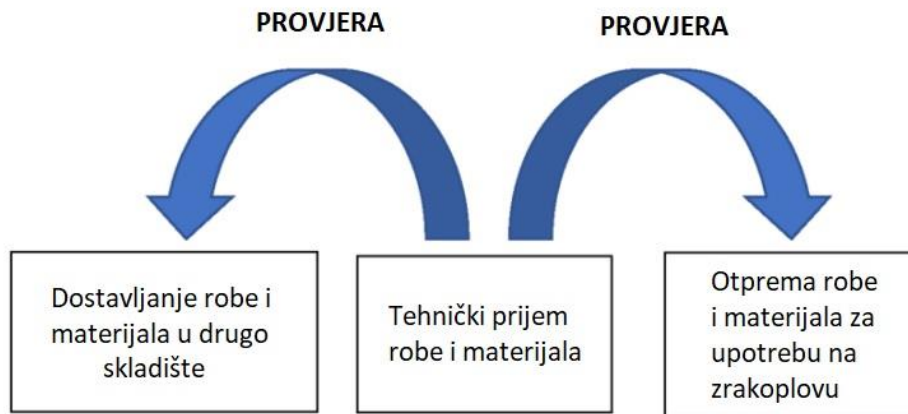
Dijelovi osjetljivi na elektrostatička pražnjenja	Provjera dijelova koje su osjetljive na elektrostatička pražnjenja	Oštećenje dijelova	Prizemljenje zrakoplova	8	Ljudska pogreška	Ljudska pogreška	7	Provjera dijelova prilikom tehničkog prijema	7	392
Dijelovi koji se skladište na karantenskom skladištu	Dijelovi koji su uskladišteni na karantenskom skladištu	Ugradnja dijela uskladištenog na karantenskom skladištu	Prizemljenje zrakoplova	9	Ljudska pogreška	Ljudska pogreška	2	Provjera dijelova prilikom tehničkog prijema	1	18
Neispravni dijelovi na skladištu	Upotreba neispravnog dijela kao ispravnog	Ugradnja dijela uskladištenog na skladištu	Prizemljenje zrakoplova	9	Ljudska pogreška	Ljudska pogreška	2	Provjera dijelova prilikom tehničkog prijema	1	18
IT sustav	Pogrešan unos podataka u sustav	Izgubljeni dijelovi	Trošak dijelova	4	Pogrešan unos lokacije dijela na skladištu	Ljudska pogreška	2	Inventura	2	16
		Upotreba komponente nakon isteka životnog vijeka	Nemogućnost popravka zrakoplova	5	Nemogućnost praćenja dijelova	Nemogućnost praćenja dijelova	2	Inventura	2	20
Kontrola motora i generatora	Zanemarivanje procesa skladištenja motora i generatora	Uklanjanje motora i generatora iz skladišta zbog neispravnosti	Neispravnost motora i generatora	9	Zanemarivanje procesa skladištenja motora i generatora	Nedostatak u ispunjavanju zahtjeva za skladištenje motora	2	Kontrola	2	36

Izvor: Konieczka R., Wyderka B. (2020) „The process of storing aviation parts in the context of flight safety“, Journal of KONBiN, Volume 50, Issue 2.

Metode povećavanja pouzdanosti skladištenja zrakoplovnih dijelova i materijala proizlaze iz povećavanja korektivnih mjera kao što su:

1. auditiranje,
2. educiranje radnika vezano uz ljudski faktor,
3. specijalizirano obučavanje radnika vezano za poslove skladištenja (posebno obučavanje za prijem komponenti osjetljivih na elektrostatičko pražnjenje),
4. konstantna kontrola prilikom prijema robe i materijala,
5. oformiti skladište za komponente koje su osjetljive na elektrostatičko pražnjenje,
6. ponoviti kontrolu robe i materijala kada se otprema za upotrebu na zrakoplovu,
7. ponoviti provjeru svakog procesa prilikom tehničkog prijema robe i materijala.

Na slici 10 prikazana je dodatna provjera prilikom tehničkog prijema robe i materijala te njihova distribucija u druga skladišta ili otprema za upotrebu na zrakoplovu.



Slika 10. Provjera procesa prilikom tehničkog prijema robe i materijala

Izvor: Konieczka R., Wyderka B. (2020) „The process of storing aviation parts in the context of flight safety“, Journal of KONBiN, Volume 50, Issue 2.

Konstantna identifikacija prijetnji je potrebna kako bi se odredio dozvoljeni rizik skladištenja robe i materijala. Kako bi se određivala kontinuirana identifikacija prijetnji potrebno je da skladište Struktura sustava upravljanja sigurnošću dijeli se na dva dijela, a to su pro-aktivni i reaktivni (Konieczka, et al., 2020).

3. Upravljanje skladišnim inventarom

Inventar i zalihe materijala su potrebne tvrtkama kako bi se odvijalo poslovanje, odnosno kako bi se zalihe trošile unutar tvrtke za vlastite potrebe ili prodavale.

Zalihe su roba i materijali koji se skladište u tvrtki, dok je inventar popis robe i materijala koji se nalaze u skladištu.

Većina tvrtki posjeduju skladište zaliha kao što su sirovine, proizvod u izradi, zalihe koje se koriste u izradi proizvoda te gotovi proizvodi. Sustav upravljanja zalihama potreban je u kompanijama koje se susreću s otežanim tokovima komunikacije s dobavljačima, dugi rok isporuke materijala i upitnu dobivenu kvalitetu materijala. Skladištenje neutralizira učinke nepredvidljivosti koliko materijala je potrebno u određenom vremenu, fluktuacijom potražnje gotovih proizvoda, nepouzdana dobava materijala i sirovina, povoljna nabava materijala, popust na količinu kupljenog materijala i niska cijena dostave materijala. Glavna zadaća držanja zaliha na skladištu je da bude protuteža između ponude i potražnje (Muller, 2003).

Vrste zaliha koje se skladište dijele se na:

1. sirovine- koriste se za proizvodnju djelomičnog ili gotovog proizvoda,
2. gotovi proizvod- proizvod spreman za prodaju; gotovi proizvodi skladište se zbog predvidljive i nepredvidljive potražnje za istim,
3. proizvod u procesu izrade (eng. *work in process*- WIP)- definira se kao prerađeni sirovi materijal u poluproizvod ili u gotov proizvod,
4. potrošni materijal,
5. rezervni materijal i dijelovi za popravak i zamjenu strojeva i alata u proizvodnji.

3.1. Upravljanje zalihama

Kada bi proizvođači mogli prognozirati potražnju i proizvesti samo toliko koliko je potrebno onda ne bi bilo potrebno za skladištenjem zaliha, ali prognoze nisu precizne pa zbog toga je potrebno imati sustav koji upravlja zalihama kako bi se udovoljilo neuravnoteženom ponudom i potražnjom. Držanje zaliha ima pogodnosti kao što su:

1. podržava ekonomiju obujma,
2. ravnoteža između ponude i potražnje,
3. neizvjesnost u potražnji,
4. među-spremnik unutar distribucijskog kanala.

Ekonomija obujma se stvara prikupljanjem veće količine zaliha na koju se dobivaju količinski popusti te je bolja iskoristivost prijevoza veće količine naručenih zaliha. Dugoročno ekonomija obujma smanjuje fiksne troškove po jedinici proizvoda uz bolju iskorištenost opreme (Bloomberg, et al., 2006).

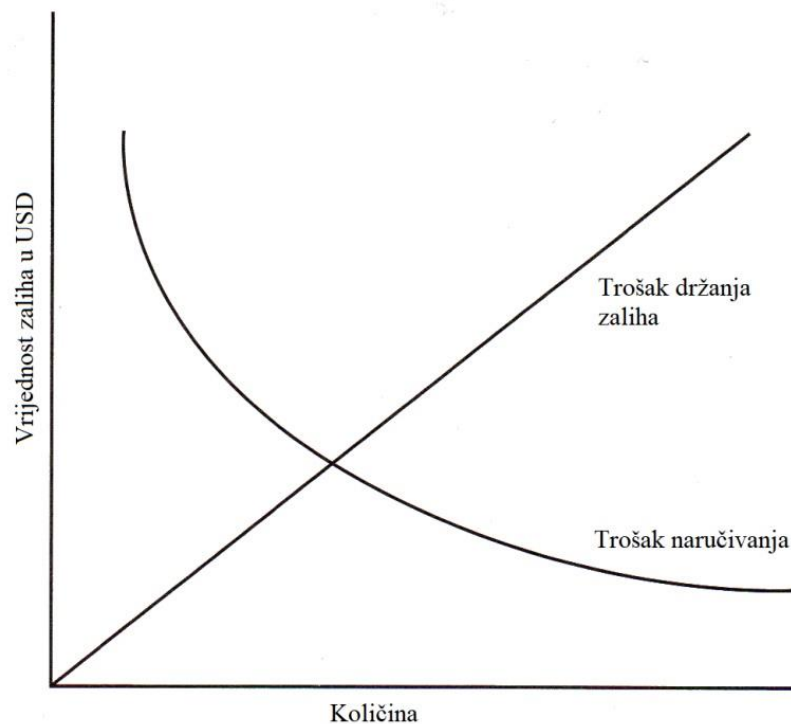
Uravnoteženje ponude i potražnje balansira se zalihama. Ako se tvrtka bavi sezonskom proizvodnjom potrebna joj je jednolika proizvodnja koja se omogućava zalihama. Pomoću zaliha smanjuje se neiskorišteni proizvodni kapacitet i održava se radna snaga. Ako potražnja poraste, dok je nestašica sirovina onda posljedično dolazi do zatvaranja proizvodnje dok se zalihe ne počnu opet prikupljati. Nestašica gotovih proizvoda utječe na odluku kupaca koji može čekati gotov proizvod, vratiti narudžbu, promijeniti, kupiti isti proizvod od drugog proizvođača ili zamijeniti dobavljača (Bloomberg, et al., 2006).

Držanjem zaliha tvrtke se zaštićuju od neizvjesnosti koje proizlaze iz neuravnoteženosti ponude i potražnje što posljedično iziskuje određene troškove. Postoje dvije glavne vrste troškova skladištenja zaliha, a to su :

1. troškovi držanja zaliha,
2. troškovi naručivanja.

Troškovi držanja zaliha su troškovi povezani s fizičkom pohranom zaliha, dok su troškovi naručivanja troškovi obrade narudžbe. Na slici broj 11 prikazan je odnos između troškova držanja i troškova naručivanja zaliha (Bloomberg, et al., 2006).

Trošak držanja zaliha je proporcionalan s vrijednosti zaliha, dok trošak naručivanja ima obrnuti odnos koji se smanjuje s vrijednosti zaliha (Vermorel, 2013).



Slika 11. Odnos između troškova držanja i troškova naručivanja zaliha

Izvor: Bloomberg, D., LeMay, S. & B. Hanna, J., 2006. Logistika. Zagreb: MATE d.o.o.

Troškovi držanja zaliha su proporcionalni s fizičkim pohranjivanjem zaliha. Troškovi držanja zaliha izračunavaju se u bruto iznosu te se računaju samo oni troškovi koji direktno utječu na razinu zaliha, na primjer plaća djelatnika u skladištu se ne uračunava u trošak držanja zaliha. Troškovi naručivanja zaliha su manji od kapitala, prostora za pohranu, servisa i rizika (Golner, 2002).

U tablici broj 2 prikazani su troškovi skladištenja zaliha koji su kategorizirani na:

1. kapital,
2. prostor za pohranu,
3. servis,
4. rizik.

Tablica 2. Troškovi držanja zaliha

Kategorija troška držanja zaliha	Komponente troška držanja zaliha
Kapitalni troškovi	Ulaganje u zalihe
Troškovi prostora za pohranu	Skladišta pogona
	Javna skladišta
	Unajmljena skladišta
	Tvrtkina skladišta
Troškovi servisa zaliha	Osiguranje
	Rizik
Troškovi rizika zaliha	Zastarijevanje
	Oštećenje
	Kalo
	Troškovi premještanja

Izvor: Lambert, D., (1976), „The Development of an Inventory Costing Methodology: A Study of the Costs Associated with Holding Inventory“

Kapitalni ili oportunitetni trošak bi se mogao iskoristiti na zaradu od drugih investicija umjesto za ulaganje u nabavu zaliha. Najčešće je kapitalni trošak najveći trošak držanja zaliha (Pepur, 2016).

Trošak prostora za pohranu zaliha je trošak preseljenja robe koje su na zalihama. U trošak prostora za pohranu ubrajaju se troškovi najamnine, komunalija i prostora te unajmljivanje ili zakup skladišta.

Trošak održavanja zaliha je trošak koji obuhvaća osiguranje i poreze. Tvrtke su dužne osigurati robu, a police osiguranja mogu biti s varijabilnom ili fiksnom kamatnom stopom. Police osiguranja s varijabilnom kamatnom stopom imaju uključen trošak servisa zaliha.

Trošak rizika zaliha je trošak koji obuhvaća oštećenja prilikom pohrane ili rukovanja, zastarijevanja, premještanja i krađe robe (Proklin, 1995).

Troškovi naručivanja su troškovi u koje se ubraja troškovi narudžbe i organizacijski troškovi. Troškovi narudžbe sastoje se od troškova pripreme i odrađivanja zahtjeva, odabir optimalnog dobavljača, provjeravanje i ispitivanje robe, troškova transakcija i provjere razine zaliha. Troškovi naručivanja dobivaju se kao umnožak ukupnog broja narudžbi na godišnjoj razini i cijene naručivanja (Popović Petrušić, 2017).

3.2. Modeli upravljanja zalihama

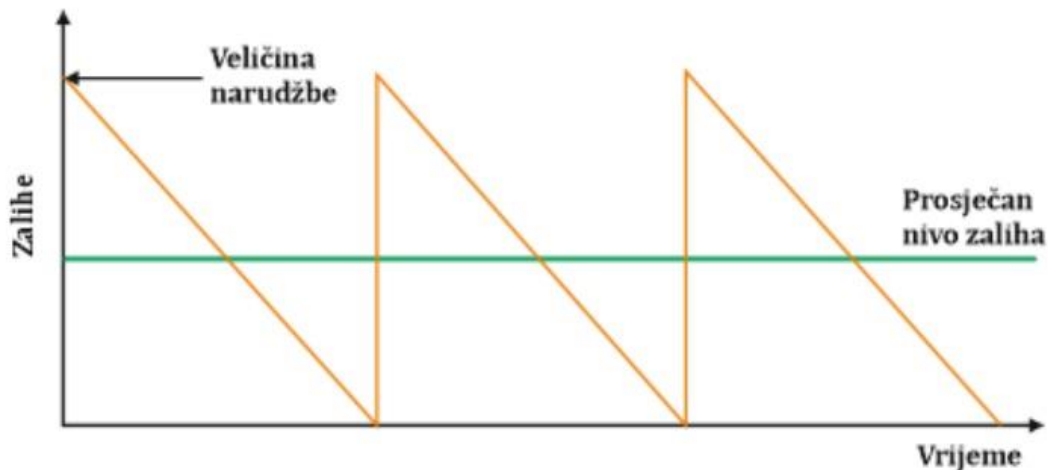
Modeli upravljanja zalihama su modeli guranja i modeli povlačenja. Modeli guranja pristupaju nabavi zaliha za proizvodnju ili robu prije potražnje kupaca za istim, dok modeli povlačenja pristupaju nabavi zaliha i robe nakon što je poznata potražnja za istim.

Modeli guranja su model ekonomične količine narudžbe (eng. *Economic Order Quantity-EOQ*), model planiranja zahtjeva za materijalima (eng. *Material Requirements Planning-MRPI*), model planiranja proizvodnog potencijala (eng. *Manufacturing Resource Planning-MRPII*) i model planiranja distribucijskih potreba (eng. *Distribution Requirements Planning-DRP*).

Modeli povlačenja su modeli koji impliciraju smanjenje zaliha, najefikasniji model je *Just-in-time - JIT* (Šafran, 2021).

Model ekonomične količine narudžbe (eng. *Economic Order Quantity-EOQ*) nastao je početkom 20. stoljeća, model je razvio Ford Whitman Harris u radu „*Economic Order Quantity (EOQ) Model*“. Model je razvijen kao fleksibilan alat za minimaliziranjem ukupnih varijabilnih troškova nabave i držanja zaliha. Model se temelji na činjenici da skladište isporučuje samo jedan proizvod, dok se zalihe nabavljaju od dobavljača koji ima neograničen kapacitet isporuke. Kako bi ukupni troškovi narudžbi i skladištenja bili minimalni, zalihe treba naručiti u trenutku kada padnu na nulu, kako bi se izbjegao manjak robe i osigurao kontinuirani tijek poslovanja. (Nakić, et al., 2020).

Na slici broj 12 prikazan je graf kretanja zaliha tijekom vremena s pomoću kojeg se promatra razina zaliha u jedinici vremena kako bi se pronašla optimalna narudžba (Šafran, 2021).



Slika 12. Razina zaliha u jedinici vremena

Izvor: Šafran, M., (2021), „Osnove upravljanja zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu

Pretpostavke modela ekonomične količine narudžbe su:

1. potražnja je kontinuirana i stalna,
2. zalihe se nadopunjavaju kroz stalan i poznat vremenski ciklus,
3. cijena kupnje ne ovisi o naručenoj količini,
4. troškovi transporta su konstantni i ne ovise o udaljenosti i količini,
5. količina robe na skladištu su postojane i nisu dozvoljene nestašice,
6. zaliha nema u tranzitu,
7. neovisni procesi skladištenja,
8. beskonačan horizont planiranja,
9. količina raspoloživog kapitala nema ograničenja.

Pretpostavke modela ekonomične količine narudžbe često odstupaju od realnog sektora. Potražnja često fluktuiraju i gotovo nikad nije kontinuirana i stalna, često variraju cijena i vrijeme te udaljenost zaliha. Horizonti planiranja i kapital su ograničeni (Šafran, 2021).

Postoje varijacije na model ekonomske količine narudžbe, a to su:

1. naručena količina je konstantna dok vrijeme varira (model fiksirane količine),
2. odrediti vrijeme narudžbe dok varira naručena količina.

Model planiranja zahtjeva za materijalima (eng. *Material Requirements Planning-MRPI*) je alat koji se koristi za planiranje proizvodnje na temelju minimalne zalihe koja omogućava nesmetanu proizvodnju. Ova metoda ima tri funkcije, a to su:

1. planiranje i nadzor narudžbi,
2. utvrđivanje prioriteta narudžbi,
3. planiranje kapaciteta.

MRPI metoda je pogodna za standardiziranu proizvodnju gdje se prognozira potražnja (Šafran, 2021).

Model planiranja proizvodnog potencijala (eng. *Manufacturing Resource Planning-MRPII*) je alat koji je unaprijeđeni Model planiranja zahtjeva za materijalima koji obuhvaća uz osnovni unutarnji tijek zaliha i kapacitet postrojenja. Model se koristi za proračun kapaciteta proizvodnje, potrebama za radnom snagom i zalihama. MRPII je smanjio fluktuacije u snabdijevanju zalihama što rezultira unaprijeđenije usluge kupcima (Šafran, 2021).

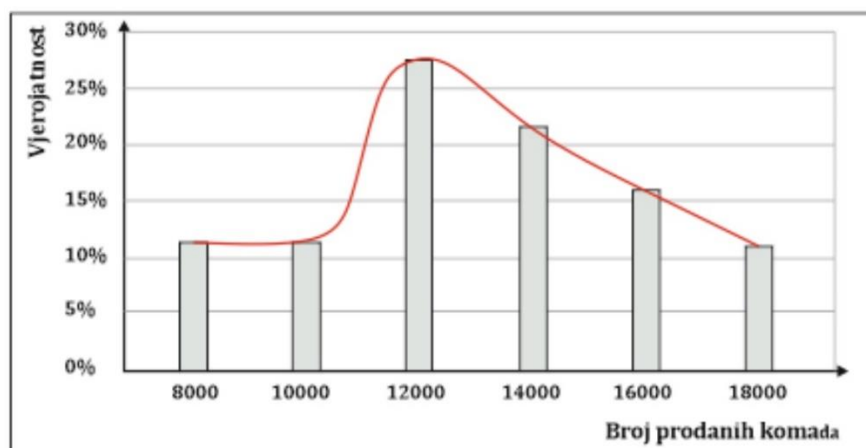
Model planiranja distribucijskih potreba (eng. *Distribution Requirements Planning-DRP*) je alat koji primjenjuje načela MRPII na tijek gotove robe prema kupcima. Alat je namijenjen ako potrebe za zalihama variraju te se koristi u kombinaciji s MRP modelima. Uporabom kombinacije modela dobiva se efikasnija integracija opskrbnog lanca i isporuka te niži troškovi logističkih procesa i proizvodnje (Šafran, 2021).

Model povlačenja „Bez zaliha“ (eng. *Just-In-Time- JIT*) je model čiji sustav poslovanja se bazira na temelju što manjeg skladištenja zaliha čime se zahtjeva isporuka robe u zadanom vremenu u kojem je potreban. JIT model podrazumijeva proizvodnju i isporuku u točno određenom trenutku kako bi se zadovoljile trenutne potrebe. Gotovi proizvodi stižu neposredno prije prodaje, sklopovi se dostavljaju kad je vrijeme za njihovu montažu, dijelovi se isporučuju u skladu s potrebama sklapanja, a materijali se nabavljaju upravo onda kada su potrebni za daljnju obradu u proizvodnji. Ovaj sustav smanjuje zalihe i optimizira poslovne procese.

JIT model zasniva se na pretpostavki koja nalaže da roba i materijal dolazi na mjesto potrošnje u određeno dogovoreno vrijeme, ponuda odgovara predviđenoj potražnji te prodaja i proizvodnja gotovih proizvoda teku bez neočekivanih problema i zastoja (Piškor, et al., 2010).

Proizvodnja koja se temelji na načelima modela „*Just-In-Time*“ je organizirana tako da je potrebno izrađivati mjesečne planove proizvodnje. Mjesečni planovi se analiziraju na dnevnoj bazi kako bi se ispitali i predvidjeli svakodnevne potrebe za proizvodnjom. Na temelju svakodnevnih analiza naručuju se materijali i sirovine potrebni za ostvarenje planirane proizvodnje koji se pohranjuju u skladištima u blizini proizvodnje čime se eliminira moguća nestašica materijala i sirovina. Izazovno je ostvariti optimalnu količinu zaliha na skladištu kako ne bi nastala prekomjerna količina sirovina i materijala te je zbog toga važno planirati proizvodnju ili prodaju tako da odgovara isplaniranim kapacitetima proizvodnje bez skladištenja gotovih proizvoda. Mnoge tvrtke prema analizi vjerojatnosti mogućih scenarija potražnje i analize odnosa profita i troškova planiraju proizvodnju. Postoji mogućnost pogreške koja se uzima u obzir. Tvrtke pristupaju problemu tako da zadatak procjene i prognoze odradi marketinški odjel na temelju dobivenih podataka o prodaji prijašnjih godina, procjeni trenutnog stanja i ostalim utjecajima (Šafran, 2021).

Procjena potražnje može biti napravljena na osnovi prosječne potražnje u određenom periodu i devijacija potražnje u prethodnim sezonama te se grafički prikazuje kako je prikazano na slici broj 13 (Šafran, 2021).



Slika 13. Procjena vjerojatnosti potražnje

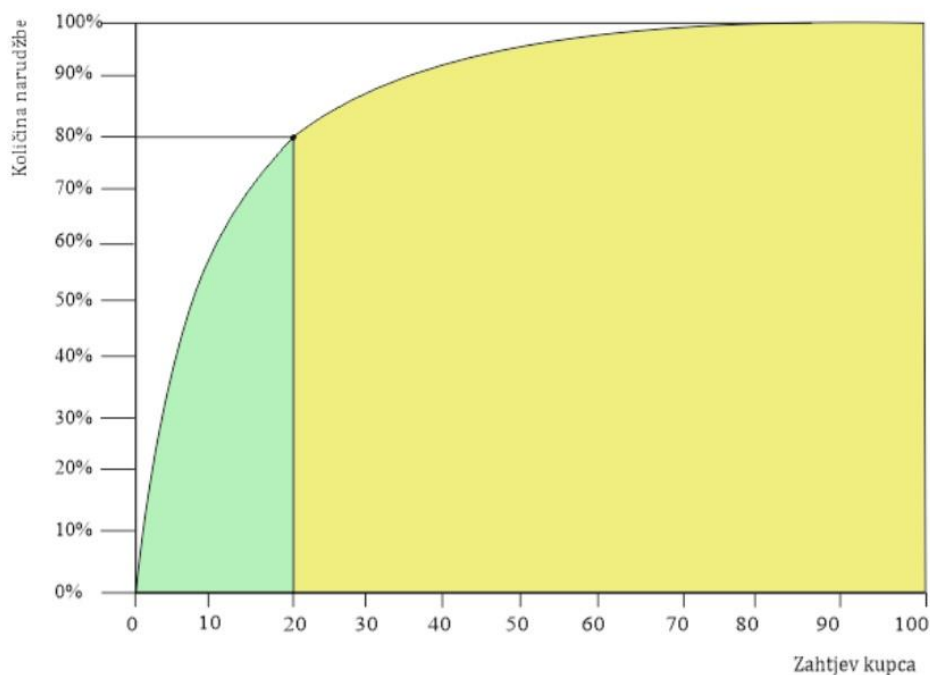
Izvor: Šafran, M., (2021), „Osnove upravljanja zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu

3.3. Klasifikacija i optimiranje sustava upravljanja zalihama

Pomoću sustava klasifikacije zaliha raspoređuje se vrijeme i novac u upravljanju zalihama. Postoje razni sustavi i analize koji optimiziraju sustav upravljanja zalihama kao što su:

1. ABC analiza,
2. XYZ analiza,
3. unakrsna ABC/ XYZ analiza,
4. maksimalne, minimalne i optimalne zalihe.

ABC analiza dijeli zalihe na osnovi važnosti. Odabire se faktor rangiranja te se prema tome izabiru točke za razrede A, B, C. ABC analiza temelji se na Paretovom zakonu koji prikazuje da se najveći učinak ostvaruje kroz mali vremenski period. Pareto zakon je prikazan omjerom 80-20, što znači da 80 % narudžbi dolazi od 20 % kupaca. Isto tako 80 % posto vrijednosti zaliha se nalazi u 20 % artikala na zalihama kako je prikazano na slici broj 14 (Šafran, 2021).



Slika 14. Pareto dijagram

Izvor: Šafran, M., (2021), „Osnove upravljanja zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu

Vrijednosti na Pareto dijagramu možemo očitati da 50 % proizvoda čini 97 % vrijednosti prodaje, dok drugih 50 % proizvoda čini 3 % vrijednosti prodaje (Šafran, 2021).

ABC analiza dijeli se na tri faze, a to su:

1. faza: Priprema i analiza podataka raspoređenih prema vrstama o godišnjim potrebama i potrošnji u zadnjih 12 mjeseci te izračun vrijednosti potreba koje se množe s količinom materijala i prosječnom nabavnom cijenom,
2. faza: Raspodjela materijala prema vrijednosti godišnjih potreba i izračunavanje postotnog udjela vrijednosti pojedinog materijala prema ukupnoj godišnjoj potrebi.
3. usporedba postotnog udjela vrijednosti godišnjih potreba na temelju čega se određuju A, B, C kategorije za svaki materijal.

Za proizvode kategorije A radi se detaljna analiza te se detaljno i često ažuriraju podaci o potražnji. Proizvodi kategorije B se provodi samo rutinska kontrola i rutinsko ažuriranje. Za proizvode C kategorije provodi se analiza te se ažurira na periodičnoj bazi (Šafran, 2021).

Prilikom provedbe analize potrebno je navesti koeficijent obrtaja zaliha kojim se analitički prikazuje koliko su se puta prosječne zalihe prodale u određenom periodu i prosječni dani vezivanja koji prikazuju koliko roba stoji na skladištu (Šafran, 2021).

Koeficijent obrtaja zaliha (KO) računa se kao omjer troška prodanih proizvoda i prosječna vrijednost zaliha, računa se s pomoću formule:⁵

$$KO = \frac{\text{trošak prodanih proizvoda}}{\text{prosječna vrijednost zaliha}}$$

Prosječni dani vezivanja (DV) računaju se kao omjer dana u godini i koeficijenta obrtaja zaliha.

$$DV = \frac{365}{KO}$$

⁵ Službena web stranica: Alpha Capitalis, „Obrtaj zaliha“ <https://alphacapitalis.com/glossary/obrtaj-zaliha/> , dostupno 06.12.2024.

Za provođenje ABC analize potrebni su podaci o prodaji određene vrste artikla u određenom razdoblju i jedinična cijena artikla kako bih se odredila ukupna prodajna vrijednost (UPV) koja se računa kao zbroj godišnje prodaje (GP) artikala u periodu od 12 mjeseci, te se pomnoži s jediničnom cijenom artikla (JC) (Šafran, 2021).

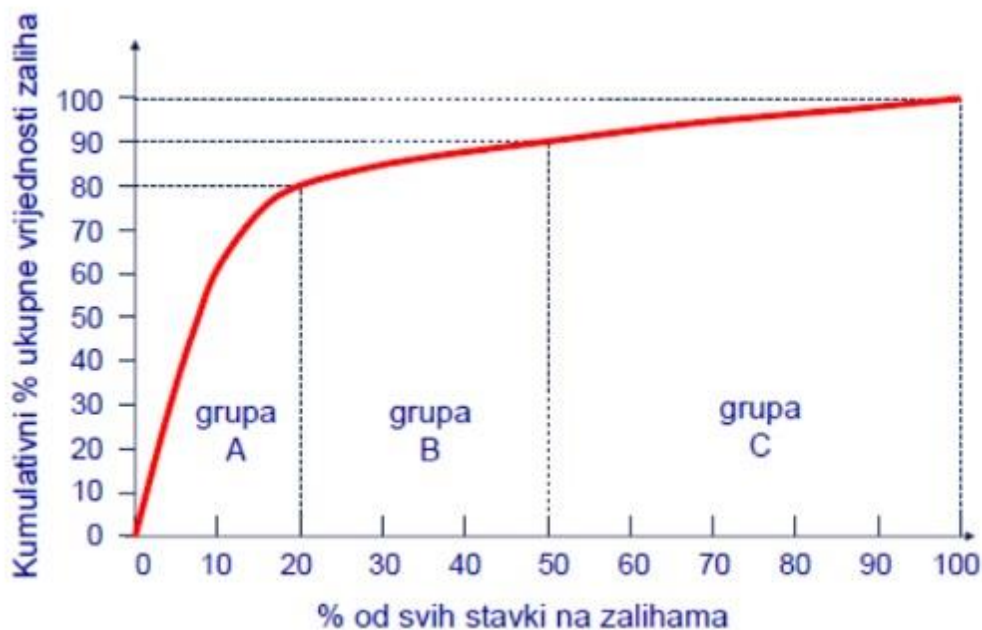
$$UPV = GP \times JC$$

Nakon što je izračunata ukupna prodajna vrijednost (UPV), izračunava se udio u ukupnoj prodajnoj vrijednosti pojedinog artikla (UUPV) koja se izračunava kao omjer ukupne prodajne vrijednosti pojedinog artikla (UPV) i zbroj ukupnih prodajnih vrijednosti artikala. (Šafran, 2021).

$$UUPV = \frac{UPV}{UKUPNA\ PRODAJA}$$

Izračunati udio u ukupnoj prodajnoj vrijednosti pojedinog artikla (UUPV) potrebno je poredati prema veličini te ih kumulativno zbrojiti. Kumulativna vrijednost (KUM) označava u kojoj grupnoj vrijednosti proizvoda pripada. U Kategoriji A skupine proizvoda kumulativna vrijednost je manja ili jednaka 70 %, kategorija B skupine proizvoda pripada kumulativna vrijednost od 70 % do 90 % te kategorija C skupine proizvoda ostatak kumulativne vrijednosti od 90 % do 100 % (Šafran, 2021).

Na slici broj 15 prikazana je primjena ABC analize na Paretovom dijagramu. Na dijagramu je prikazan kumulativni postotak ukupne vrijednosti zaliha u odnosu na postotak od svih stavki na zalihama (Vrtarić, 2022).



Slika 15. Primjena ABC analize na Paretovom dijagramu

Izvor: Vrtarić, K., (2022), „UPRAVLJANJE ZALIHAMA NA PRIMJERU PODUZEĆA HEMCO D.O.O.“, Diplomski rad, Sveučilište Josipa i Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku.

Iz dijagrama se očitava da zalihe grupe A sastoje se od 20% svih stavki na zalihama te sadrže 80 % kumulativne ukupne vrijednosti zaliha. Zalihe grupe B zaliha sadrže 30 % od svih stavki na zalihama te imaju 10 % kumulativne ukupne vrijednosti zaliha dok zalihe grupe C sadrže 50 % od svih stavki na zalihama te imaju 10 % kumulativne ukupne vrijednosti zaliha (Vrtarić, 2022).

XYZ analiza dijeli zalihe prema varijabilnosti potražnje pojedinih artikala. XYZ analiza je sekundarna analiza koja prikazuje stabilnost potražnje proizvoda i svrstava se u tri kategorije X, Y i Z. Prema kategorijama svrstavaju se proizvodi u odnosu na prosječnu potražnju prema kriteriju varijabilnosti potražnje koja se računa kao omjer odstupanja od prosjeka i prosječna prodaja. XYZ analiza je potrebna za definiranje automatskih narudžbi, posebno za X skupinu za koju je koeficijent varijacije nizak (Šafran, 2021).

Za izradu XYZ analize potrebno je definirati sljedeće podatke:

1. trošak prodane robe,
2. prodajna vrijednost robe,
3. prosječna prodaja,
4. standardna devijacija,
5. prosječna nabavna cijena,
6. prosječna vrijednost zaliha,
7. koeficijent varijacije (K_v).

Koeficijent varijacije (K_v) je koeficijent koji prikazuje odnos standardne devijacije i prosjeka prodaje u vremenskom periodu, odnosno, koeficijent varijacije prikazuje varijabilnost potražnje te se pomoću njega definira XYZ kategorizacija. Što je koeficijent varijacije manji to je potražnja za proizvodnom stabilnija.

Kategorija X skupine artikala se razvrstavaju tako da je K_v manji od 0,1. Kategorija Y skupine artikala se razvrstavaju tako da je K_v manji od 0,25, dok kategorija Z skupine artikala su veći od 0,25.

Kategorija X skupine artikala karakterizira prodaju koja se ne mijenja tijekom vremena te potražnja neznatno varira što znači da se potražnja može odrediti s velikom točnošću. Artikle X skupine treba uvijek imati na zalihi u dovoljnoj količini dok ne stigne sljedeća isporuka. Isto tako na ovu skupinu artikala nije potrebno trošiti puno vremena na automatizaciju narudžbi zbog stabilne potrošnje (Šafran, 2021).

Kategorija Y skupine artikala se mijenja tijekom vremena te se stvaraju varijacije u prodaji i potražnji. Moguće je odrediti i pratiti trendove povećanja i smanjenja tijekom vremena, ali je teže odrediti preciznu prognozu zbog čega je potrebno utrošiti više vremena na praćenje potražnje i dobave artikala (Šafran, 2021).

Kategorija Z skupine artikala ne upotrebljavaju se često te potražnja jako varira, dok je u nekim vremenskim periodima uopće nema (Šafran, 2021).

XYZ analiza se provodi prema kontinuitetu potrošnje i sigurnosti prognoze potrošnje. U kategoriji X skupine proizvodi se kontinuirano i sigurno troše te su manja kolebanja od 10 %. U kategoriji Y artikli se troše ne ravnomjerno pa se kolebanja potrošnje u pojedinim razdobljima iznose do 20 %. U kategoriji Z artikli se troše povremeno pa kolebanja mogu iznositi i preko 25 % (Šafran, 2021).

Za Izračun kojoj kategoriji pripada artikl potreban je podatak o količini prodanih artikala u određenom periodu pomoću kojeg se izračunava standardna devijacija (SD) i prosječna potrošnja (PP). Pomoću ova dva podatka izračunava se koeficijent varijacije (CV) na temelju kojeg se formiraju kategorije X, Y i Z.

Koeficijent varijacije (CV) izračunava se kao omjer standardne devijacije (SD) i prosječne potrošnje (PP).

$$CV = \frac{SD}{PP}$$

Unakrsna ABC/XYZ analiza dobiva se rezultatima dobivenim ABC i XYZ analizom. Podaci dobiveni uvrštavaju se u unakrsnu ABC/ XYZ analizu koja prikazuje devet skupina artikala kako je prikazano na slici broj 16. Pomoću ABC/ XYZ analize određuje se strategija nabave i skladištenja za svaku od prikazanih skupina artikla.

	A	B	C
X	velika vrijednost potrošnje jednaka potražnja pouzdana prognoza	srednja vrijednost potrošnje jednaka potražnja pouzdana prognoza	mala vrijednost potrošnje jednaka potražnja pouzdana prognoza
Y	velika vrijednost potrošnje predvidivo promjenjiva potražnja manje pouzdana potražnja	srednja vrijednost potrošnje predvidivo promjenjiva potražnja manje pouzdana potražnja	mala vrijednost potrošnje predvidivo promjenjiva potražnja manje pouzdana potražnja
Z	velika vrijednost potrošnje sporadično, promjenjiva potražnja nepouzdana prognoza	srednja vrijednost potrošnje sporadično, promjenjiva potražnja nepouzdana prognoza	mala vrijednost potrošnje sporadično, promjenjiva potražnja nepouzdana prognoza

Slika 16. Unakrsna ABC/XYZ analiza

Izvor: Šafran, M., (2021), „Osnove upravljanja zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu.

Artikli koji pripadaju skupinama AX, AY, BX imaju srednju do veliku točnost prognoze potreba, stabilnu potražnju te srednji ili veliki udio u ukupnoj vrijednosti. Ove skupine artikala imaju veliki udio u portfelju te je potrebno obratiti veliku pozornost kako bi se postigla povoljnija nabavna cijena i opskrba uz što manje zalihe.

Artikli koji pripadaju skupinama AZ, BY, CX imaju heterogen udio u ukupnoj vrijednosti i fluktuacije u prodaji. Ove skupine artikala zahtijevaju srednju pozornost i

pojedinačnu opskrbu kako bi se udovoljile potrebe korisnika te se ne preporučuje držanje zaliha takvih artikala.

Artikli koji pripadaju skupinama BZ, CY, CZ daje se mala pozornost i karakterizira ih srednja do mala vrijednost potrošnje uz nestabilnu i neizvjesnu potražnju (Šafran, 2021).

Minimalne zalihe definiraju se kao najmanje količine robe koje su potrebne da se zadovolje obveze poduzeća prema količini i asortimanu. Minimalne zalihe utvrđuju se pomoću podataka o dnevnoj potrošnji ili prodaji robe i rokovi nabave. Kada se računaju minimalne zalihe onda se uzimaju podaci o dnevnoj potrošnji ili dnevnoj prodaji robe stoga je držanje zaliha smisleno samo za poduzeća koja nemaju sezonskih oscilacija.

Minimalna količina zaliha se računa pomoću formule:

$$Z_{min} = Q_{dn} \times V_{nab} \quad ili \quad Z_{min} = (Q_{god} \times V_{nab}) / N_{rd}$$

gdje je:

Q_{dn} - prosječna dnevna potrošnja,

Q_{god} - prosječna godišnja potrošnja,

V_{nab} - vrijeme nabave,

N_{rd} –radni dani u godini.

Maksimalne zalihe definiraju se kao gornja količina robe na skladištu koja se mora smanjiti kako bi se mogla nabaviti nova roba. Kada je proizvodnja ili su narudžbe manje nego što je predviđeno onda dolazi do držanja maksimalnih zaliha. Postoji više načina izračunavanja maksimalnih zaliha, ali najčešće se vrijednost najveće planirane prodaje podijeli s broj dana u određenom razdoblju i rezultat pomnoži s norma danima. Norma dani su broj dana u određenom razdoblju kada poduzeće mora imati zalihu robe (Šafran, 2021).

$$Z_{max} = \frac{\text{vrijednost najveće planirane prodaje}}{\text{dani razdoblja za koji se traži normativ maksimalne zalihe}} \times \text{norma dana}$$

Optimalne zalihe se definiraju kao količina robe koja je potrebna za redovnu i potpunu opskrbu proizvodnje i kupaca pri tome da su minimalni troškovi skladištenja i naručivanja robe. Optimalne zalihe se nalaze između maksimalnih i minimalnih zaliha, te se računaju pomoću formule:

$$Z_{opt} = (P + R1) \times (V_{nab} + R2)$$

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

P – dnevna ili mjesečna planirana prodaja gotovih proizvoda,

$R1$ – rezerva koja se koristi zbog mogućnosti povećanja prodaje,

V_{nab} – vrijeme nabave,

$R2$ – rezerva koja se koristi zbog mogućih poteškoća u isporuci ili otpremi robe.

4. Primjena ABC metode za određivanje dijelova i materijala potrebnih za održavanje Ni-Cd baterija u MRO organizaciji

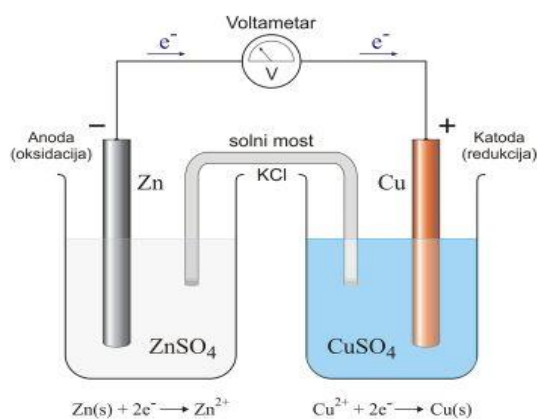
Podaci korišteni za provedbu ABC analize dijelova su aproksimativni i temelje se na javno dostupnim izvorima. Analiza je izrađena kao model na temelju pretpostavke da organizacija PART 145, koja se bavi održavanjem zrakoplova, godišnje provodi postupke održavanja za deset baterija. Ova pretpostavka pruža okvir za procjenu potrošnje i potrebe za ključnim dijelovima i materijalima. Za potrebe analize korišteni su podaci iz priručnika za održavanje komponenti (eng. *Component Maintenance Manual – CMM*), priručnika za uporabu i održavanje (eng. *Operating and Maintenance Manual – OMM*) te ilustriranog kataloga dijelova (eng. *Illustrated Parts Catalog – IPC*). Na temelju ovih izvora procijenjena je potrebna količina specifičnih dijelova i materijala koji se koriste tijekom godišnjeg održavanja. Cijene dijelova i materijala su preuzete s javno dostupnih internetskih stranica distributera, čime se osigurala transparentnost. Svi troškovi izraženi su u američkim dolarima (eng. *United States Dollar - USD*), čime se osigurava standardiziran prikaz cijena i olakšava usporedba s međunarodnim tržištima. Ova analiza nije namijenjena kao službeni dokument već kao alat za ilustraciju i procjenu potencijalnih potreba i troškova.

ABC analiza pomaže u određivanju prioriteta upravljanja zalihama, identificirajući dijelove i materijale koji imaju najveći utjecaj na troškove te zahtijevaju pažljiviju kontrolu. Takav pristup omogućuje organizaciji da optimizira svoje operativne procese, smanji nepotrebne zalihe i osigura pravovremenu dostupnost kritičnih resursa potrebnih za održavanje zrakoplova.

4.1. Princip rada, konstrukcija i održavanje Ni-Cd baterija

Princip rada Ni-Cd baterije zasniva se na pretvorbi kemijske energije u električnu energiju. Sastoji se od jedne ili više ćelija, te svaka sadrži anodu i katodu, separator te elektrolit kako je prikazano na slici broj 17.

Ćelije se dijele u dvije skupine: primarne i sekundarne. Primarne ćelije se ne mogu ponovno puniti, te se moraju promijeniti. Sekundarne ćelije se dopunjavaju te se prilikom punjenja treba koristiti istosmjerna struja, odnosno pretvarač izmjenične struje u istosmjernu struju. U zrakoplovstvu se najčešće koriste sekundarne ćelije, ali i primarne ćelije za kritične uređaje u zrakoplovu kao što je na primjer uređaj za praćenje podataka leta (engl. *flight data recorder*- FDR).⁶ Baterije su rangirane po naponu i kapacitetu. Napon povećavamo spajanjem ćelija serijskim spojem, nikal-kadmij ćelija ima napon 1,2 volta dok olovna ćelija ima napon 2 volta. Standardizirani napon u zrakoplovstvu je 24 volta. Olovna baterija koja ima 24 volta sadrži 12 ćelija, dok nikal-kadmij baterija sadrži 19, 20 ili 21 ćelije. Napon Ni-Cd baterija može imati napon od 22,8 volta, 24,0 volta ili 25,2 volta ovisno o broju ćelija koje su spojene serijskim spojem. Olovne baterije se koriste u generalnom zrakoplovstvu, te je standardizirani napon 12 volta, 6 ćelija po 2 volta serijski spojene. Kapacitet se izražava u amper satima (Ah), te ovisi o temperaturi, brzini pražnjenja i starosti baterije. Kapacitet zrakoplovnih baterije je od 3 do 65 Ah (SAFT, 2013).



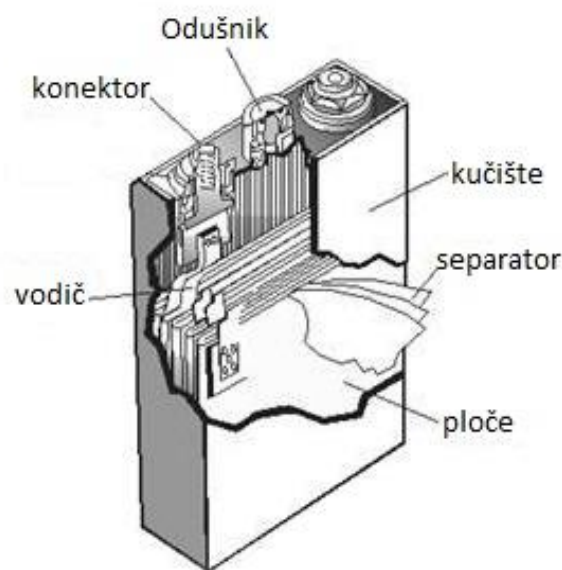
Slika 17. Galvanski članak

Izvor: Kemijski rječnik „Galvanski članak“,

<https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=galvanski+%C4%8Dlanak>, dostupno 25.12.2024.

⁶ Službena web stranica: Kemijski rječnik „Galvanski članak“, <https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=galvanski+%C4%8Dlanak>, dostupno 25.12.2024.

Konstrukcija i veličina baterije mora biti dovoljna da napaja sve bitne potrošače u slučaju izvanrednih situacija. Baterija zrakoplova u izvanrednim situacijama mora osiguravati električnu energiju 30 minuta na svim komercijalnim zrakoplovima. Na dvomotornim zrakoplovima koji lete na preookeanskim letovima, baterija mora osigurati 90 minuta električnu energiju za primarne instrumente. Konstrukcija Ni-Cd ćelija sastoji se od izmjenično postavljenih pozitivnih i negativnih ploča između kojih se nalazi separator, a elektrolit koji se nalazi u ćeliji je kalijeva lužina. Na pozitivne ploče je nanesen sloj nikal hidroksida, a na negativne ploče je nanesen kadmij hidroksid. kućište ćelija se proizvodi od polimera ili čelika kako je prikazano na slici broj 18 (SAFT, 2013).



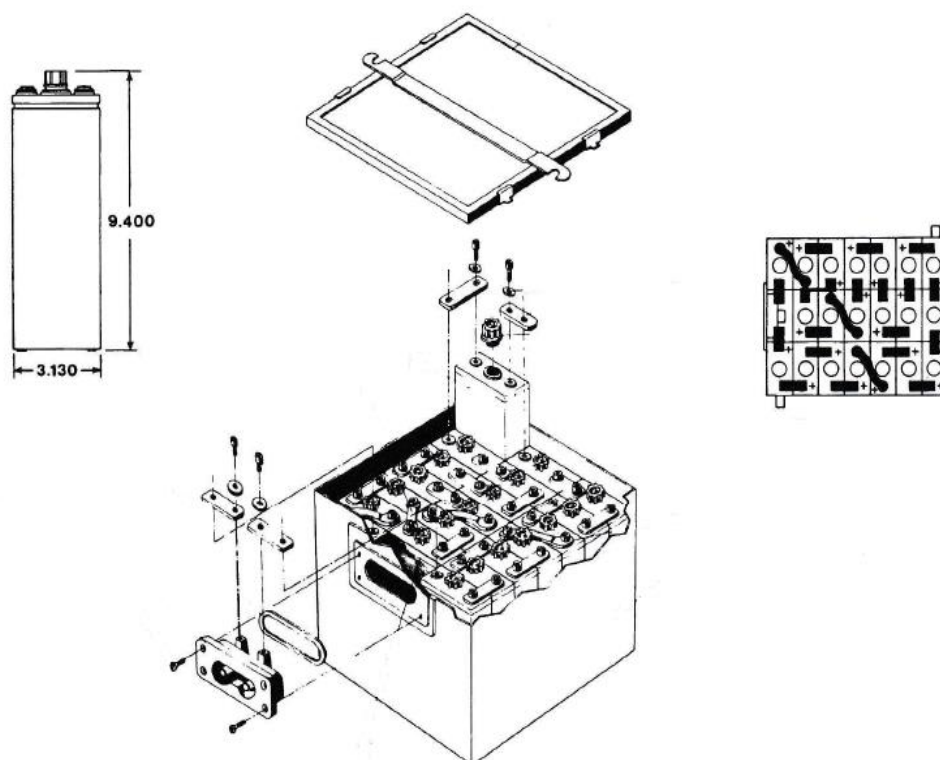
Slika 18. Konstrukcija Nikal- kadmij ćelije

Izvor: SAFT Component Maintenance Manual 24-38-51 rev.4 ,

<https://www.scribd.com/document/364945253/24-38-51-pdf>, dostupno 27.12.2024.

Nikal-kadmij baterije se nalaze u čeličnoj kutiji u kojoj su ćelije serijski spojene kako je prikazano na slici broj 19. Zadnji red ćelija je povezan s konektorom koji se nalazi na vanjskoj strani kutije. Konektor se sastoji od 2 pina, te je namijenjen za brzo spajanje i odvajanje sa zrakoplova. Kutije baterija imaju odušne rupe koje su namijenjene za prolaz plinova nastalih punjenjem baterije, uslijed čega dolazi do zagrijavanja ćelija te posljedično isparavanja. Prilikom starta motora dolazi do zagrijavanja ćelija, te se one hlade s pomoću zraka koji je preusmjeren prema bateriji. Baterije imaju grijače unutar ili izvan kutije kako bi poboljšale performanse na nižim temperaturama (SAFT, 2013).

U kutijama se nalazi senzor temperature koji mjeri temperaturu prilikom punjenja baterije, te ako dođe do pregrijavanja automatski će se prekinuti punjenje.



Slika 19. Konstrukcija Nikal- kadmij baterije

Izvor: SAFT Component Maintenance Manual 24-38-51 rev.4

<https://www.scribd.com/document/364945253/24-38-51-pdf>, dostupno 27.12.2024.

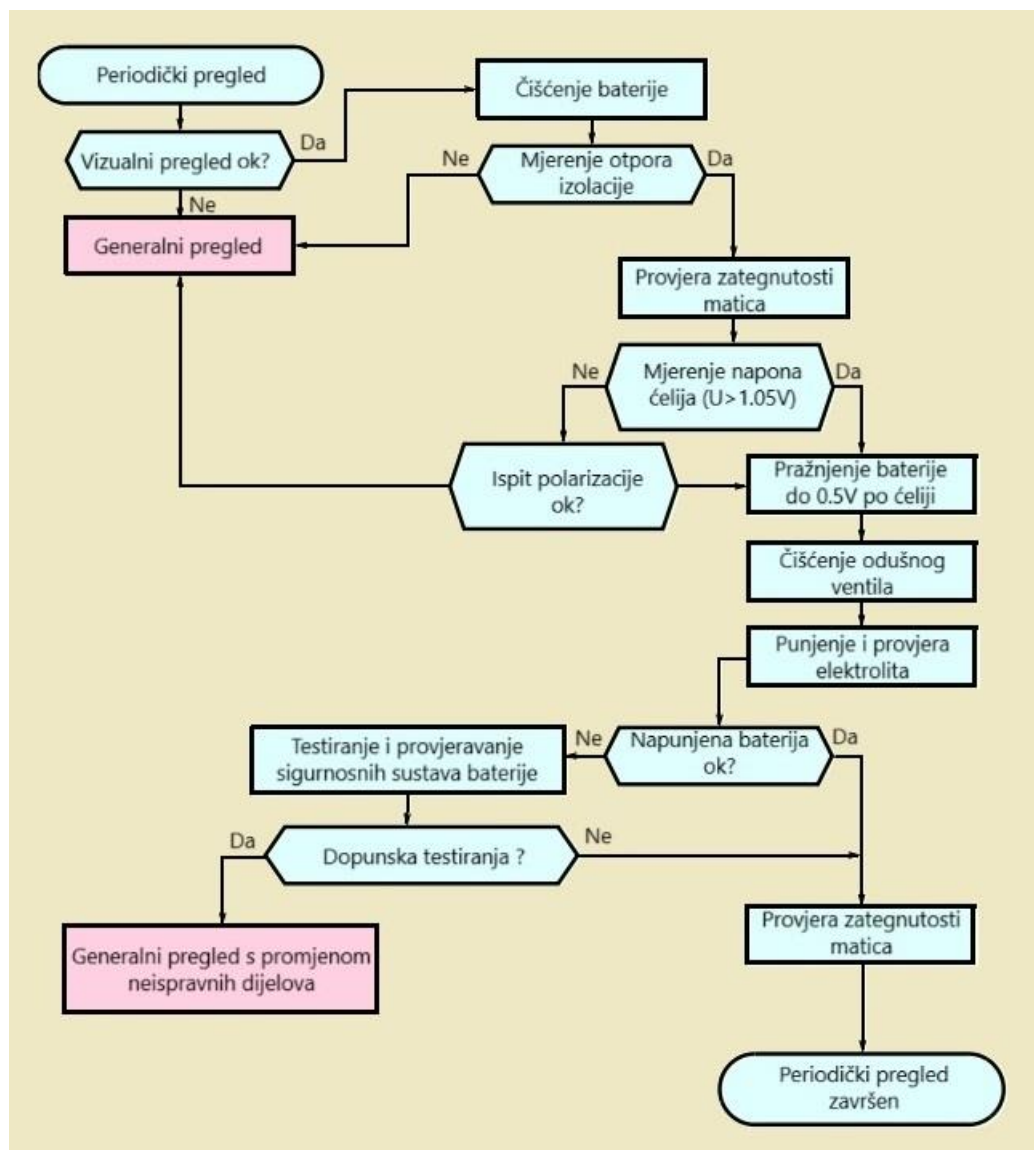
Održavanje baterija je ocijenjeno od kvalificiranog mehaničara zbog provjere učinkovitosti i sigurnosti baterija. Sve zrakoplovne baterije zahtijevaju provjere i održavanje kako bi osigurale sigurnost u normalnim i izvanrednim situacijama. U provjeravanju baterije treba zapaziti svaku nepravilnost, te ih propisno označiti. Redovno održavanje Ni-Cd baterija treba biti garancija valjanosti i ispravnosti baterije, te poboljšati i maksimalizirati radni vijek trajanja Ni-Cd baterije. Održavanje u vojnom zrakoplovstvu je u intervalima od 60 do 120 dana. Održavanje u civilnoj avijaciji je u intervalima od 100 do 1000 sati leta zrakoplova (SAFT, 2013).

Detaljne procedure održavanja za pojedini tip baterije nalaze se u priručniku održavanja komponente (eng. *Component Maintenance Manual - CMM*) dok se u priručniku uporabe i održavanja (eng. *Operating and Maintenance Manual - OMM*) nalaze općenite procedure.

Proizvođač baterija SAFT je odredio 3 vrste održavanja nikal-kadmij baterija, a to su:

1. periodički,
2. regularni,
3. generalni pregled.

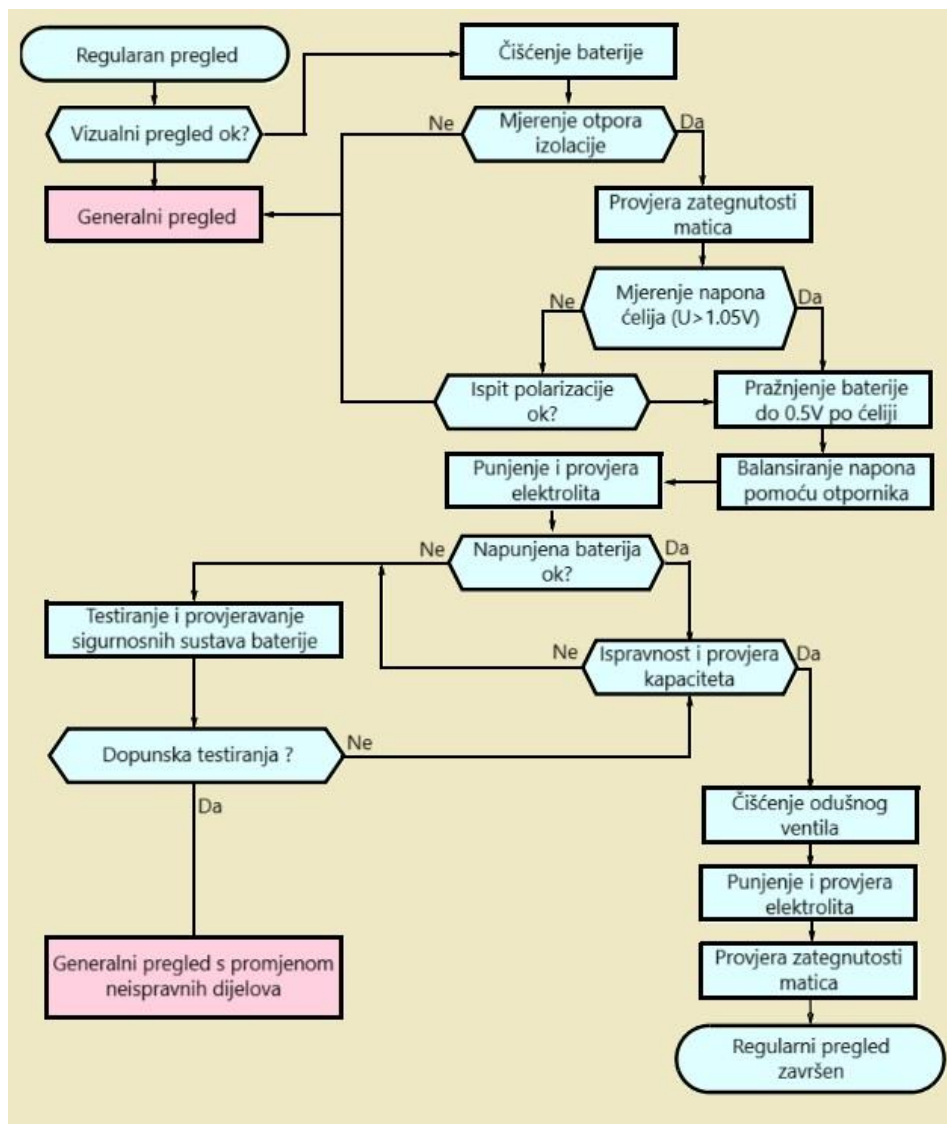
Periodički pregled se sastoji od provjeravanja napona ćelija voltmetrom, te nadopunjavanje destilirane vode kako je detaljnije prikazano shematskim prikazom na slici broj 20. Glavni razlog periodičkog pregleda je nadopunjavanje ćelija destiliranom vodom koja se troši isparavanjem prilikom punjenja baterije. Za periodički pregled je potrebno izdvojiti 8 radnih sati (SAFT, 2013).



Slika 20. Periodički pregled baterije SAFT 2758

Izvor: SAFT Component Maintenance Manual 24-38-51 rev.4

Regularni pregled je opsežniji pregled od periodičkog pregleda. U regularnom pregledu dodatno se odrađuje duboko pražnjenje s pomoću čega se balansira napon ćelija te se provjerava kapacitet baterije. Za regularni pregled potrebno je izdvojiti 24 sata rada. Na slici broj 21. prikazan je shematski prikaz regularnog pregleda baterije SAFT 2758. Baterija sadrži određeni broj ćelija čiji napon se razlikuje od ćelije do ćelije zbog neravnomjernog pražnjenja, te se i prilikom punjenja nejednako pune zbog čega dolazi do debalansa napona u ćelijama. Posljedica različitog punjenja je debalans napona između ćelija. Duboko pražnjenje balansira, odnosno izjednačava napon ćelija. Provjera kapaciteta baterije je važan indikator stanja baterije. Minimalan kapacitet poslije punjenja je kriterij koji definira životni vijek trajanja baterije (SAFT, 2013).



Slika 21. Periodički pregled baterije SAFT 2758

Izvor: SAFT Component Maintenance Manual 24-38-51 rev.4

4.2. Primjena ABC metode u organizaciji za održavanje Ni-Cd baterija

ABC analiza je rađena na temelju procijenjene godišnje potrošnje materijala i dijelova u održavanju Ni-Cd baterija. Analiza je napravljena na temelju 38 vrsta dijelova i materijala koji su potrebni za održavanje Ni-Cd baterija u organizaciji PART 145 za održavanje zrakoplova u jednoj kalendarskoj godini. Analiza je izrađena uz pretpostavku da organizacija PART 145 godišnje održava deset baterija, čime se procjenjuje aproksimativna potrošnja ključnih dijelova i materijala. Podaci su preuzeti iz priručnika CMM, OMM i IPC-a, potrebna količina dijelova određena je prema tim izvorima. Cijene su preuzete s javnih internetskih stranica distributera, a svi troškovi izraženi su u američkim dolarima. Analiza služi kao okvirna procjena potreba i troškova, a ne kao službeni dokument.

U tablici broj 3 prikazane su stavke koje su prikazane brojem u ilustriranom katalogu dijelova (eng. *Illustrated Parts Catalog- IPC*), broj dijela (eng. *Part Number-P/N*) te njihov opis (SAFT, 2013).

Tablica 3. Dijelovi i materijali Ni-Cd baterije SAFT 2758

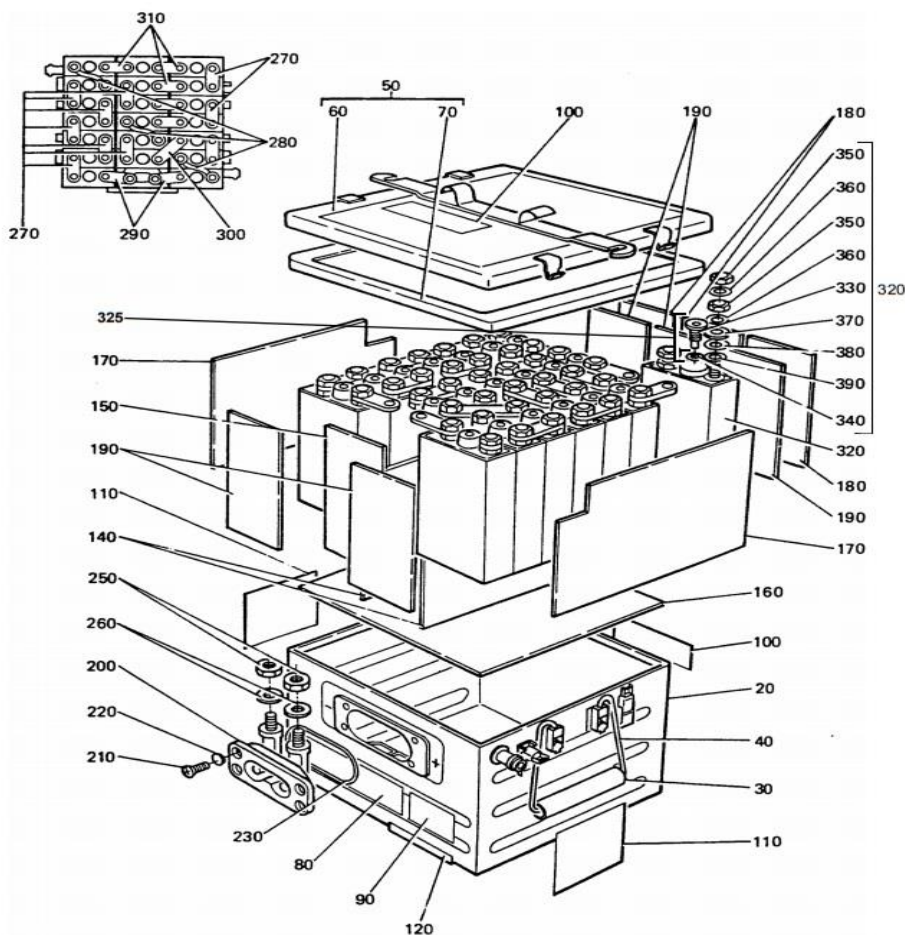
Stavka	Broj dijela	Opis	Stavka	Broj dijela	Opis
001	2758	BATTERY	200	102392	Priključak
010	411066	Kutija i poklopac	210	100431	Vijak F/90 M4/10
020	411053	Kutija	220	100430	Podloška
040	410895	Ručke	230	100713	O-ring brtva, 56.75
050	411065	Poklopac s brtvama	-240	166925	Protector
060	NP	Poklopac	250	62007	Matica M10x1.25
070	NP	Brtva poklopca	260	100094	Podloška
-075	413611	Pločica s oznakom asortimana	270	411070	Spoj E34
-078	160158	Zaštitna folija	280	411691	Zakrivljeni spoj
080	411109	Identifikacijska pločica	290	13294	Spoj E36
090	166314	Dopunska pločica	300	411071	Spoj E49
100	166309	Pločica s uputama	310	12187	Spoj E33
110	413609	Pločica s oznakom SAFT baterije	320	410406	Ćelija- CVH531KA
120	117704	Pločica s šiframa	330	415218	Čepovi
-125	280068	Pločica s oznakom recikliranja	350	015579-000	Matica M10x1.25
130	411440	Set držača razmaka	350	62007	Matica M10x1.25

Tablica 3. NASTAVAK

Stavka	Broj dijela	Opis	Stavka	Broj dijela	Opis
140	NP	Držač razmaka	360	100094	Podloška Belleville
150	NP	Držač razmaka	370	023388-001	Podloška polariteta, Crvena (+)
160	NP	Držač razmaka	370	023388-002	Podloška polariteta, Plava (-)
170	NP	Držač razmaka	380	100078	Ravna podloška
180	NP	Držač razmaka	390	091181-002	O-ring brtva
190	NP	Držač razmaka	390	012536-002	O-ring brtva

Izvor: Izrada autora

Na slici broj 23 prikazan je ilustrirani katalog dijelova na kojemu su prikazane stavke Ni-Cd baterije SAFT 2758 s tablice broj 3.



Slika 23. Ilustrirani katalog dijelova baterije SAFT 2758

Izvor: SAFT Component Maintenance Manual 24-38-51 rev.4

ABC analiza je podijeljena na tri faze, a to su faza pripreme i analize podataka raspoređenih prema vrstama o godišnjim potrebama i potrošnji u zadnjih 12 mjeseci te izračun vrijednosti potreba koje se množe s količinom materijala i prosječnom nabavnom cijenom, faza raspodjele materijala prema vrijednosti godišnjih potreba i izračunavanje postotnog udjela vrijednosti pojedinog materijala prema ukupnoj godišnjoj potrebi, te faza raspodjele postotnog udjela vrijednosti godišnjih potreba na temelju čega se određuju A, B, C kategorije za svaki materijal.

Prije same provedbe ABC analize određen je koeficijent obrtaja zaliha (KO) i prosječni dani vezivanja (DV).

Koeficijent obrta zaliha (KO) ključan je pokazatelj učinkovitosti upravljanja zalihama, koji se definira kao omjer između troška potrošenih proizvoda i prosječne vrijednosti zaliha u određenom razdoblju. Ovaj koeficijent pokazuje koliko puta su zalihe obrnute ili potrošene tijekom godine, čime se mjeri efikasnost upravljanja zalihama i njihova usklađenost s operativnim potrebama. U ovom konkretnom slučaju, gdje se analizira godišnja potrošnja dijelova u organizaciji PART 145 za održavanje zrakoplova, pretpostavljeno je da su zalihe optimalno usklađene s potrebama za održavanje deset baterija godišnje. Na temelju ove pretpostavke, ukupni omjer troška godišnje potrošnje dijelova i prosječne vrijednosti zaliha iznosi 1. Trošak potrošenih dijelova i prosječna vrijednost dijelova iznose 42.922,41 \$. To znači da su dijelovi idealno namijenjeni za godišnju potrošnju, a zalihe se obnavljaju jednom godišnje, čime se postiže maksimalna usklađenost između potrošnje i zaliha. Ovaj rezultat ukazuje na optimalno upravljanje zalihama u kojem nema viška ili manjka zaliha. Takav pristup omogućuje smanjenje troškova skladištenja i povezanih operativnih troškova, dok istovremeno osigurava pravovremenu dostupnost potrebnih dijelova za održavanje. U praksi, idealna vrijednost KO varira ovisno o vrsti industrije i poslovnom modelu, no vrijednost od 1 predstavlja optimalan scenarij za situacije u kojima se zalihe namjenski koriste unutar jednog ciklusa potrošnje.

$$KO = \frac{\text{trošak potrošenih dijelova}}{\text{prosječna vrijednost dijelova}} = \frac{\$ 42.922,41}{\$ 42.922,41} = 1$$

Prosječni dani vezivanja (DV) računaju se kao omjer dana u godini i koeficijenta obrtaja zaliha. U ovom slučaju prosječni dani vezivanja iznose 365. Ovo implicira da prosječno razdoblje vezivanja zaliha iznosi cijelu godinu, odnosno svaka zaliha ostaje u tvrtki cijeli godinu dana.

$$DV = \frac{365}{KO} = \frac{365}{1} = 365$$

Prva faza ABC analize je priprema i analiza podataka raspoređenih prema potrošnji u zadnjih 12 mjeseci te izračun vrijednosti potreba koje se množe s količinom materijala i prosječnom nabavnom cijenom. U Tablici broj 4 pruža se pregled svih dijelova potrebnih za sastavljanje Ni-Cd baterije SAFT 2758, uključujući njihove pojedinačne cijene⁷, potrebne količine i ukupne troškove.

Ovi podaci služe kao temelj za razumijevanje strukture troškova te omogućuju provođenje ABC analize radi identificiranja ključnih dijelova koji najviše doprinose ukupnim troškovima.

⁷ Službena web stranica: "Skygeek" https://skygeek.com/saft-411066-nicad-battery-cover-box.html?srsId=AfmBOoo_x17DnMxNsH79DqGwhdZceYlthJSmRrVEgfMlqCq1MrHqgAWe, dostupno 27.12.2024.

Tablica 4. Količina i cijena dijelova Ni-Cd baterije SAFT 2758

Broj dijela	Opis	Pojedinačna cijena	Količina	Ukupna cijena
411066	Kutija i poklopac	\$ 1.998,21	3	\$ 5.994,63
411053	Kutija	\$ 1.446,99	4	\$ 5.787,96
410406	Ćelija- CVH531KA	\$ 1.264,78	4	\$ 5.059,12
411065	Poklopac s brtvama	\$ 532,72	8	\$ 4.261,76
/	Poklopac	\$ 409,90	10	\$ 4.099,00
411440	Set držača razmaka	\$ 337,14	12	\$ 4.045,68
102392	Priključak	\$ 300,84	12	\$ 3.610,08
13294	Spoj E36	\$ 84,92	24	\$ 2.038,08
12187	Spoj E33	\$ 77,89	24	\$ 1.869,36
411691	Zakrivljeni spoj	\$ 73,53	24	\$ 1.764,72
415218	Čepovi	\$ 46,00	20	\$ 920,00
411071	Spoj E49	\$ 26,97	30	\$ 809,10
166925	Protektor	\$ 18,95	30	\$ 568,50
410895	Ručke	\$ 14,88	40	\$ 595,20
117704	Pločica s šiframa	\$ 13,00	40	\$ 520,00
411109	Identifikacijska pločica	\$ 13,00	40	\$ 520,00
/	Brtva poklopca	\$ 12,02	40	\$ 480,80
413611	Pločica s oznakom asortimana	\$ 12,02	40	\$ 480,80
413609	Pločica s oznakom SAFT baterije	\$ 11,43	40	\$ 457,20
166309	Pločica s uputama	\$ 8,89	40	\$ 355,60
/	Držać razmaka	\$ 6,37	50	\$ 318,50
/	Držać razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80
/	Držać razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80
/	Držać razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80
/	Držać razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80
/	Držać razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80
166314	Dopunska pločica	\$ 5,15	40	\$ 206,00
023388-001	Podloška polariteta, Crvena (+)	\$ 2,99	60	\$ 179,40
023388-002	Podloška polariteta, Plava (-)	\$ 2,99	60	\$ 179,40
100094	Podloška	\$ 2,19	60	\$ 131,40
160158	Zaštitna folija	\$ 2,02	90	\$ 181,80
280068	Pločica s oznakom recikliranja	\$ 1,75	90	\$ 157,50
100094	Podloška Belleville	\$ 1,59	90	\$ 143,10
100078	Ravna podloška	\$ 1,56	90	\$ 140,40
100431	Vijak F/90 M4/10	\$ 1,52	90	\$ 136,80
100713	O-ring brtva, 56.75	\$ 1,05	90	\$ 94,50
100430	Podloška	\$ 0,78	90	\$ 70,20
091181-002	O-ring brtva	\$ 0,69	90	\$ 62,10

Izvor: Izrada autora

Tablica broj 4 podijeljena je u pet stupaca. Prvi i drugi stupac prikazuju broj dijela i opis dijela, u trećem i četvrtom stupcu prikazana je pojedinačna cijena i potrebna količina dijelova te je u petom stupcu prikazana ukupna cijena, odnosno, ukupna vrijednost pojedinačnih dijelova koje su potrebne za održavanje Ni-Cd baterija u periodu od jedne kalendarske godine. Ukupna cijena izračunava se kao umnožak količine i pojedinačne cijene dijelova i materijala. Analiza je provedena na 38 stavki koje broje ukupno 1675 komada dijelova i materijala čija vrijednost iznosi 47.512,69 \$.

Druga faza ABC analize je faza raspodjele materijala prema vrijednosti godišnjih potreba i izračunavanje postotnog udjela vrijednosti pojedinog materijala prema ukupnoj godišnjoj potrebi. Za potrebe druge faze ABC analize prikazani su podaci u tablici broj 5 i tablica broj 6. U tablici broj 5 prikazana je raspodjela materijala i dijelova prema količini godišnjih potreba, dok je u tablici broj 6 prikazana raspodjela materijala i dijelova prema vrijednosti.

Tablica 5. Raspodjela materijala i dijelova prema količini godišnjih potreba

Broj dijela	Opis	Količina	Pojedinačna % količina	Kumulativna količina	Kumulativna % vrijednost količine
411066	Kutija i poklopac	3	0,18%	3	0,18%
411053	Kutija	4	0,24%	7	0,42%
410406	Čelija- CVH531KA	4	0,24%	11	0,66%
411065	Poklopac s brtvama	8	0,24%	19	1,14%
/	Poklopac	10	0,24%	29	1,75%
411440	Set držača razmaka	12	0,72%	41	2,47%
102392	Priključak	12	0,72%	53	3,19%
13294	Spoj E36	24	1,44%	77	4,64%
12187	Spoj E33	24	1,44%	101	6,08%
411691	Zakrivljeni spoj	24	1,44%	125	7,53%
415218	Čepovi	20	1,20%	145	8,73%
411071	Spoj E49	30	1,80%	175	10,54%
166925	Protector	30	1,80%	205	12,35%
410895	Ručke	40	2,40%	245	14,76%
117704	Pločica s šiframa	40	2,40%	285	17,17%
411109	Identifikacijska pločica	40	2,40%	325	19,58%
/	Brtva poklopca	40	2,40%	365	21,99%
413611	Pločica s oznakom asortimana	40	2,40%	405	24,40%
413609	Pločica s oznakom SAFT baterije	40	2,40%	445	26,81%
166309	Pločica s uputama	40	2,40%	485	29,22%
/	Držač razmaka	50	3,00%	535	32,23%
/	Držač razmaka	40	2,40%	575	34,64%
/	Držač razmaka	40	2,40%	615	37,05%
/	Držač razmaka	40	2,40%	655	39,46%
/	Držač razmaka	40	2,40%	695	41,87%
/	Držač razmaka	40	2,40%	735	44,28%
166314	Dopunska pločica	40	2,40%	775	46,69%
023388-001	Podloška polariteta, Crvena (+)	60	3,60%	835	50,30%
023388-002	Podloška polariteta, Plava (-)	60	3,60%	895	53,92%
100094	Podloška	60	3,60%	955	57,53%
160158	Zaštitna folija	90	5,41%	1045	62,95%
280068	Pločica s oznakom recikliranja	90	5,41%	1135	68,37%
100094	Podloška Belleville	90	5,41%	1225	73,80%
100078	Ravna podloška	90	5,41%	1315	79,22%
100431	Vijak F/90 M4/10	90	5,41%	1405	84,64%
100713	O-ring brtva, 56.75	90	5,41%	1495	90,06%
100430	Podloška	90	5,41%	1585	95,48%
091181-002	O-ring brtva	90	5,41%	1675	100,00%

Izvor: Izrada autora

U tablici broj 5 raspodijeljeni i prikazani su potrebne količine materijala i dijelova potrebnih za održavanje Ni-Cd baterija. U prvom i drugom stupcu prikazan je broj dijela (eng. Part Number- P/N) i opis dijela, dok u trećem i četvrtom stupcu prikazana je pojedinačna količina i postotna pojedinačna količina dijelova potrebnih za održavanje te je u petom i šestom stupcu prikazan kumulativni zbroj količine i kumulativna postotna vrijednost potrebne količine dijelova i materijala. Pojedinačna postotna količina izračunava se kao omjer količine određenog broja dijela i ukupne količine dijelova.

Ukupna količina dijelova i materijala iznosi 1675 komada, najmanja potrebna količina dijelova je 3 za broj dijela (P/N)- 411066 „Kutija i poklopac“ te postotna vrijednost iznosi 0,18% od ukupne količine. Najbrojniji su dijelovi P/N 160158 „Zaštitna folija“, P/N 280068 „Pločica s oznakom recikliranja“, P/N 100094 „Podloška Belleville“, P/N 100078 „Ravna podloška“, P/N 100431 „Vijak F/90 M4/10“, P/N 100713 „O-ring brtva, 56.75“, P/N 100430 „Podloška“ i P/N 091181-002 „O-ring brtva“ čija pojedinačna količina iznosi 90 komada te postotna vrijednost iznosi 5,41 %.

Tablica 6. Raspodjela materijala prema vrijednosti materijala i dijelova

Broj dijela	Opis	Cijena	Količina	Ukupna Cijena	Ukupna % vrijednost	Kumulativna vrijednost	Kumulirana % vrijednost
411066	Kutija i poklopac	\$ 1.998,21	3	\$ 5.994,63	12,62%	\$ 5.994,63	12,6%
411053	Kutija	\$ 1.446,99	4	\$ 5.787,96	12,18%	\$ 11.782,59	24,8%
410406	Čelija-CVH531KA	\$ 1.264,78	4	\$ 5.059,12	10,65%	\$ 16.841,71	35,4%
411065	Poklopac s brtvama	\$ 532,72	8	\$ 4.261,76	8,97%	\$ 21.103,47	44,4%
/	Poklopac	\$ 409,90	10	\$ 4.099,00	8,63%	\$ 25.202,47	53,0%
411440	Set držača razmaka	\$ 337,14	12	\$ 4.045,68	8,51%	\$ 29.248,15	61,6%
102392	Priključak	\$ 300,84	12	\$ 3.610,08	7,60%	\$ 32.858,23	69,2%
13294	Spoj E36	\$ 84,92	24	\$ 2.038,08	4,29%	\$ 34.896,31	73,4%
12187	Spoj E33	\$ 77,89	24	\$ 1.869,36	3,93%	\$ 36.765,67	77,4%
411691	Zakrivljeni spoj	\$ 73,53	24	\$ 1.764,72	3,71%	\$ 38.530,39	81,1%
415218	Čepovi	\$ 46,00	20	\$ 920,00	1,94%	\$ 39.450,39	83,0%
411071	Spoj E49	\$ 26,97	30	\$ 809,10	1,70%	\$ 40.259,49	84,7%
166925	Protektor	\$ 18,95	30	\$ 568,50	1,20%	\$ 40.827,99	85,9%
410895	Ručke	\$ 14,88	40	\$ 595,20	1,25%	\$ 41.423,19	87,2%
117704	Pločica s šiframa	\$ 13,00	40	\$ 520,00	1,09%	\$ 41.943,19	88,3%
411109	Identifikacijska pločica	\$ 13,00	40	\$ 520,00	1,09%	\$ 42.463,19	89,4%
/	Brtva poklopca	\$ 12,02	40	\$ 480,80	1,01%	\$ 42.943,99	90,4%
413611	Pločica s oznakom asortimana	\$ 12,02	40	\$ 480,80	1,01%	\$ 43.424,79	91,4%
413609	Pločica s oznakom SAFT baterije	\$ 11,43	40	\$ 457,20	0,96%	\$ 43.881,99	92,4%
166309	Pločica s uputama	\$ 8,89	40	\$ 355,60	0,75%	\$ 44.237,59	93,1%
/	Držac razmaka	\$ 6,37	50	\$ 318,50	0,67%	\$ 44.556,09	93,8%
/	Držac razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80	0,54%	\$ 44.810,89	94,3%
/	Držac razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80	0,54%	\$ 45.065,69	94,8%
/	Držac razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80	0,54%	\$ 45.320,49	95,4%
/	Držac razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80	0,54%	\$ 45.575,29	95,9%
/	Držac razmaka	\$ 6,37	40	\$ 254,80	0,54%	\$ 45.830,09	96,5%
166314	Dopunska pločica	\$ 5,15	40	\$ 206,00	0,43%	\$ 46.036,09	96,9%

Tablica 6. NASTAVAK

Broj dijela	Opis	Cijena	Količina	Ukupna Cijena	Ukupna % vrijednost	Kumulativna vrijednost	Kumulirana % vrijednost
023388-001	Podloška polariteta, Crvena (+)	\$ 2,99	60	\$ 179,40	0,38%	\$ 46.215,49	97,3%
023388-002	Podloška polariteta, Plava (-)	\$ 2,99	60	\$ 179,40	0,38%	\$ 46.394,89	97,6%
100094	Podloška	\$ 2,19	60	\$ 131,40	0,28%	\$ 46.526,29	97,9%
160158	Zaštitna folija	\$ 2,02	90	\$ 181,80	0,38%	\$ 46.708,09	98,3%
280068	Pločica s oznakom recikliranja	\$ 1,75	90	\$ 157,50	0,33%	\$ 46.865,59	98,6%
100094	Podloška Belleville	\$ 1,59	90	\$ 143,10	0,30%	\$ 47.008,69	98,9%
100078	Ravna podloška	\$ 1,56	90	\$ 140,40	0,30%	\$ 47.149,09	99,2%
100431	Vijak F/90 M4/10	\$ 1,52	90	\$ 136,80	0,29%	\$ 47.285,89	99,5%
100713	O-ring brtva, 56.75	\$ 1,05	90	\$ 94,50	0,20%	\$ 47.380,39	99,7%
100430	Podloška	\$ 0,78	90	\$ 70,20	0,15%	\$ 47.450,59	99,9%
091181-002	O-ring brtva	\$ 0,69	90	\$ 62,10	0,13%	\$ 47.512,69	100,0%

Izvor: Izrada autora

U prvom i drugom stupcu prikazan je broj dijela (eng. *Part Number- P/N*) i opis dijela, u trećem i četvrtom stupcu prikazana je pojedinačna količina i postotna pojedinačna količina dijelova potrebnih za održavanje, u petom i šestom stupcu prikazana ukupna cijena i ukupna postotna vrijednost, te sedmom i osmom stupcu je prikazana kumulirana postotna vrijednost dijelova i materijala. Ukupna postotna vrijednost izračunava se kao omjer ukupne vrijednosti pojedinačnog dijela i cjelokupne vrijednosti svih dijelova i materijala.

Najvrjednija stavka je P/N 411066 „Kutija i poklopac“ čija pojedinačna cijena iznosi \$ 1.998,21, potrebno je 3 komada za kontinuirano održavanje Ni-Cd baterija tijekom jedne kalendarske godine. Ukupna cijena iznosi \$ 5.994,63 te je ukupna postotna vrijednost 12,62 %. Najmanja vrijednost koja je potrebna za održavanje baterija je P/N 091181-002 „O-ring brtva“ čija pojedinačna cijena iznosi \$ 0,69, potrebno je 90 komada za kontinuirano održavanje. Ukupna cijena iznosi \$ 62,10 te je ukupna postotna vrijednost 0,13 %.

Treća faza ABC analize je faza raspodjele postotnog udjela vrijednosti godišnjih potreba na temelju čega se određuju A, B, C kategorije za svaki materijal. U tablici 7 prikazana je klasifikacija dijelova i materijala prema ABC analizi. ABC analiza kategorizirana je u 3 grupe prema kumuliranoj postotnoj vrijednosti. Prva grupa A je karakterizirana do 70 posto kumulirane vrijednosti, grupa B je karakterizirana od 70 do 90 posto kumulirane vrijednosti i grupa C je karakterizirana od 90 do 100 posto kumulirane vrijednosti dijelova i materijala.

Tablica 7. Podaci klasificirani prema ABC analizi

Broj dijela	Opis	Ukupna Vrijednost	Ukupna % vrijednost	Kumulirana % vrijednost	ABC
411066	Kutija i poklopac	\$ 5.994,63	12,62%	12,6%	A
411053	Kutija	\$ 5.787,96	12,18%	24,8%	A
410406	Čelija- CVH531KA	\$ 5.059,12	10,65%	35,4%	A
411065	Poklopac s brtvama	\$ 4.261,76	8,97%	44,4%	A
/	Poklopac	\$ 4.099,00	8,63%	53,0%	A
411440	Set držača razmaka	\$ 4.045,68	8,51%	61,6%	A
102392	Priključak	\$ 3.610,08	7,60%	69,2%	A
13294	Spoj E36	\$ 2.038,08	4,29%	73,4%	B
12187	Spoj E33	\$ 1.869,36	3,93%	77,4%	B
411691	Zakrivljeni spoj	\$ 1.764,72	3,71%	81,1%	B
415218	Čepovi	\$ 920,00	1,94%	83,0%	B
411071	Spoj E49	\$ 809,10	1,70%	84,7%	B
166925	Protektor	\$ 568,50	1,20%	85,9%	B
410895	Ručke	\$ 595,20	1,25%	87,2%	B
117704	Pločica s šiframa	\$ 520,00	1,09%	88,3%	B
411109	Identifikacijska pločica	\$ 520,00	1,09%	89,4%	B
/	Brtva poklopca	\$ 480,80	1,01%	90,4%	C
413611	Pločica s oznakom asortimana	\$ 480,80	1,01%	91,4%	C
413609	Pločica s oznakom SAFT baterije	\$ 457,20	0,96%	92,4%	C
166309	Pločica s uputama	\$ 355,60	0,75%	93,1%	C
/	Držač razmaka	\$ 318,50	0,67%	93,8%	C
/	Držač razmaka	\$ 254,80	0,54%	94,3%	C
/	Držač razmaka	\$ 254,80	0,54%	94,8%	C
/	Držač razmaka	\$ 254,80	0,54%	95,4%	C
/	Držač razmaka	\$ 254,80	0,54%	95,9%	C
/	Držač razmaka	\$ 254,80	0,54%	96,5%	C
166314	Dopunska pločica	\$ 206,00	0,43%	96,9%	C

Tablica 7. NASTAVAK

Broj dijela	Opis	Ukupna Vrijednost	Ukupna % vrijednost	Kumulirana % vrijednost	ABC
023388-001	Podloška polariteta, Crvena (+)	\$ 179,40	0,38%	97,3%	C
023388-002	Podloška polariteta, Plava (-)	\$ 179,40	0,38%	97,6%	C
100094	Podloška	\$ 131,40	0,28%	97,9%	C
160158	Zaštitna folija	\$ 181,80	0,38%	98,3%	C
280068	Pločica s oznakom recikliranja	\$ 157,50	0,33%	98,6%	C
100094	Podloška Belleville	\$ 143,10	0,30%	98,9%	C
100078	Ravna podloška	\$ 140,40	0,30%	99,2%	C
100431	Vijak F/90 M4/10	\$ 136,80	0,29%	99,5%	C
100713	O-ring brtva, 56.75	\$ 94,50	0,20%	99,7%	C
100430	Podloška	\$ 70,20	0,15%	99,9%	C
091181-002	O-ring brtva	\$ 62,10	0,13%	100,0%	C

Izvor: Izrada autora

ABC analiza je odrađena na temelju 38 stavki čija ukupna vrijednost iznosi 47.512,69 \$ te je ukupno potrebno 1675 komada dijelova. Prema podacima iz tablice broj 5 i tablice broj 6 izrađen je Pareto dijagram na slici broj 24.

Grupa A kreirana je na temelju kumulirane vrijednosti do 70 posto čime obuhvaća 7 stavki, zajedno sadrže 53 pojedinačna dijela čija vrijednost iznosi 32.853,23 \$. Kumulativna postotna vrijednost količine iznosi 3,16 %, odnosno, 53 dijela od ukupno 1675 dijelova. Grupa A sadrži 69,2 % vrijednosti dijelova čija količina iznosi 3,16 % od ukupne godišnje potrebe dijelova.

Grupa B kreirana je na temelju kumulirane vrijednosti od 70 do 90 posto čime obuhvaća 9 stavki, zajedno sadrže 352 pojedinačna dijela čija ukupna vrijednost iznosi 9.604,96 \$. Kumulativna postotna vrijednost količine iznosi 21,01 %, odnosno, 352 dijela od ukupno 1675 dijelova. Grupa B sadrži 20,22 % vrijednosti dijelova čija količina iznosi 16,39 % od ukupne godišnje potrebe dijelova.

Grupa C kreirana je na temelju kumulirane vrijednosti od 90 do 100 posto čime obuhvaća 22 stavki, zajedno sadrže 1270 pojedinačna dijela čija ukupna vrijednost iznosi 5.046,50 \$. Kumulativna postotna vrijednost količine iznosi 75,82 %, odnosno, 1270 dijela od ukupno 1675 dijelova. Grupa C sadrži 9,62 % vrijednosti dijelova čija količina iznosi 80,42 % od ukupne godišnje potrebe dijelova.

U tablici broj 8 prikazana je kategorizacija koja se dijeli na grupe A,B i C, njihova postotna kumulirana vrijednost, ukupna pojedinačna količina i ukupna postotna količine.

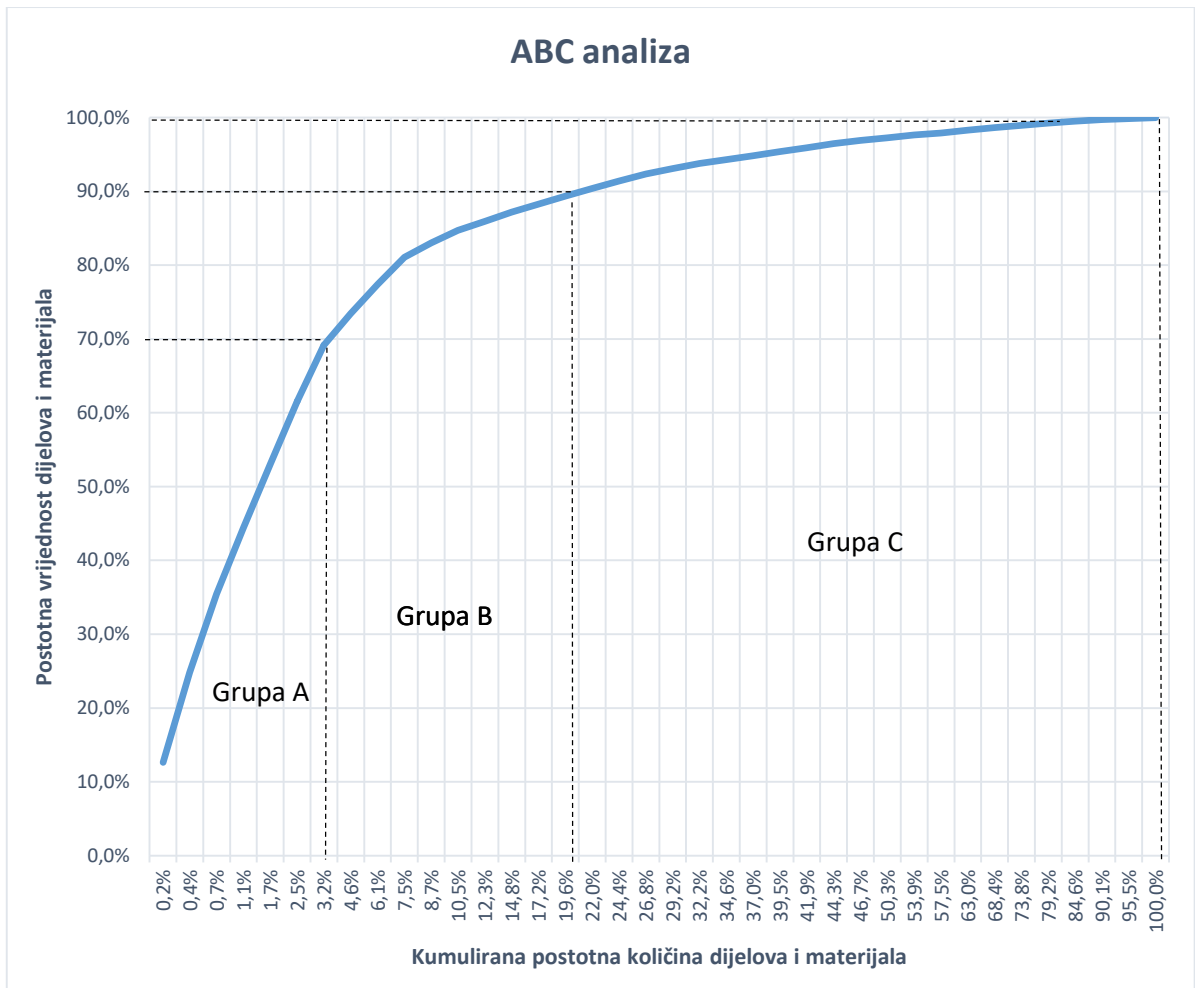
Tablica 8. Kategorizacija ABC analize

Kategorizacija	Postotna vrijednost	Količina	Postotna količina
A	70%	53	3%
B	70%-90%	352	21%
C	> 90 %	1270	76%

Izvor: Izrada autora

ABC analiza temelji se na principu rangiranja i klasifikacije zaliha prema njihovoj važnosti, a ključni kriteriji za to su: kumulativni postotak ukupne vrijednosti zaliha i postotak udjela stavki u ukupnom broju zaliha. Na temelju ovog omjera potvrđuje se 1. istraživačka hipoteza, koja glasi: *"Vrijednost materijala i dijelova u skladištu ključan je faktor za primjenu ABC metode"*.

ABC metoda je posebno učinkovita u MRO organizacijama jer omogućuje optimizaciju skladišnih zaliha prema važnosti i vrijednosti, što dovodi do poboljšanja operativne učinkovitosti, smanjenju troškova i povećanju profitabilnosti. Primjena ove metode omogućuje bolje planiranje i kontrolu zaliha, što je ključno za održavanje pouzdanosti operacija u MRO sektoru čime se dokazuje 2. istraživačka hipoteza, koja glasi: *" ABC metoda prikladna je za optimizaciju skladišnih zaliha MRO organizacija"*.



Slika 24. ABC analiza materijala i dijelova za održavanje Ni- Cd baterija

Izvor: Izrada autora

5. Zaključak

Planiranje dijelova i materijala u organizaciji za održavanje zrakoplova je ključni segment za osiguranje sigurnosti, pouzdanosti i kontinuirane plovidbenosti zrakoplova koji su uključeni u komercijalni zračni prijevoz. Održavanje zrakoplova zahtijeva pridržavanje propisanih standarda kao što je Uredba EU 1321/2014, koja definira klasifikaciju dijelova i materijala. Klasifikacija obuhvaća rotirajuće, popravljive i nepopravljive komponente, standardne dijelove, potrošni i sirovi materijal. Ispravno skladištenje ovih materijala od presudne je važnosti za sigurnost. Kako bi se prepoznale i spriječile potencijalne prijetnje povezane s neispravnim skladištenjem, primjenjuju se analize poput FMECA metode (eng. *Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*). Ova metoda omogućuje identifikaciju kritičnih točaka i kvarova, čime se osigurava pravovremena reakcija i smanjenje rizika za operativne procese.

Upravljanje skladišnim inventarom i zalihama omogućava održavanje ravnoteže između ponude i potražnje. Zalihe omogućuju organizacijama za održavanje zrakoplova da izbjegnu prekide u održavanju i osiguraju kontinuiranu dostupnost potrebnih resursa, posebno u slučaju promjena u potražnji ili ograničene dostupnosti sirovina. Modeli upravljanja zalihama dijele se na modele guranja i modele povlačenja. Modeli guranja, poput EOQ (eng. *Economic Order Quantity*) i MRPII (eng. *Manufacturing Resource Planning*), osiguravaju proaktivno planiranje nabave, dok modeli povlačenja, poput JIT-a (*Just-in-Time*), smanjuju zalihe optimizirajući troškove i resurse. Sustavi klasifikacije i analize, kao što su ABC i XYZ analize, omogućuju organizacijama da optimiziraju upravljanje zalihama, usmjeravajući resurse prema prioritetnim materijalima i komponentama. Unakrsne analize i definiranje maksimalnih, minimalnih i optimalnih zaliha dodatno doprinose učinkovitosti sustava upravljanja.

U diplomskom radu definiram je cilj i problem istraživanja, a to je primjena ABC analize u svrhu optimiranja dijelova radione za održavanje Ni-Cd baterija u organizaciji za održavanje zrakoplova. ABC analiza temelji se na godišnjoj potrošnji 38 vrsta dijelova i materijala za održavanje Ni-Cd baterija u organizaciji PART 145. ABC analiza prikazuje raspodjelu materijala prema njihovoj vrijednosti i količini potrebnoj za održavanje Ni-Cd baterija. Prema provedenoj ABC analizi definirano je da grupa A, koja obuhvaća samo 3,16% ukupne količine dijelova, sadrži 69,2% ukupne vrijednosti, što ukazuje na značajan udio u troškovima, ali mali broj dijelova. Grupa B sadrži 20,22% ukupne vrijednosti i 16,39% količine dijelova, što označava umjerenu važnost. Grupa C, s najviše dijelova 80,42%, sadrži samo 9,62% ukupne

vrijednosti, što znači da su ti dijelovi brojčano dominantni, ali imaju manji utjecaj na ukupne troškove.

Definirane i potvrđene su dvije hipoteze, a to su:

1. hipoteza: vrijednost materijala i dijelova na skladištu je bitan faktor kod kreiranja ABC metode,
2. hipoteza: ABC metoda prikladna je za optimizaciju skladišnih zaliha MRO organizacija.

Za kreiranje i izradu ABC analize potrebni su podaci o kumulativnom postotku ukupne vrijednosti zaliha i postotak udjela stavki u ukupnom broju zaliha čime je potvrđena prva hipoteza gdje je korištena ABC analiza u rangiranju dijelova potrebnih za održavanje Ni-Cd baterija u organizaciji za održavanje zrakoplova.

ABC analiza je učinkovita u optimizaciji skladišnih zaliha u MRO organizacijama jer omogućuje klasifikaciju dijelova i materijala prema njihovoj vrijednosti i količini. Ovaj pristup doprinosi boljoj kontroli zaliha, smanjenju troškova i poboljšanju operativne učinkovitosti čime je potvrđena druga hipoteza.

Popis literature

Knjige:

1. Bloomberg, D., LeMay, S. & B. Hanna, J., (2006), „Logistika“, Zagreb, MATE d.o.o.,
2. Lambert, D., (1976), „The Development of an Inventory Costing Methodology: A Study of the Costs Associated with Holding Inventory“, National Council of Physical Distribution Management,
3. Muller, M., (2003), „Essentials of inventory management“, AMACOM: a division of American Management Association,
4. Šafran, M., (2021), „Osnove upravljanja zalihama“, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu.
5. Waters, D., (2003), Logistics An Introduction to Supply Chain Management, Ashford Colour Press Ltd.

Članci:

1. Golner, D., (2002), „Zalihe“, Kolegij Modeliranje i simulacije, Sveučilište u Zagrebu,
2. Konieczka, R., Wyderka, B., (2020), „The process of storing aviation parts in the context of flight safety“, Journal of KONBiN, Volume 50, Issue 2. str. 29-42.,
3. Kovač, I., „Upravljanje zalihama“, Poslovna logistika, Autorizirano predavanje, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu,
4. Nakić, S., Vinšalek Stipić, V., Milinković, M., (2020), „Upravljanje zalihama kao čimbenik uspješnog poslovanja hrvatskih poduzeća“, Glasilo Future 3 (3), str. 17–33.,
5. Piškor, M., Kondić V., (2010), „Lean production kao jedan od načina povećanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu“, Tehnički glasnik, Vol.4 No. 1-2.,
6. Pepur, P., (2016), „Računovodstvo troškova“, Sveučilišni odjel za stručne studije, Sveučilište u Splitu,
7. Pita, O., „Logistika održavanja zrakoplova“, Održavanje zrakoplova II, Autorizirana predavanja, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2015.,
8. Popović Petrušić, H., (2017), „Kontroling kao instrument uspješnog upravljanja zalihama“, FIP - Journal of Finance and Law, Effectus - University College for Law and Finance, vol. 5.,
9. Proklin, P., (1995), „Model izvješćivanja menadžmenta o zalihama poduzetnika“, Ekonomski vjesnik br.1, Ekonomski fakultet Osijek,

10. Vrtarić, K., (2022), „UPRAVLJANJE ZALIHAMA NA PRIMJERU PODUZEĆA HEMCO D.O.O.“, Diplomski rad, Sveučilište Josipa i Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku.
11. Zeba, T., (2015), „RIKAZ AKTIVNOSTI UPRAVLJANJA ZALIHAMA U OPSKRBNOM LANCU“, Završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu.

Internetski izvori:

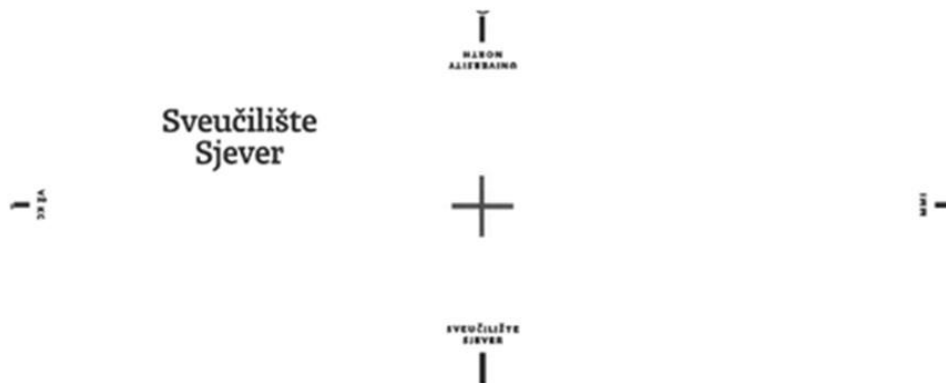
1. Alpha Capitalis, „Obrtaj zaliha“, službena web stranica: <https://alphacapitalis.com/glossary/obrtaj-zaliha/>, dostupno 06.12.2024.,
2. Avilaw, službena web stranica: <https://avilaw.info/avilaw-base/classification-and-installation-components/>, dostupno 19.01.2024.,
3. e-Statistika, (2011) „Koeficijent varijacije“, službena web stranica: <https://e-statistika.rs/koeficijent-varijacije>, dostupno 06.12.2024.,
4. Provedbena uredba Komisije (EU) 2019/1383 od 8. srpnja 2019. o izmjeni i ispravku Uredbe (EU) br. 1321/2014 u pogledu sustava za upravljanje sigurnošću u organizacijama za vođenje kontinuirane plovidbenosti te olakšavanja održavanja i vođenja kontinuirane plovidbenosti za zrakoplove općeg zrakoplovstva, službena web stranica: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2019/1383/oj, dostupno 10.09.2024.,
5. Uredba Komisije (EU) br. 1321/2014 od 26. studenoga 2014. o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova i aeronautičkih proizvoda, dijelova i uređaja, te o odobravanju organizacija i osoblja uključenih u te poslove, službena web stranica: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/1321/oj>, dostupno 10.09.2024.,
6. Vermorel, E., (2013), „Inventory“, The Quantitative Supply Chain Novel, https://www.lokad.com/definition-inventory-costs#Ordering_costs_7, dostupno 05.12.2024.
7. Kemijski rječnik, „Galvanski članak“, službena web stranica: <https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=galvanski+%C4%8Dlanak>, dostupno 25.12.2024.,
8. SAFT Aircraft Battery „2758“: Component Maintenance Manual with Illustrated Parts List- CMM/IPC: 24-38-51 rev.4, April 08/2013, Date of creation: October 01/1987, <https://www.scribd.com/document/364945253/24-38-51-pdf>, dostupno 27.12.2024.,
9. „Skygeek shop“, službena web stranica: <https://skygeek.com/aircraft-engine-parts/electrical/batteries/?p=2#/filter:brand:SAFT>, dostupno 27.12.2024.

Popis slika

Slika 1. Logo Europske agencije za zrakoplovnu sigurnost	6
Slika 2. Zrakoplovni dijelovi i materijal	7
Slika 3. Životni tijek rotirajuće komponente	8
Slika 4. Metalni skladišni regal s potrošnim dijelovima.....	11
Slika 5. Metalni skladišni regal s rotirajućim dijelovima	12
Slika 6. Tehnički prijem dijelova i materijala u MRO organizaciji.....	14
Slika 7. Oznaka neispravnosti dijelova i materijala.....	15
Slika 8. Karantensko skladište u MRO organizaciji	16
Slika 9. Proces skladištenja zrakoplovnih dijelova i materijala.....	17
Slika 10. Provjera procesa prilikom tehničkog prijema robe i materijala.....	21
Slika 11. Odnos između troškova držanja i troškova naručivanja zaliha	24
Slika 12. Razina zaliha u jedinici vremena.....	27
Slika 13. Procjena vjerojatnosti potražnje	29
Slika 14. Pareto dijagram.....	30
Slika 15. Primjena ABC analize na Paretovom dijagramu	33
Slika 16. Unakrsna ABC/ XYZ analiza	35
Slika 17. Galvanski članak.....	39
Slika 18. Konstrukcija Nikal- kadmij ćelije.....	40
Slika 19. Konstrukcija Nikal- kadmij baterije	41
Slika 20. Periodički pregled baterije SAFT 2758	42
Slika 21. Periodički pregled baterije SAFT 2758	43
Slika 22. Generalni pregled baterije SAFT 2758.....	44
Slika 23. Ilustrirani katalog dijelova baterije SAFT 2758	46
Slika 24. ABC analiza materijala i dijelova za održavanje Ni- Cd baterija.....	58

Popis tablica

Tablica 1. Analiza rizika prema FMECA metodi	19
Tablica 2. Troškovi držanja zaliha.....	25
Tablica 3. Dijelovi i materijali Ni-Cd baterije SAFT 2758	45
Tablica 4. Količina i cijena dijelova Ni-Cd baterije SAFT 2758	49
Tablica 5. Raspodjela materijala i dijelova prema količini godišnjih potreba.....	51
Tablica 6. Raspodjela materijala prema vrijednosti materijala i dijelova.....	53
Tablica 7. Podaci klasificirani prema ABC analizi.....	55
Tablica 8. Kategorizacija ABC analize.....	57



Diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Andrija Cvetnić pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom "Planiranje materijala u organizaciji za održavanje zrakoplova", te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:

Andrija Cvetnić

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.