

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

Ignjatije BUMBULOVIĆ

**OPTIMIZACIJA DELOVNEGA PROCESA  
REZANJA IN PAKIRANJA ELEKTRIČNIH  
VODNIKOV V PODJETJU LAPP D.O.O.**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

Maribor, 2026

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

Ignjatije BUMBULOVIĆ

**OPTIMIZACIJA DELOVNEGA PROCESA REZANJA IN  
PAKIRANJA ELEKTRIČNIH VODNIKOV V PODJETJU LAPP  
D.O.O.**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

**OPTIMIZATION OF THE WORK PROCESS OF CUTTING AND  
PACKAGING ELECTRICAL CABLES AT THE COMPANY LAPP D.O.O.**

GRADUATION THESIS

Higher vocational studies

Maribor, 2026

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, gospodu Draganu Gogiću, mag. inž. metal. in mater., za strokovno pomoč, usmerjanje in dragocene nasvete pri nastajanju diplomske naloge. Njegova podpora in odzivnost sta pomembno prispevali k uspešni izvedbi raziskave.

Zahvala gre tudi vsem, ki so sodelovali pri zbiranju podatkov oziroma mi kakorkoli pomagali pri pripravi naloge.

Iskrena zahvala družini in prijateljem za razumevanje, spodbudo in potrpežljivost v času študija.

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Ignjatije Bumbulović, rojen 02. 01. 2001 v Brčkem, Bosna in Hercegovina, študent Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, programa strojništvo, izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom *Optimizacija delovnega procesa rezanja in pakiranja električnih vodnikov v podjetju Lapp d.o.o.* avtorsko delo.

V diplomskem delu so vsi uporabljeni viri in literatura konkretno navedeni; teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

Diplomsko delo je lektoriral dr. Klemen Jelinčič, prof. slov. j., ključno dokumentacijsko informacijo pa sem prevedel Ignjatije Bumbulović.

Kraj in datum: \_\_\_\_\_

Lastnoročni podpis študenta/-ke: \_\_\_\_\_

## **MENTORSTVO**

Diplomsko delo je zaključek Višješolskega strokovnega študija, smer strojništvo, opravljeno je bilo na Tehniškem šolskem centru Maribor, Višji strokovni šoli.

Študijska komisija Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, je za mentorja diplomskega dela imenovala Dragana Gogića, mag. inž. metal. in mater.

### **Komisija za oceno in zagovor:**

Predsednik: \_\_\_\_\_

Član/mentor: \_\_\_\_\_

Član: \_\_\_\_\_

Član/somentor: \_\_\_\_\_

Datum diplomskega izpita: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

V diplomskem delu je predstavljen in analiziran delovni proces rezanja in navijanja električnih kablov v podjetju LAPP d.o.o., ki se ukvarja z distribucijo in obdelavo električnih vodnikov. Namen naloge je bil preučiti že obstoječi proizvodni proces, ugotoviti pomanjkljivosti ter predlagati rešitve za njegovo optimizacijo z vidika učinkovitosti, natančnosti in prilagojenosti delovnemu okolju.

Proces obdelave kablov poteka v več zaporednih fazah – od prejema povpraševanja in izdaje ponudbe do nalaganja kabla na stroj, rezanja, navijanja ter končnega pakiranja in priprave palet. Analiza obstoječega procesa je pokazala, da kljub delni avtomatizaciji številne aktivnosti še vedno zahtevajo ročno delo operaterjev, kar vpliva na produktivnost in kakovost rezultatov. Najpogostejše težave so povezane z netočnostmi pri rezanju, neenakomernim navijanjem, neizkoriščenostjo prostora na paletah ter povečano fizično obremenitvijo zaposlenih.

Glavni cilji diplomskega dela so bili: povečanje učinkovitosti z zmanjšanjem časa obdelave posameznega naročila, standardizacija postopkov navijanja in zlaganja bobnov glede na njihovo velikost in količino, zmanjšanje odpadkov z natančnejšim rezanjem in boljšim izkorištkom prostora ter zmanjšanje fizične obremenitve zaposlenih z optimizacijo razporeditve in postopkov pakiranja.

Na podlagi izvedene analize so bile predlagane rešitve za izboljšanje procesa, kot sta uvedba standardiziranih postopkov in optimizacija razporeditve bobnov na paletah. Predlagane spremembe bi lahko prinesle krajši čas obdelave, manj materialnih izgub, boljši prostorski izkoristek ter večjo varnost in udobje zaposlenih.

Rezultati diplomskega dela kažejo, da je z uvajanjem tehničnih in organizacijskih izboljšav mogoče doseči večjo učinkovitost proizvodnje, zmanjšati stroške ter izboljšati kakovost procesa, kar dolgoročno prispeva k večji konkurenčnosti podjetja na trgu.

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	658.56:621.313(043.2)
KG	električni vodniki, optimizacija, pakiranje, rezanje vodnikov
AV	BUMBULOVIĆ, Ignjatije
SA	GOGIĆ, Dragan (mentor)
KZ	SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
ZA	Tehniški šolski center Maribor, Višja strokovna šola
LI	2026
IN	OPTIMIZACIJA DELOVNEGA PROCESA REZANJA IN PAKIRANJA ELEKTRIČNIH VODNIKOV V PODJETJU LAPP D. O. O.
TD	Diplomsko delo (višješolski strokovni študij)
OP	XI, 33 str., 4 tab., 24 sl., 3 pril., 14 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
AI	<i>V diplomskem delu je obravnavana optimizacija delovnega procesa rezanja in pakiranja električnih vodnikov v podjetju LAPP d.o.o. Predstavljeno je obstoječe stanje delovnega procesa ter analiza pretoka materiala v proizvodnji. Poseben poudarek je namenjen ravnanju z bobni električnih vodnikov, njihovi postavitvi na palete ter porazdelitvi obremenitev, pri čemer so bile zasnovane in preverjene tudi konstrukcijske rešitve optimalne postavitve. Na podlagi analiz in izračunov je oblikovan predlog izboljšav, ki vključuje optimizacijo manipulacije z bobni ter skrajšanje časa priprave in izvedbe rezanja. Rezultati kažejo, da predlagane rešitve omogočajo večjo produktivnost, zmanjšanje obremenitev delavcev ter boljši izkoristek prostora in materiala.</i>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dd
- DC 658.56:621.313(043.2)
- CX electrical conductors, optimization, packaging, conductor cutting
- AU BUMBULOVIĆ, Ignjatije
- AA GOGIĆ, Dragan (mentor)
- PP SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
- PB Technical School Centre Maribor, Higher Vocational College
- PY 2026
- TI OPTIMIZATION OF THE WORK PROCESS OF CUTTING AND PACKAGING ELECTRICAL CABLES AT THE COMPANY LAPP D. O. O.
- DT Graduation Thesis (Higher vocational studies)
- NO XI, 33 p., 4 tab., 24 fig., 3 ann., 14 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB *The thesis examines the optimization of the cutting and packaging process of electrical conductors in the company LAPP d.o.o. The current state of the workflow, material flow, and major production bottlenecks are analyzed. Special attention is given to the handling of cable drums, their placement on pallets, and load distribution, including conceptual and structural solutions for optimal drum arrangement. Based on the analysis and calculations, an improvement proposal is developed, focusing on optimizing drum manipulation, and reducing preparation and cutting time. The results show that the proposed solutions improve productivity, reduce worker strain, and increase both material efficiency and workspace utilization.*

## KAZALO VSEBINE

ZAHVALA.....	II
IZJAVA O AVTORSTVU.....	III
MENTORSTVO.....	IV
POVZETEK.....	V
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	VI
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	VII
KAZALO VSEBINE.....	VIII
KAZALO SLIK.....	X
KAZALO TABEL.....	XI
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	1
1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA.....	1
2 PREGLED STANJA.....	2
2.1 PREDSTAVITEV PODJETJA.....	2
2.2 PROIZVODNI PROGRAM.....	2
2.3 VRSTE IN OPISI STROJEV ZA REZANJE KABLOV.....	3
2.3.1 Električni kabli.....	3
2.3.2 Navijalni bobni.....	4
2.3.3 Stroji za rezanje.....	5
2.3.4.1 Ročni stroj.....	6
2.3.4.2 Polavtomatski stroj.....	6
2.3.4.3 Avtomatski stroj.....	7
2.4 VZDRŽEVANJE STROJEV IN OPREME.....	10
2.5 OPIS IN PREDSTAVITEV OBSTOJEČEGA PROCESA.....	12
3 OPTIMIZACIJA PROCESA REZANJA IN PAKIRANJA ELEKTRIČNIH VODNIKOV.....	14
3.1 IDEJNA ZASNOVA.....	14
3.1.1 Cilji optimizacije.....	14
3.2 POMEN RAZPOLOŽLJIVOSTI VELIKOSTI IN KOLIČIN NAVIJALNIH BOBNOV.....	14
3.3 RAČUNALNIŠKO ORODJE SOLIDWORKS.....	15
3.3.1 Opis programa SolidWorks.....	15
3.4 KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA OPTIMIZIRANEGA SISTEMA REZANJA IN PAKIRANJA.....	17
3.4.3 Analiza procesa pakiranja bobnov.....	18
3.5 NAČRTOVANJE NOVEGA SISTEMA NAVIJANJA.....	20
3.6 NAČRTOVANJE NOVEGA SISTEMA PAKIRANJA.....	21
3.7 IZDELAVA OPTIMIZIRANEGA SINOPIKA LOGISTIKE PROCESA IN NOVEGA SISTEMA PRETOKA.....	24

<b>3.8 ANALIZA STROŠKOV IN PREDSTAVITEV PREDVIDENIH PRIHRANKOV.....</b>	<b>25</b>
<b>3.8.2 Poraba embalažnega materiala.....</b>	<b>26</b>
<b>3.9 IZDELAVA KONSTRUKCIJSKE DOKUMENTACIJE.....</b>	<b>29</b>
<b>4 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>31</b>
<b>5 VIRI.....</b>	<b>32</b>
<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO SLIK

Slika 1: Logotip podjetja Lapp .....	2
Slika 2: Proizvodni program podjetja LAPP d.o.o. ....	3
Slika 3: Ročna naprava za meritev vodnikov .....	6
Slika 4: Navijalna glava polavtomatskega stroja.....	7
Slika 5: Polavtomatski stroj za rezanje vodnikov.....	7
Slika 6: Kontrolna plošča na sprednji strani stroja .....	8
Slika 7: Kontrolna plošča na zadnji strani stroja .....	9
Slika 8: Prikaz stroja.....	9
Slika 9: Grafični prikaz poteka delovnega procesa v podjetju LAPP d.o.o. ....	12
Slika 10: Zaloga bobnov.....	15
Slika 11: Logotip programa SolidWorks .....	16
Slika 12: Zavit boben.....	18
Slika 13: Dimenzije malega bobna.....	19
Slika 14: Dimenzije velikega bobna.....	20
Slika 15: Zapakirani bobni na paleti.....	20
Slika 16: Primer slabo zloženih bobnov na paleti .....	22
Slika 17: Primer ustrezno zloženih bobnov na paleti .....	22
Slika 18: Načrt postavitve dveh velikih bobnov na paleti.....	23
Slika 19: Načrt postavitve šestih manjših bobnov na paleti .....	23
Slika 20: Načrt postavitve štirih manjših in enega večjega bobna .....	24
Slika 21: Pogled postavitve iz tlorisa .....	24
Slika 22: Grafični prikaz letnega prihranka delovnega časa .....	26
Slika 23: Prikaz uporabljenih funkcij pri izdelavi modela palete.....	30
Slika 24: Prikaz uporabljenih funkcij pri izdelavi modela bobna .....	30

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Dnevno vzdrževanje .....	10
Tabela 2: Tedensko vzdrževanje .....	11
Tabela 3: Mesečno vzdrževanje.....	11
Tabela 4: Letno vzdrževanje.....	11

## **KAZALO PRILOG**

PRILOGA A: Euro paleta
PRILOGA B: Veliki boben
PRILOGA C: Mali boben

# **1 UVOD**

## **1.1 OPREDELITEV PROBLEMA**

V obstoječem proizvodnem procesu rezanja in pakiranja kablov se pojavljajo številne neučinkovitosti, ki vplivajo na kakovost izdelkov, porabo materiala ter produktivnost zaposlenih. Zaradi ročnih postopkov in necelostne avtomatizacije prihaja do netočnosti pri rezanju, neenakomernega navijanja ter slabše izrabe prostora pri skladiščenju. Takšen način dela povzroča večje materialne izgube, podaljšuje čas obdelave in povečuje odvisnost od izkušenj posameznih operaterjev.

Glavni problem, ki ga diplomska naloga obravnava, je torej neoptimiziran delovni proces, ki zmanjšuje učinkovitost proizvodnje in otežuje zagotavljanje stalne kakovosti izdelkov. Rešitev tega problema je ključnega pomena za doseganje boljše racionalizacije dela, znižanje stroškov ter izboljšanje konkurenčnosti podjetja na trgu.

## **1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA**

Namen diplomskega dela je analizirati in izboljšati obstoječi delovni proces rezanja in pakiranja kablov z namenom povečanja učinkovitosti, natančnosti in ekonomičnosti proizvodnje. S preučevanjem trenutnega stanja, identifikacijo pomanjkljivosti ter s predlogi tehničnih in organizacijskih izboljšav želimo razviti rešitev, ki bo omogočila hitrejše in zanesljivejše izvajanje procesa, hkrati pa zmanjšala izgube materiala in napake pri delu. Diplomsko delo se tako osredotoča na iskanje načinov, kako z optimizacijo posameznih faz postopka doseči večjo produktivnost in stabilno kakovost končnih izdelkov.

Cilji diplomskega dela so naslednji:

- analizirati obstoječe stanje procesa rezanja in pakiranja kablov,
- prepoznati glavne pomanjkljivosti in vzroke za neučinkovitost,
- predlagati tehnične in organizacijske rešitve za optimizacijo procesa,
- ovrednotiti pričakovane izboljšave glede na čas, natančnost in porabo materiala,
- pripraviti predlog izvedbe optimiziranega sistema, ki bo omogočil lažjo implementacijo v proizvodno okolje.

S tem bo diplomsko delo prispevalo k večji racionalizaciji proizvodnje, zmanjšanju stroškov ter izboljšanju kakovosti dela in izdelkov v podjetju.

## **2 PREGLED STANJA**

### **2.1 PREDSTAVITEV PODJETJA**

Podjetje LAPP, d.o.o., je slovenska podružnica globalne skupine LAPP, ki je vodilni proizvajalec kablov, kabelskih sistemov in rešitev za industrijsko povezljivost. Skupina LAPP je bila ustanovljena leta 1959 v Stuttgartu, Nemčija, s strani Oskarja in Ursule Ide Lapp. Oskar Lapp je že leta 1957 izumil kontrolni kabel ÖLFLEX, prvo zaščiteno blagovno znamko v industriji, ki so ji kmalu sledile še druge. Podjetje je ostalo v družinski lasti in danes ga vodi tretja generacija družine Lapp (Lapp Slovenija, 2026).

Podjetje ima več kot 40.000 izdelkov, 43 distribucijskih družb in približno 100 poslovnih partnerjev po celem svetu. Proizvajajo različne izdelke, kot so podatkovni kabli, sistemi optičnih vlaken, kabelske uvodnice, industrijski konektorji, sistemi za zaščito kablov itd. Ti izdelki se uporabljajo v različnih industrijah, kot so proizvodnja strojev, avtomatizacija, energetika, mobilnost in infrastruktura. Ponujajo tudi storitev rezanja kablov po naročilu (Lapp, 2026).

Logotip podjetja si lahko ogledamo na sliki 1.

Slika 1: Logotip podjetja Lapp



Vir: (LAPP, 2025)

### **2.2 PROIZVODNI PROGRAM**

Podjetje proizvaja 40.000 standardnih izdelkov, ki so razdeljeni v osem blagovnih znamk, prilagojenih različnim industrijskim potrebam. Celoten proizvodni program je prikazan na sliki 2. Pri vodnikih so najbolj pomembni ÖLFLEX: Fleksibilni napajalni in kontrolni kabli, UNITRONIC: Kabli za prenos podatkov in komunikacijo in HITRONIC: Optični kabli za visoke hitrosti prenosa. Pri konektorjih so najbolj prodajani EPIC – industrijski konektor za zanesljive povezave in SKINTOP – kabelske uvodnice za tesnjenje. Sistem za zaščito in vodenje kablov je SILVYN. Označevalni sistemi so FLEXIMARK, ki je sistem za označevanje kablov in komponent. Drugi produkti so še različna orodja za montažo in vzdrževanje kablov. Podjetje še ponuja različne rešitve in sisteme po naročilu strank (Lapp, 2026).

Slika 2: Proizvodni program podjetja LAPP d.o.o.



Vir: (LAPP, 2025)

## 2.3 VRSTE IN OPISI STROJEV ZA REZANJE KABLOV

### 2.3.1 Električni kabli

Električni vodniki oziroma kabli predstavljajo temeljne elemente električnih inštalacij, saj omogočajo prenos električne energije ali signalov med različnimi deli električnih sistemov. Njihova osnovna funkcija je zagotoviti zanesljiv, varen in učinkovit pretok električnega toka od vira do porabnika (Helukabel, 2024).

Vsak kabel je sestavljen iz prevodnega jedra, ki omogoča prevajanje električnega toka, ter izolacijskega sloja, ki preprečuje neposreden stik z okolico in zagotavlja električno ter mehansko zaščito. Pogosto imajo kabli tudi zaščitni plašč, ki jih ščiti pred mehanskimi poškodbami, vlago, temperaturnimi vplivi in elektromagnetnimi motnjami (Electrical Installation, 2014).

Za prevodni material se najpogosteje uporabljata baker (Cu) in aluminij (Al). Baker odlikujeta visoka električna prevodnost in dobra mehanska trdnost, medtem ko je aluminij cenovno ugodnejši in lažji, zato se pogosto uporablja pri večjih prerezih in daljših prenosnih razdaljah (Kokalj, 2011). Izbira materiala je odvisna od obremenitve, napetostnega nivoja ter okoljskih pogojev, v katerih kabel deluje (Helukabel, 2024).

Izolacijski materiali so običajno plastika, guma ali polimeri, kot sta polivinilklorid (PVC) in polietilen (PE) (TopCable, 2023). Ti materiali morajo biti odporni na toplotne in mehanske

vplive, vlago ter staranje. V sodobnih inštalacijah se vse pogosteje uporabljajo tudi brezhalogenske in požarno odporne izolacije, ki zmanjšujejo tveganje za nastanek dima in strupenih plinov ob požaru (Helukabel, 2024).

Glede na namen uporabe ločimo več vrst kablov, in sicer napajalne (energetske) kable za prenos električne energije, komunikacijske in signalne kable za prenos podatkov ter specialne kable, namenjene delovanju v specifičnih pogojih, kot so visoka temperatura, vlaga ali mehanske obremenitve (Helukabel, 2024).

### **2.3.2 Navijalni bobni**

Navijalni bobni predstavljajo ključen element v procesih rokovanja, transporta in skladiščenja električnih vodnikov. Njihov osnovni namen je omogočiti urejeno in varno navijanje kablov, kar olajša merjenje, pakiranje ter poznejše odvijanje pri montaži (Električne inštalacije v praksi. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani., 2018).

S pravilno uporabo bobnov se preprečijo mehanske poškodbe kablov, zmanjša količina odpadnega materiala ter izboljša preglednost in učinkovitost skladiščnega sistema. Bobni se uporabljajo v vseh fazah delovnega procesa – od proizvodnje in razreza kablov do njihove distribucije in uporabe na terenu. Izbira ustreznega bobna je odvisna od vrste kabla, njegove dolžine, premera ter zahtev naročnika. Napačna izbira velikosti lahko povzroči neenakomerno navijanje, deformacije bobna ali poškodbe izolacije kabla (Škorjanc, 2019).

Kar zadeva velikosti bobnov, v praksi obstajajo različni standardni premeri, ki zajemajo majhne bobne za tanjše vodnike do velikih industrijskih bobnov za težke in dolge kable. Ustrezna razpoložljivost različnih velikosti je ključna za tekoče delo, saj omogoča optimalno izrabo prostora na paletah, v skladiščih in pri transportu (Škorjanc, 2019). V podjetju Lapp d.o.o., denimo, uporabljajo tri osnovne velikosti bobnov, pri čemer prevladujejo manjši, saj se najpogosteje uporabljajo pri krajših dolžinah kablov. (Lapp Slovenija, 2026).

Material bobnov se razlikuje glede na namen uporabe in nosilnost. Najpogosteje so izdelani iz lesa, ki je cenovno ugoden, enostaven za popravilo in razgradljiv. Pri težjih kablilih se uporabljajo kovinski bobni, ki zagotavljajo večjo stabilnost, medtem ko so plastični bobni lahki, odporni na vlago in primerni za večkratno uporabo (Hughes, 2020).

Med pogostimi poškodbami bobnov se pojavljajo razpoke in odlomljeni deli lesenih plošč, deformacije kovinskih robov, poškodbe osrednje osi ter obraba robov, ki povzročata neenakomerno navijanje. Takšne poškodbe lahko negativno vplivajo na kakovost navitja in povzročijo okvare kablov, zato je priporočljivo izvajati redno vizualno kontrolo in vzdrževalne preglede. S tem se zagotovi daljša življenjska doba bobnov in stabilna kakovost procesa pakiranja (Električne inštalacije v praksi. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani., 2018).

V sodobni industrijski praksi je vedno večji poudarek tudi na trajnostni rabi bobnov. Ponovna uporaba in recikliranje lesenih ali plastičnih bobnov zmanjšujeta stroške in okoljski vpliv, hkrati pa prispevata k uresničevanju načel krožnega gospodarstva (Hughes, 2020).

### **2.3.3 Stroji za rezanje**

Stroji za rezanje in navijanje kablov so ročne, polavtomatizirane ali popolnoma avtomatizirane naprave, ki omogočajo precizno rezanje kablov na določene dolžine in navijanje na bobne ali v zanke. Uporabljajo se za pripravo kablov za avtomobilsko industrijo, pripravo podatkovnih kablov za telekomunikacijo in pakiranje napajalnih kablov za elektrodistributerje.

Ti stroji pomembno povečajo učinkovitost in kakovost proizvodnje v tej industriji. Glavne prednosti so visoka natančnost rezanja, hitrost, avtomatizacija in prilagodljivost. Ti stroji imajo dve glavni opciji, ki sta rezanje in navijanje električnih vodnikov in tudi možnosti dodatnih funkcij.

Delovanje stroja je razdeljeno na več funkcionalnih sklopov, ki skupaj zagotavljajo avtomatiziran in zanesljiv proces obdelave. V nadaljevanju so opisane glavne faze delovanja, dodatne funkcije ter osnovni sestavni deli stroja, ki omogočajo učinkovito in varno delo.

1. Rezanje kablov:
  - električni vodnik se odvijne z velikega glavnega bobna;
  - preko dovajalnega sistema valjev se kabel vodi v rezalno enoto;
  - ko nastavimo potrebno dolžino kabla, rezalna glava z visoko natančnostjo odreže vodnik.
  
2. Navijanje kablov:
  - po rezu ali pred rezom se vodnik samodejno navije na boben ali v zanko;
  - naprava nadzira napetost kabla, da prepreči poškodbe.
  
3. Dodatne funkcije:
  - odstranjevanje izolacije;
  - tiskanje oznak, kot so serijske številke in dolžina kabla;
  - vgrajeni merilniki za nadzor natančnosti merjenja dolžine;
  - nadzor napak s senzorji za pretrgan kabel in nepravilno podajanje.
  
4. Sestavni deli stroja:
  - dovajalna enota – odvijanje kabla iz bobna;
  - merilna enota – natančno premeri dolžino kabla pred rezanjem;
  - rezalna enota – noži ali žage za precizno rezanje;
  - navijalna enota – navija kabel na boben ali zanko;
  - krmilna enota – upravljanje stroja, nastavitve dolžine, hitrosti, premika;
  - senzorji – zaznavajo pozicije in napake na kablilih.

V procesu obdelave in priprave električnih vodnikov se uporabljajo različne vrste strojev, katerih izbira je odvisna od zahtevnosti proizvodnje, obsega dela ter stopnje avtomatizacije. Naprednejše tehnologije omogočajo hitrejšo, natančnejšo in energetsko učinkovitejšo delovanje, kar vpliva tako na produktivnost, kot tudi na kakovost končnega izdelka.

Glede na sistem delovanja in funkcijsko razpoložljivost možnih aktivnosti ločimo različne vrste

strojev na:

1. Ročni stroji za rezanje in navijanje – enostaven stroj, kjer operater ročno dovaja kabel, meri dolžino, navija in reže popolnoma brez avtomatizacije. Tipično jih uporabljajo v manjših delavnicah.
2. Polavtomatski stroji – kabel se avtomatsko meri in odvija, rezanje je polavtomatsko. Uporablja se pri manjših in srednjih proizvodnjah.
3. Avtomatski stroji – kabel se avtomatsko odvija, meri in po potrebi sname izolacijo. Stroj se tudi avtomatsko prilagodi debelini kabla. Uporablja pa se pri serijski proizvodnji v različnih industrijah.

### 2.3.4 Stroji v podjetju LAPP d.o.o.

#### 2.3.4.1 Ročni stroj

Merilno napravo, prikazano na sliki 3, uporabljajo za hitro meritev električnih vodnikov do dolžine 10 metrov. Naprava se samodejno prilagodi debelini kabla. Dolžino preverjamo na števcu. S pomočjo rdečega stikala na napravi števec ponastavimo na novo meritev. Potem ko izmerimo potrebno dolžino kabla, ga ročno odrežemo.

Slika 3: Ročna naprava za meritev vodnikov



#### 2.3.4.2 Polavtomatski stroj

Polavtomatski navijalni stroj, ki je prikazan na sliki 5, uporabljamo za navijanje tanjših vodnikov do dolžine 100 metrov. Kabli se navijajo iz bobnov ali iz navijalne mize. Prvi korak v tem procesu je postavitve bobna na napravo za odvijanje električnega vodnika iz bobna. Kabel napeljemo v kolut za meritev dolžine, nato pa ga napeljemo v navijalno glavo stroja, ki je prikazana na sliki 4.

Slika 4: Navijalna glava polavtomatskega stroja



Na tipkovnici nastavimo zahtevano dolžino kabla in hitrost navijanja. Širina navijanja je določena in nastavljena glede na debelino kabla. Ko stroj zaženemo, kabel premikamo naprej in nazaj ročno. Pri tem pazimo, da se kabel enakomerno navija. Po končanem postopku se stroj avtomatsko ustavi. Kabel odrežemo ročno in potem ga do konca navijemo na kolut. Kolut zavarujemo z vezicami in ga zavijemo v folijo, da preprečimo poškodbe.

Slika 5: Polavtomatski stroj za rezanje vodnikov



#### 2.3.4.3 Avtomatski stroj

Proces rezanja električnih vodnikov se pri avtomatskem stroju prične podobno kot pri polavtomatskem stroju. Najprej postavimo bobn, ki ga režemo, na napravo za odvijanje. Odstranimo folijo, ki ščiti vodnik na kolutu od zunanjih vplivov. Kabel napeljemo skozi štiri valje, ki kontrolirajo premikanje na horizontalni in vertikalni osi. V nadaljevanju vstavimo kabel v kolut za meritev dolžine. Na drugi strani stroja pripravimo prazen bobn, na katerega nato kabel navijemo. Prazen kolut vpnemo in ga s pomočjo krmilnega sistema premaknemo

tako, da se kabel začne navijati na eno stran koluta (horizontalno). Kabel vpnemo v prazen kolut tako, da ga vstavimo v izvrtino v kolutu, ki je predvidena za začetek navijanja. Nato se odpravimo na nastavitve parametrov na kontrolni plošči, ki je prikazana na sliki 6.

Pri procesu navijanja imamo več opcij, kot so:

- ročno podajanje, kjer premikamo navijanje kabla horizontalno s pomočjo krmilne palice;
- avtomatsko podajanje, kjer s pomočjo koluta nastavimo hitrost podajanja, ki je potem konstantna;
- gumb za nastavitve smeri premikanja uporabimo, da poiščemo začetno točko navijanja kablov na kolut; ko določimo začetni točki, se ti shranita v spomin krmilnega sistema do konca programa;
- na kontrolnem panelu s pomočjo tipkovnice nastavimo zahtevano dolžino kabla v metrih; ko stroj doseže dolžino, ki smo jo vpisali, se ta avtomatsko ustavi;
- gumb za rezanje uporabimo na koncu programa ter ga držimo prižganega 5 do 10 sekund, odvisno od debeline kabla;
- gumb za nastavitve obratov omogoča 10 različnih stopenj hitrosti navijanja; na začetku ga zaradi varnosti nastavimo na nižje obrate (med 2 in 3), nato pa hitrost po potrebi povečamo med delom.

Slika 6: Kontrolna plošča na sprednji strani stroja



Slika 7: Kontrolna plošča na zadnji strani stroja



Ko nastavimo vse parametre, izberemo gumb »Start«, da začnemo z navijanjem. Po končanem procesu stisnemo gumb »Rezanje«. Nato popustimo vpenjanje koluta na kontrolni plošči na zadnji strani stroja, ki je prikazana na sliki 7, ter ga ročno navijemo do konca. Konec kabla zalepimo z lepilnim trakom in nato zavarujemo z Lapp oranžno folijo, da zagotovimo ustrezno zaščito.

Slika 8: Prikaz stroja



## 2.4 VZDRŽEVANJE STROJEV IN OPREME

Vzdrževanje proizvodne opreme je bistvenega pomena za nemoteno delovanje celotnega tehnološkega procesa. Namen rednega vzdrževanja je ohraniti stroj v optimalnem tehničnem stanju, zmanjšati možnost okvar in zagotoviti zanesljivo ter varno uporabo pri vsakodnevem delu. S tem se ne podaljša le življenjska doba strojev, temveč se izboljša tudi kakovost izvedenih postopkov in zmanjšajo stroški izpadov v proizvodnji.

Postopki vzdrževanja so običajno razdeljeni glede na časovno pogostost in obseg posegov. Med osnovne oblike sodijo rutinski, tedenski, mesečni in letni pregledi:

- dnevno vzdrževanje se izvaja vsakodnevno in vključuje čiščenje delovnih površin, odstranjevanje ostankov materiala ter osnovno vizualno kontrolo delovanja stroja;
- tedenski pregledi zajemajo podrobnejši nadzor mehanskih komponent, preverjanje zategnenosti spojev, mazanje gibljivih delov in testiranje varnostnih mehanizmov;
- mesečno vzdrževanje vključuje pregled električnih povezav in preverjanje delovanja programske opreme;
- letno vzdrževanje pa pomeni temeljit pregled celotnega sistema, zamenjavo obrabljenih delov, posodobitev nastavitev, kalibracijo merilnih senzorjev in po potrebi servisiranje elektronskih krmilnih enot.

S preventivnim vzdrževanjem se preprečijo številne težave, ki bi lahko vplivale na natančnost meritev, kakovost reza ali stabilnost delovanja strojev. Takšen pristop omogoča zanesljivo proizvodnjo, večjo varnost pri delu in dolgoročno manjše stroške popravil.

V nadaljevanju je predstavljen načrt vzdrževanja strojev, ki prikazuje najpogostejše postopke in namen njihove izvedbe v različnih časovnih intervalih.

Postopki dnevnega vzdrževanja opreme z potekom izvedbe so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1: Dnevno vzdrževanje

Pregled	Opis
Vizualni pregled	Vizualno pregledamo prisotnost poškodb, npr. puščanje hidravlične tekočine, poškodovani kabli ...
Čiščenje vodil in rezalnega sistema	Odstranimo prah in ostanke vodnikov.
Pregled senzorjev	Preverimo, če pravilno delujejo.
Pregled delovanja varoval	Zagotovimo, da pokrovi in stikala za izklop v sili delujejo.
Mazanje gibljivih delov	Po pregledu preverimo, če je potrebno mazanje.

Postopki tedenskega vzdrževanja opreme z opisom izvedbe so prikazani v tabeli 2.

Tabela 2: Tedensko vzdrževanje

<b>Pregled</b>	<b>Opis</b>
Pregled rezil	Preverimo ostrino rezil ter jih po potrebi zamenjamo.
Pregled priključkov	Preverimo vse kontakte.
Pregled zavor in napenjalcev	Preverimo pravilno napenjanje kablov in delovanje zavore.
Pregled navijalnega mehanizma	Preverimo delovanje motorjev in osi.

Postopki mesečnega vzdrževanja opreme z opisom izvedbe so prikazani v tabeli 3.

Tabela 3: Mesečno vzdrževanje

<b>Pregled</b>	<b>Opis</b>
Pregled mazalnih točk	Pregledamo vse ležaje in mazalne točke ter jih po potrebi namažemo.
Pregled in čiščenje ventilatorjev	Preprečimo pregrevanje elektronskih komponent.
Preverjanje zategnjenosti vijakov	Preverimo vse vijake in jih po potrebi zategnemo.

Postopki letnega vzdrževanja so prikazani v tabeli 4.

Tabela 4: Letno vzdrževanje

<b>Pregled</b>	<b>Opis</b>
Kalibracija stroja	Kalibracija sistemov merjenja, pozicioniranja in napenjanja.
Menjava obrabljenih delov	Po potrebi menjamo obrabljene dele stroja, kot so rezila, jermeni in ležaji.
Posodobitev programske opreme	Če proizvajalec ponuja novo verzijo programa, jo naložimo.
Pregled električne omarice	Pregled relejev, stikal in napajalnikov.

Pri vzdrževanju strojev je potrebno voditi vzdrževalni dnevnik, ki vsebuje spisek opravil z datumi in podpisom odgovorne osebe. V sklopu vzdrževanja strojev je potrebno uporabljati originalne nadomestne dele in upoštevati predpise proizvajalca. Zaposleni morajo biti ustrezno usposobljeni za osnovno vzdrževanje in varno uporabo strojev.

## 2.5 OPIS IN PREDSTAVITEV OBSTOJEČEGA PROCESA

Celoten proces obdelave kablov v podjetju LAPP d.o.o. poteka v petih zaporednih fazah, ki skupaj tvorijo celovit delovni tok – od prejema povpraševanja do končnega pakiranja in odpreme izdelkov. Proces združuje kombinacijo informacijskih postopkov, ročne manipulacije in strojne obdelave s ciljem zagotavljanja natančnosti, ponovljivosti in zanesljive kakovosti.

Slika 9: Grafični prikaz poteka delovnega procesa v podjetju LAPP d.o.o.



### 1. Prejem povpraševanja in izdaja ponudbe

Proces se začne z obdelavo povpraševanja, ki ga odda kupec. Na podlagi vrste, dolžine in količine zahtevanih kablov prodajna služba pripravi ponudbo ter preveri razpoložljivost materiala in kapacitete proizvodnje. Po potrditvi naročila se dokumentacija posreduje v proizvodnjo.

### 2. Priprava kabla na postopek rezanja

V skladišču se s pomočjo sistema sledenja (lokacija in lot številka) poišče ustrezen kolut kabla. Kolut se prenese do stroja za rezanje in namesti na nosilno os. Kabel se usmeri skozi vodila in pripravi za obdelavo. Operater preveri napetost, smer navijanja in skladnost z naročilom.

### 3. Rezanje kabla

Kabel se s koluta avtomatsko odvija skozi merilno-rezalno enoto, kjer se reže na zahtevano dolžino. Postopek je delno avtomatiziran, merjenje in rezanje izvaja stroj, nadzor pa opravlja operater. Možne so manjše netočnosti zaradi obrabe rezil ali raztezanja kabla, zato se redno preverja natančnost merjenja.

### 4. Navijanje kabla na boben

Odreznani segmenti kablov se navijajo na bobne ustreznih dimenzij. Napetost kabla se uravnava ročno ali polavtomatsko, pri čemer je cilj doseči enakomerno in kompaktno navitje brez deformacij. Po končanem navijanju se kabel zavaruje, boben označi z identifikacijsko nalepko in pripravi za pakiranje.

### 5. Pakiranje in priprava palet

Bobni se zaščitijo s folijo, nato pa razporedijo na palete glede na velikost in težo. Sledi ovijanje s stretch folijo ter označevanje z logističnimi podatki (naročilo, teža, datum, serijska številka). Pripravljene palete se skladiščijo do prevzema in odpreme kupcu. Celoten proces je zasnovan tako, da omogoča sledljivost izdelkov, nadzor kakovosti ter učinkovito manipulacijo z materiali. Kljub delni avtomatizaciji ostajajo določene faze odvisne od ročnega dela in izkušenj operaterjev, kar predstavlja glavni potencial za nadaljnjo optimizacijo in avtomatizacijo procesa.

### **3 OPTIMIZACIJA PROCESA REZANJA IN PAKIRANJA ELEKTRIČNIH VODNIKOV**

#### **3.1 IDEJNA ZASNOVA**

Podjetje LAPP d.o.o. se ukvarja z distribucijo in obdelavo električnih vodnikov, pri čemer predstavlja proces rezanja, navijanja in pakiranja kablov enega ključnih korakov v dobavni verigi. Zaradi povečanega obsega naročil, krajših dobavnih rokov in zahtev po dosledni kakovosti izdelkov se je pokazala potreba po optimizaciji obstoječega delovnega procesa. Glavni cilj zasnove je povečati produktivnost in zmanjšati izgube materiala.

##### **3.1.1 Cilji optimizacije**

Optimizacija procesa rezanja in pakiranja kablov vključuje več ključnih ciljev:

- povečanje učinkovitosti – zmanjšanje časa obdelave posameznega naročila s hitrejšo pripravo bobnov, boljšim pretokom materiala in krajšimi prestavitvami med delovnimi fazami;
- standardizacija postopkov – uvedba enotnih pravil za navijanje kablov glede na njihov premer in dolžino ter za razporeditev bobnov na palete glede na njihovo velikost in težo;
- zmanjšanje materialnih izgub – natančnejše rezanje kablov in optimalna izraba prostora na paletah, kar zmanjšuje količino odpadnega materiala in stroške embalaže;
- zmanjšanje fizične obremenitve zaposlenih – boljša organizacija prostora in določitev standardnih mest za posamezne velikosti bobnov zmanjšata potrebo po prelaganju in ročnem dvigovanju.

#### **3.2 POMEN RAZPOLOŽLJIVOSTI VELIKOSTI IN KOLIČIN NAVIJALNIH BOBNOV**

Razpoložljivost in ustrezno dimenzionirana količina navijalnih bobnov imata neposreden vpliv na učinkovitost, kontinuiteto in stabilnost proizvodnega procesa pri rezanju in pakiranju električnih vodnikov. V proizvodnem okolju, kjer potekajo zaporedne faze rezanja, navijanja, označevanja in skladiščenja, pomanjkanje primerne velikosti bobna predstavlja težavo, ki povzroča časovne zamude, neučinkovito rabo delovne sile ter povečuje možnost za poškodbe kabla ali opreme.

Optimalna zaloga bobnov različnih dimenzij omogoča operativno fleksibilnost, saj se lahko izbira bobna prilagodi tipu kabla glede na njegov premer, dolžino in togost. S tem se zagotovi enakomerno navijanje, prepreči deformacija izolacije ter zmanjša trenje med ovoji. Nepravilno izbran boben lahko povzroči neustrezno razporeditev navitja, lokalne napetosti na površini kabla ali celo zdrs navitja, kar negativno vpliva na kakovost in varnost izdelka.

Z vidika logistike pravilna razpoložljivost bobnov omogoča boljšo izrabo prostorskih in transportnih kapacitet. Uporaba pravilnih velikosti zmanjšuje neizkoriščen volumen na paletah in v transportnih sredstvih, kar vodi do nižjih logističnih stroškov in večje stabilnosti tovara pri pre-

vozu. V dobro optimiziranem skladišču je zato potrebno zagotoviti ustrezno razmerje med različnimi velikostmi bobnov glede na povprečno strukturo naročil in količinsko dinamiko proizvodnje.

Redno spremljanje stanja bobnov je del preventivnega vzdrževanja opreme, saj mehanske poškodbe, kot so razpoke, deformacije ali obraba robov, lahko povzročijo nepravilno navijanje in povečajo tveganje za zastoje v proizvodnji. Sistematično načrtovanje zalog in vračanje rabljenih, a še uporabnih bobnov, prispeva k zniževanju stroškov nabave, zmanjšanju odpadkov in večji trajnostni učinkovitosti podjetja.

Z inženirskega vidika je torej razpoložljivost navijalnih bobnov pomemben del celovite optimizacije materialnega toka. Učinkovito upravljanje zalog bobnov omogoča večjo procesno zanesljivost, manjšo variabilnost proizvodnih ciklov ter stabilnejšo kakovost izhodnih produktov, kar so ključni pogoji za konkurenčno in stroškovno učinkovito proizvodnjo.

Slika 10: Zaloga bobnov



### **3.3 RAČUNALNIŠKO ORODJE SOLIDWORKS**

#### **3.3.1 Opis programa SolidWorks**

SolidWorks je profesionalni CAD-, CAM- in CAE-program podjetja Dassault Systèmes, namenjen natančnemu 3D modeliranju, konstrukcijskemu načrtovanju, inženirskim simulacijam ter pripravi tehnične dokumentacije. Uporablja parametrični način modeliranja, kar omogoča enostavno spreminjanje dimenzij in oblik ter samodejno posodabljanje povezanih geometrijskih lastnosti (Dassault Systèmes, 2024).

Uporabniki lahko ustvarjajo kompleksne 3D modele s pomočjo naprednih orodij, kot so iztiskanje, vrtenje, površinsko modeliranje, loftanje in oblikovanje nepravilnih geometrij (Zupan, 2007). Poleg osnovnega modeliranja SolidWorks omogoča izdelavo sestavov, simulacijo gibanja mehanizmov in generiranje tehničnih risb v skladu z industrijskimi standardi (Toogood, 2020).

Program vključuje širok nabor specializiranih modulov:

- SolidWorks Simulation za analizo napetosti, vibracij, toplotnih pojavov in tokov fluída,
- SolidWorks CAM za generiranje CNC poti,
- SolidWorks Electrical za električne sheme in ožičenje,
- SolidWorks Composer za tehnično dokumentacijo in vizualizacije,
- SolidWorks PDM za upravljanje podatkov in timsko sodelovanje.

Softver podpira uvoz in izvoz številnih datotečnih formatov (STEP, IGES, STL, Parasolid idr.), kar omogoča kompatibilnost z drugimi orodji za razvoj izdelkov. Zaradi svoje natančnosti in zmogljivosti je SolidWorks razširjen v številnih panogah, kot so strojništvo, avtomobilska industrija, medicinske tehnologije, robotika in industrijsko oblikovanje (Planchard, 2022).

Slika 11: Logotip programa SolidWorks



Vir: (SolidWorks, 2024)

### 3.3.2 Omejitve

Kljub številnim naprednim funkcijam ima SolidWorks tudi nekatere omejitve, ki lahko vplivajo na delo pri zahtevnejših projektih.

- Zahtevna strojna oprema

SolidWorks zahteva zmogljivo strojno opremo, zlasti grafično kartico, certificirano za CAD, dovolj procesorske moči in velik delovni pomnilnik. Veliki sestavi lahko povzročijo počasno delovanje ali nestabilnost sistema (Dassault Systèmes, 2024).

- Omejitve pri organskih oblikah

Kot parametrični CAD-program je SolidWorks optimalen za tehnično natančne, mehanske modele. Pri organskih, zelo nepravilnih ali »prosto oblikovanih« modelih je

manj primeren kot specializirani programi, kot so Blender, Rhino ali Zbrush (Hughes, 2021).

- Kompleksnost za začetnike

Zaradi obsežnega nabora funkcij je uporaba precej komplicirana. Za učinkovito delo je priporočljivo dodatno izobraževanje ali certificiranje, kar lahko predstavlja oviro za začetnike.

- Visoki stroški licenciranja

SolidWorks je komercialna programska oprema z razmeroma visokimi stroški licenc in vzdrževanja, kar lahko predstavlja izziv za manjša podjetja ali posameznike (Planchard, 2022).

Kljub navedenim omejitvam SolidWorks ostaja eno najbolj razširjenih in najzmogljivejših orodij za 3D modeliranje in inženirske analize, saj omogoča zanesljivo digitalno prototipiranje, optimizacijo izdelkov in pripravo tehničnih risb.

### **3.4 KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA OPTIMIZIRANEGA SISTEMA REZANJA IN PAKIRANJA**

#### **3.4.1 Pomanjkljivosti trenutnega načina**

Pri obstoječem načinu dela se pojavljajo številne pomanjkljivosti, ki vplivajo na učinkovitost proizvodnega procesa, kakovost izdelka in porabo materiala. Glavne ugotovljene težave so naslednje:

- Izgube materiala zaradi netočnega rezanja

Zaradi ročnega ali nenatančno nastavljenega rezanja prihaja do odstopanj v dolžinah kablov, kar povzroča odvečne ostanke materiala. Takšne izgube se sčasoma kopičijo in vplivajo na stroške proizvodnje ter ekonomsko učinkovitost procesa.

- Neenakomerno navitje pri različnih tipih kablov

Pri navijanju kablov različnih premerov in togosti pogosto prihaja do neenakomernega navijanja, kar otežuje nadaljnjo obdelavo in skladiščenje. Slabo naviti koluti lahko povzročijo vozlanje, poškodbe izolacije ali težave pri odvijanju v naslednjih fazah proizvodnje.

- Velika odvisnost od izkušenj operaterjev

Ker so številni postopki še vedno izvedeni ročno, kakovost dela močno zavisi od spretnosti, natančnosti in izkušenj posameznega operaterja. To povečuje možnost napak in vodi do neenotne kakovosti izdelkov, zlasti pri večjih proizvodnih serijah.

- Neizkoriščenost prostora na paletah:

Zaradi neoptimalnega načina navijanja in pakiranja kablov prihaja do slabše izrabe skladiščnega prostora. Posledično je potrebnih več palet in več prostora za shranjevanje, kar povečuje logistične stroške ter zmanjšuje učinkovitost manipulacije z izdelki. Poleg tega površno oziroma neustrezno zlaganje povzroči povečano porabo embalažne folije, saj je potrebno dodatno utrjevanje tovora, kar dodatno zvišuje stroške pakiranja in negativno vpliva na celotno ekonomiko procesa.

### 3.4.2 Analiza procesa rezanja kablov

Proces navijanja in rezanja kablov je organiziran v več fazah, ki zahtevajo kombinacijo ročnega dela in strojev.

Pri procesu rezanja kablov se kabli režejo na zahtevane dolžine z rezalnimi enotami. Del procesa je avtomatiziran (merjenje in rez), vendar se pogosto pojavljajo manjše netočnosti, ki povzročajo odpadke. Pri procesu navijanja se odrezani kabli navijajo na bobne ali kolute različnih dimenzij. Nastavitve za različne premere in dolžine zahtevajo ročne prilagoditve strojev, kar podaljša čas menjave. Napetost kabla pri navijanju se nadzoruje ročno ali polavtomatsko, zato obstaja tveganje za preveč ohlapno ali preveč tesno navitje, kar lahko povzroči poškodbo kabla ali bobna. Po končanem navitju kabla je še potrebno kabel zavarovati z zaščitno folijo in nalepiti oznake, ki vključujejo oznako kabla, dolžino, lot številko ..., kot je prikazano na sliki 11.

Slika 12: Zavit boben



### 3.4.3 Analiza procesa pakiranja bobnov

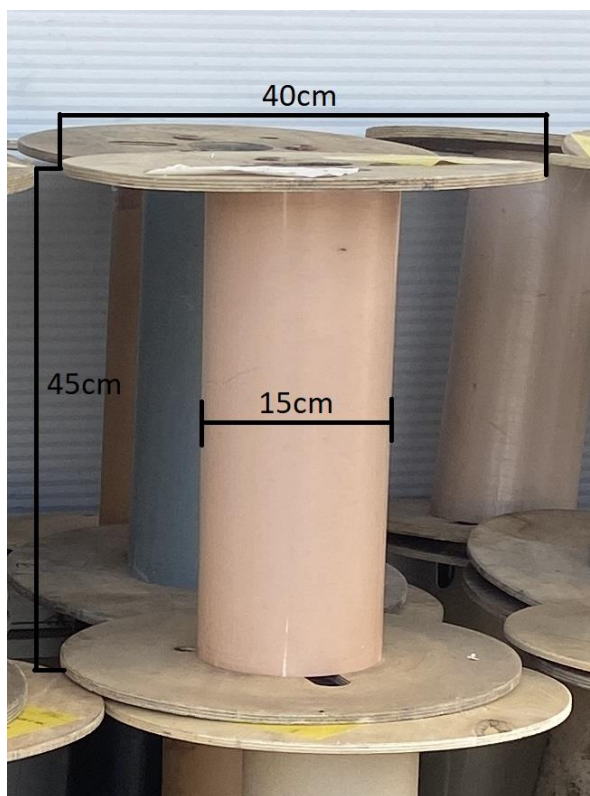
Analiza obstoječega procesa je osredotočena na pakiranje bobnov na palete (prikazano na sliki 10). Trenutni način dela poteka delno ročno, s pomočjo osnovnih transportnih pripomočkov (ročni vozički, paletni viličarji ipd.). Bobni se zlagajo glede na dimenzijo in maso, vendar postopek ni standardiziran, kar povzroča razlike med posameznimi operaterji.

Pogosta težava je neizkoriščen prostor na paletah, saj zaradi neenotnega razporejanja med bobni nastajajo prazni prostori, kar zmanjšuje izkoristek transportne površine in povečuje stroške prevoza. Zaradi neenakomernega zlaganja je pogosto potrebna tudi večja poraba ovijalne folije, saj je treba bobne dodatno zavarovati pred premikanjem med transportom.

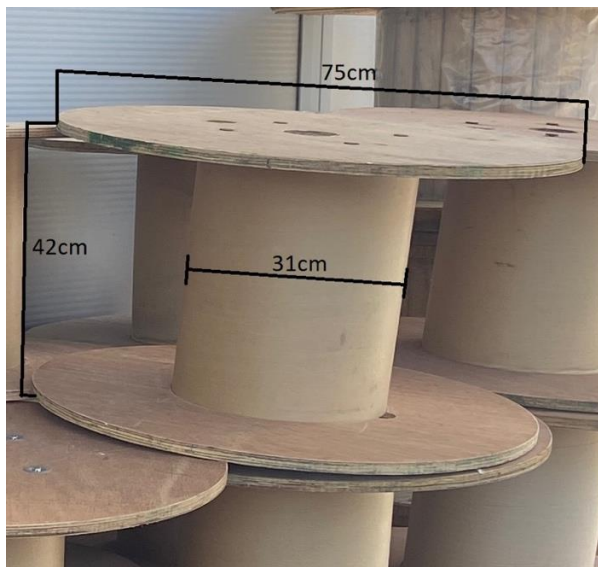
Učinkovitost celotnega procesa je trenutno močno odvisna od izkušenj posameznega delavca, saj natančnost zlaganja in hitrost pakiranja nista sistemsko določeni. To vodi do razhajanj v kakovosti in povečane fizične obremenitve zaposlenih, zlasti pri premikanju težjih bobnov.

Pri pakiranju uporabljamo dve osnovni velikosti navijalnih bobnov. Na sliki xx?? so prikazane dimenzije malega bobna z višino 45 cm, širino 40 cm in notranjim premerom 15 cm. Na sliki xx?? so prikazane dimenzije velikega bobna z višino 42 cm, širino 75 cm in notranjim premerom 31 cm.

Slika 13: Dimenzije malega bobna



Slika 14: Dimenzije velikega bobna



Pri trenutnem načinu zlaganja se osredotočamo, da postavimo vse bobne na paleto, ne da bi vnaprej splanirali točne pozicije glede na velikosti in teže bobnov. Ti se razporejajo naključno, pri čemer je vrstni red njihovega nalaganja na paleto določen glede na zaporedje ki je navedeno v naročilu.

Slika 15: Zapakirani bobni na paleti



### 3.5 NAČRTOVANJE NOVEGA SISTEMA NAVIJANJA

Na podlagi analize obstoječega procesa navijanja kablov je bilo ugotovljeno, da trenutni sistem kljub delni avtomatizaciji ne omogoča zadostne ponovljivosti in hitrosti dela. Postopek navijanja je še vedno v veliki meri odvisen od ročnih posegov operaterja, kar povečuje možnost napak, podaljšuje čas obdelave in povzroča neenakomerno napetost kabla.

Zaradi teh pomanjkljivosti je bilo potrebno zasnovati nov sistem, ki bo omogočal boljši nadzor procesa, manjšo fizično obremenitev zaposlenih in višjo kakovost končnega izdelka.

Pri načrtovanju novega sistema je bilo izhodišče povečanje avtomatizacije in standardizacija postopkov, kar vključuje naslednje cilje:

- izboljšanje natančnosti navijanja z uporabo avtomatskega nadzora napetosti in hitrosti vrtenja bobna;
- poenotenje postopkov navijanja glede na premer in dolžino kabla;
- optimizacija delovnega prostora in povečanje pretočnosti med fazami rezanja in pakiranja.

Novi sistem temelji na modularni zasnovi, ki omogoča prilagodljivost različnim vrstam kablov in velikostim bobnov. Sestavljen je iz treh osnovnih funkcionalnih sklopov:

1. Dovajalni sklop – nadzoruje odvijanje kabla s koluta in zagotavlja stalno napetost brez sunkovitega gibanja.
2. Vodila in napenjalni sklop – omogoča natančno usmerjanje kabla po širini bobna in ohranja enakomerno napetost med navijanjem.
3. Krmilni sklop – s pomočjo senzorjev in krmilne enote uravnava hitrost vrtenja bobna in pomik vodila ter spremlja napake v procesu.

Poleg mehanskih izboljšav sistem vključuje tudi možnost digitalnega nadzora, ki omogoča beleženje parametrov navijanja (dolžina, napetost, hitrost) in samodejno prilagajanje nastavitvev glede na tip kabla. S tem se poveča ponovljivost procesa, zmanjša količina odpadkov ter izboljša kakovost navitja.

Načrtovanje novega sistema navijanja tako predstavlja temelj za celovito optimizacijo procesa obdelave kablov, saj združuje tehnične izboljšave z večjo varnostjo, ergonomijo in učinkovitostjo proizvodnje.

### **3.6 NAČRTOVANJE NOVEGA SISTEMA PAKIRANJA**

Trenutni sistem pakiranja bobnov na palete poteka ročno in ni standardiziran glede na dimenzije, težo ali količino bobnov. Posledično prihaja do neenakomerne razporeditve tovora, neizkoriščenosti prostora in večje porabe folije za zavarovanje palet. Ti dejavniki vplivajo na produktivnost, stroške pakiranja ter stabilnost tovora med transportom.

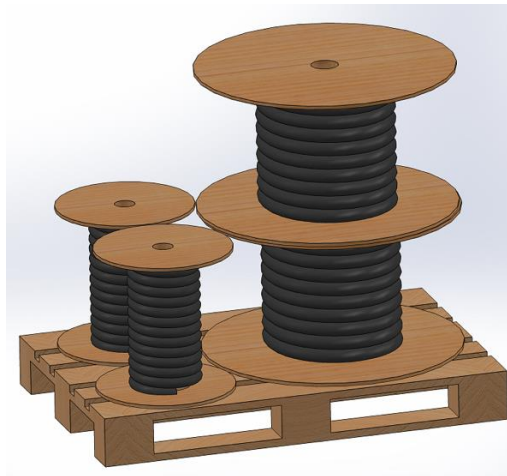
Cilj načrtovanja novega sistema pakiranja je bil razviti učinkovitejši, standardiziran postopek, ki omogoča boljši izkoristek prostora, krajši čas priprave palet in manjšo fizično obremenitev zaposlenih.

Optimizacija pakiranja bi se izvedla tako, da se vsi navijalni bobni iz naročilnice pred pričetkom zlaganja na paleto predhodno pripravijo na zbirnem mestu, kjer se izdelata tudi načrt razporejanja. Za lažjo sestavo načrta bi se zaposleni ravnali po predhodno pripravljenih 3D modelih postavitve različnih kombinacij bobnov, ki bi bili prikazani v SOP dokumentu.

V nadaljevanju sledijo 3D prikazi primerov slabe in dobre postavitve štirih različnih bobnov na eni paleti. Na sliki 15 vidimo, da sta večja bobna postavljena ena čez drugega, manjša dva pa sta pozicionirana na strani. Ta postavitve ni optimalna, saj zaradi neustreznega težišča predstavlja

tveganje pri transportu palete.

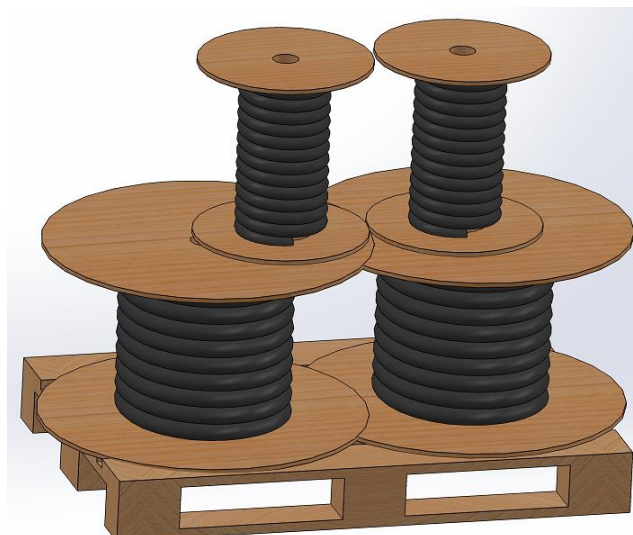
Slika 16: Primer slabo zloženih bobnov na paleti



Na sliki 16 vidimo optimiziran načrt postavitve. V tem primeru je teža enakomerno razporejena čez celotno površino palete. Večja bobna sta postavljena na spodnjo raven, saj imata največjo maso in največjo nosilno površino, kar zagotavlja stabilno osnovo za celoten sklop. Manjša bobna sta nameščena na zgornjo raven, kjer ju nosita večja bobna. Zaradi tega se obremenitev prenaša navpično navzdol preko širše in trdnejše podpore ter ne obremenjuje ozkih ali šibkih točk palete.

Takšna postavitev je pravilna, ker zagotavlja nizko in centralno težišče, kar bistveno izboljša stabilnost med transportom in manipulacijo z viličarjem. Velika bobna skoraj v celoti izkoristita površino palete ter enakomerno porazdelita težo, medtem ko bi obratna postavitev ustvarila točkovne obremenitve in povečala tveganje prevrnitve. S tem pristopom je dosežena optimalna statična nosilnost, zmanjšana možnost poškodb materiala in večja varnost pri ravnanju z naloženo paletjo.

Slika 17: Primer ustrezno zloženih bobnov na paleti



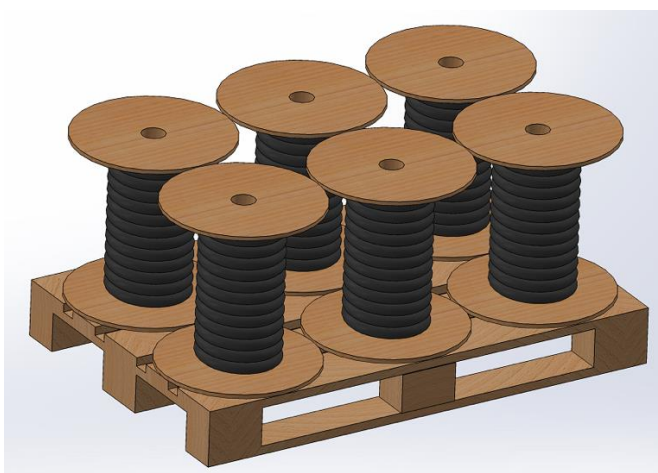
Na sliki 17 je prikazan pravilen sistem zlaganja dveh velikih bobnov. V danem primeru sta lahko ta dva bobna postavljena tako, da se delno prekrivata. To načeloma ne predstavlja težave, razen če obstaja možnost, da se kabel poškoduje. Tveganje za poškodbo kabla nastane takrat, ko je kabel navit do roba samega bobna. Kljub temu da zunanji stranici segata čez rob palete na vsaki strani, to ne predstavlja večje ovire.

Slika 18: Načrt postavitve dveh velikih bobnov na paleti



Na sliki je prikazan načrt postavitve šestih manjših bobnov. V tem primeru ni medsebojnega prekrivanja in teža je ustrezno razporejena.

Slika 19: Načrt postavitve šestih manjših bobnov na paleti

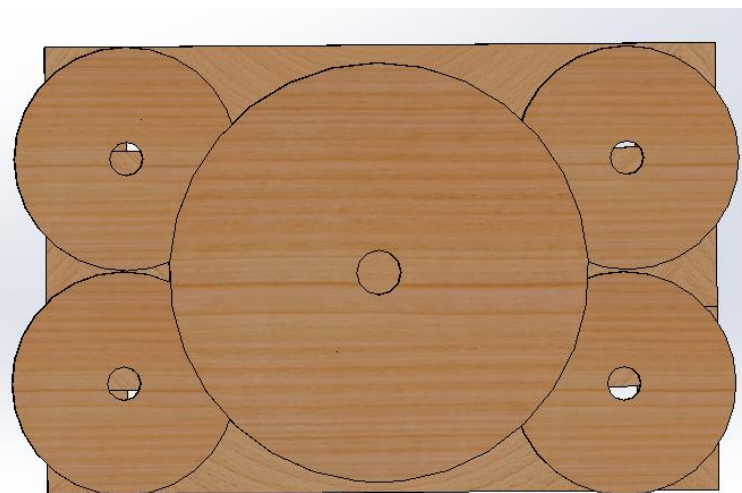


Na sliki 19 je prikazan načrt postavitve štirih manjših in enega večjega bobna. Postavitev temelji na kombiniranju enega velikega bobna v sredini ter štirih manjših bobnov, razporejenih simetrično ob njegovem obodu. Veliki boben je nameščen v središču palete, kjer je zagotovljena največja stabilnost, medtem ko so manjši bobni postavljeni na robne dele, tako da se njihova zgornja plošča delno razteza čez rob. Kljub prekrivanju strani je težišče vsakega bobna še vedno ustrezno podprto, zato ostaja celoten tovor stabilen. Tak način zlaganja je učinkovit zaradi maksimalne izrabe paletnega prostora, stabilnega težišča in posledično večje varnosti. Na sliki 20 pa lahko vidimo še postavitev iz tlorisa.

Slika 20: Načrt postavitve štirih manjših in enega večjega bobna



Slika 21: Pogled postavitve iz tlorisa



### 3.7 IZDELAVA OPTIMIZIRANEGA SINOPTIKA LOGISTIKE PROCESA IN NOVEGA SISTEMA PRETOKA

Na podlagi analize obstoječega stanja in zasnove novih sistemov rezanja, navijanja ter pakiranja je bil izdelan optimiziran sinoptik logistike celotnega procesa, ki prikazuje izboljššan materialni in informacijski tok med posameznimi fazami proizvodnje. Namen sinoptika je zagotoviti boljši pregled nad pretokom materiala, zmanjšati zastoje med fazami in omogočiti stalno sledljivost kablov skozi celoten proces – od skladišča surovin do končne palete, pripravljene za odpremo. Osnova optimiziranega sistema pretoka je linearna in logično povezana organizacija delovnih mest, ki omogoča neprekinjeno zaporedje operacij brez nepotrebnih vmesnih manipulacij. Material se premika v eni smeri – od prejema koluta preko faze rezanja, navijanja, označevanja, pakiranja do končnega skladiščenja. S tem se izognemo povratnim tokom in zmanjšamo notranji transport ter potrebo po vmesnem skladiščenju.

Ključni elementi novega sinoptika logistike vključujejo:

- optimizirano razporeditev delovnih mest, ki omogoča krajše transportne poti med stroji in delovnimi območji;
- standardizirane poti pretoka materiala, označene znotraj proizvodnega prostora, kar poveča varnost in preglednost procesa;
- uvedbo vizualnega sistema označevanja, s katerim je jasno razvidno stanje posamezne faze naročila (v delu, pripravljeno, končano);
- povezavo proizvodnje in logistike preko informacijskega sistema, ki omogoča sprotno spremljanje statusa posameznega naročila in razpoložljivosti bobnov.

Optimizirani sinoptik tako predstavlja pregleden prikaz novega sistema pretoka materiala in informacij, v katerem so vse faze medsebojno povezane z jasnimi tokovi in kontrolnimi točkami. Takšna organizacija omogoča krajši čas obdelave, manj napak in učinkovitejše planiranje dela, hkrati pa zmanjšuje stroške notranje logistike in povečuje produktivnost.

### 3.8 ANALIZA STROŠKOV IN PREDSTAVITEV PREDVIDENIH PRIHRANKOV

V tem poglavju so predstavljene potencialne možnosti prihrankov, ki izhajajo iz predlagane optimizacije obravnavanih dveh procesov. Analiza vključuje oceno trenutnih stroškov, identifikacijo ključnih neučinkovitosti ter prikaz, kako uvedeni izboljšani postopki vplivajo na zmanjšanje porabe materiala, časa in logističnih virov. Namen poglavja je celovito prikazati ekonomske učinke optimizacije ter utemeljiti pričakovane koristi za nadaljnje poslovanje.

Pri analizi so bili upoštevani naslednji stroškovni elementi:

- večja poraba bobnov, ki nastane zaradi nepravilnega navijanja kabla;
- stroški delovnih ur operaterjev pri rezanju, navijanju in pakiranju;
- poraba zaščitne folije in embalažnega materiala pri pakiranju bobnov na palete;
- stroški manipulacije in notranjega transporta (premiki bobnov, zlaganje, prelaganje);
- poraba energije strojev in opreme.

#### 3.8.1 Čas dela

Uvedba SOP-jev omogoča občutno skrajšanje časa dela, saj jasno opredeli zaporedje aktivnosti, odgovornosti in potrebne kontrole v posameznem procesu. S tem se zmanjša nejasnost pri delu in odpravi potreba po še enkratnem prelaganju palete zaradi nepravilnega prvotnega zlaganja. V naslednjem primeru je prikazan prihranek časa v primeru, da delavec napačno zloži pet palet na dan in jih zaradi tega mora še enkrat pregledati. V primeru vidimo, da za dodatno prelaganje porabi povprečno 5 minut časa na vsako paleto. Na koncu je še prikazan izračun prihranjenega časa na letni ravni.

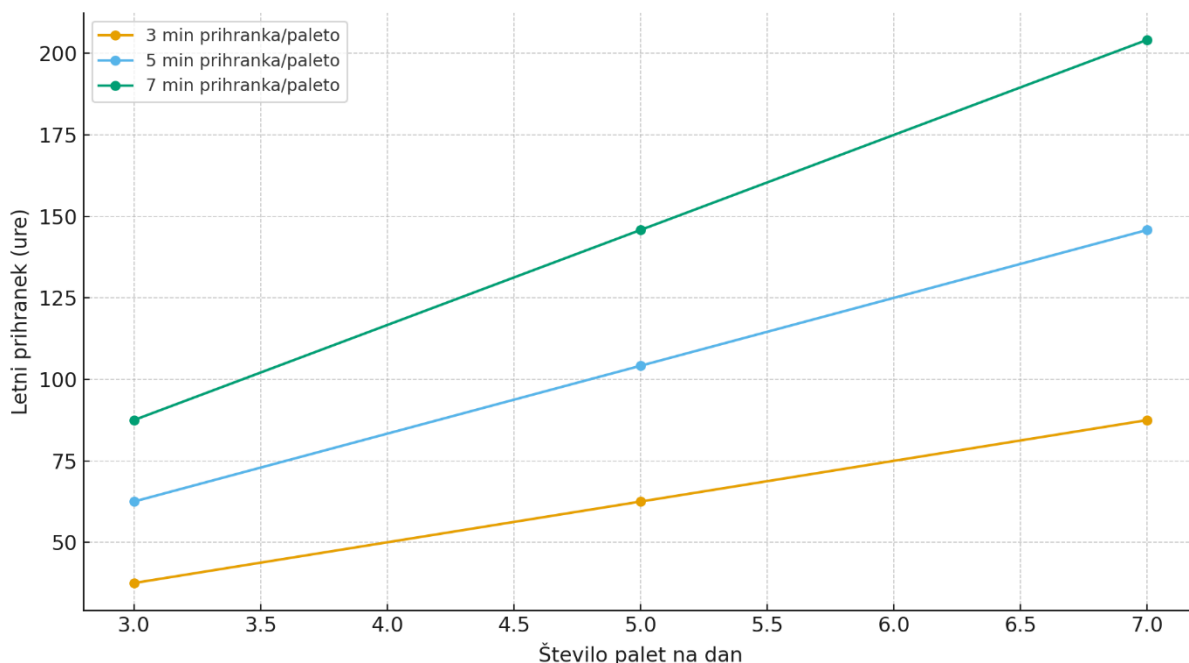
Praktični primer prihranka časa:

- pri povprečnem obsegu 5 palet na dan to pomeni:
  - $5 \text{ min/paleto} \times 5 \text{ palet/dan} = 25 \text{ min/dan}$
- na letni ravni (upoštevano 250 delovnih dni):
  - $25 \text{ min/dan} \times 250 \text{ dni} = 6250 \text{ min/leto}$
- pretvorjeno v ure:
  - $6250 \div 60 \approx 104 \text{ ur/leto}$

To pomeni, da SOP na letni ravni zagotovi približno 104 ure prihranjenega delovnega časa, kar predstavlja pomemben prispevek k operativni učinkovitosti in zmanjšanju stroškov dela. Če upoštevamo 250 delovnih dni v letu  $\times$  8-urni delovnik = 2000 ur, pomeni, da z upoštevanjem SOP-ja prihranimo 5,2 % časa.

Na spodnjem grafu so še prikazani primeri za 3–7 palet na dan in za 3,5 in 7 minut prihranka. V najbolj ekstremnem primeru, kjer imamo 7 minut časa na paleto, za 7 palet opazimo nekaj čez 200 ur prihranka na leto.

Slika 22: Grafični prikaz letnega prihranka delovnega časa



### 3.8.2 Poraba embalažnega materiala

V primeru optimalnega navijanja je kabel na bobnu enakomernejše in tesneje navit, kar omogoča boljšo izrabo prostora ter zmanjšuje potrebo po uporabi dodatnih bobnov. Pravilno zlaganje bobnov hkrati prispeva k manjši porabi zaščitne folije, saj stabilna in usklajena razporeditev zmanjša potrebo po dodatnem utrjevanju tovora. Poleg tega pravilno izvedeno zlaganje že v prvem poskusu prepreči odstranjevanje folije in ponovno ovijanje palete, kar neposredno skrajša čas dela in zmanjša porabo embalažnega materiala. V naslednjem primeru, kjer imamo dva velika in en mali boben, bom predstavil izračun uporabe folije v primeru nepravilnega in pravilnega zlaganja.

#### 1. Dva spodnja bobna (premer 50 cm) + 25 cm razmika

- Premer bobna: 0,50 m
- Polmer: 0,25 m
- Razmik: 0,25 m

Ravna razdalja:

$$d = 0,50 + 0,25 = 0,75 \text{ m}$$

Obseg ovijanja spodnjega dela:

$$P_{\text{spodaj}} = 2\pi r + 2d$$

$$P_{\text{spodaj}} = 2\pi \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,75$$

$$P_{\text{spodaj}} \approx 3,07 \text{ m}$$

1. Dodan zgornji boben (premer 30 cm)

- Premer zgornjega bobna: 0,30 m

- Polmer: 0,15 m

Obseg zgornjega bobna:

$$P_{\text{zgoraj}} = \pi \cdot 0,30 \approx 0,94 \text{ m}$$

Dodatna izbočitev:

$$\Delta P \approx 0,5 \cdot 0,94 = 0,47 \text{ m}$$

Novi obseg celotnega sklopa:

$$P_{\text{skupaj}} = 3,07 + 0,47 = 3,54 \text{ m}$$

2. Skupna poraba folije za navpično ovijanje

Predpostavke:

→ višina ovijanja: 0,8 m

→ širina folije: 0,5 m

→ prekrivanje: 50 % → dvig 0,25 m na krog

→ število slojev: 2

Število kroženj:

$$N = 0,8 / 0,25 = 3,2 \approx 4 \text{ krogi}$$

Skupna poraba:

$$L_{\text{folije}} = 3,54 \cdot 4 \cdot 2 \approx 28,32 \text{ m}$$

4. Dodatno fiksiranje zgornjega bobna – križno ovijanje

Križni ovitek približno:

$$L_{\text{križ}} = P_{\text{skupaj}} + 2H = 3,54 + 1,6 = 5,14 \text{ m}$$

Dve križni ovijanja:

$$L_{\text{dodatno}} \approx 2 \cdot 5,14 = 10,3 \text{ m}$$

## 5. Končna ocena porabe folije

- Osnovno ovijanje: 28,3 m
- Dodatno križno ovijanje: 10,3 m

SKUPAJ  $\approx$  38–40 m folije za stabilno pritrditev treh bobnov na paleti.

### 3.8.3 Zmanjšanje stroškov in tveganja pri transportu

Optimizirano navijanje in pravilno zlaganje bobnov neposredno prispevata k znižanju stroškov transporta, saj omogočata učinkovitejšo izrabo prostora na paleti in zmanjšujeta potrebo po dodatnih transportnih enotah. S tem se poveča količina materiala, ki ga je mogoče prepeljati v eni pošiljki, kar znižuje stroške prevoza na enoto izdelka. Poleg tega takšna optimizacija zmanjšuje tveganje za premikanje, prevrnitev ali poškodovanje bobnov med prevozom, kar pomembno vpliva na zmanjšanje stroškov, povezanih z vračili, reklamacijami ali nujnimi nadomestnimi dobavami.

#### Praktični primer:

Če pravilno zlaganje bobnov omogoči, da namesto dveh palet uporabimo le eno, prihranimo celoten strošek dodatne transportne enote. Če je povprečni strošek prevoza ene palete npr. 35 €, potem vsak tak optimalno zložen tovor predstavlja prihranek več:  
1 paleta 35 € = 35 € prihranka na pošiljko

Ob pogostosti 5 optimiziranih pošiljk na teden znaša letni prihranek:

$$35 \text{ €} \times 5 \times 52 = 9,100 \text{ € letno}$$

Hkrati se z zmanjšanjem tveganja poškodb bistveno zmanjša možnost dodatnih stroškov, ki lahko vključujejo:

- nadomestne dobave,
- stroške vračil in razreševanja reklamacij,
- morebitne časovne zamude pri projektih,
- administrativne stroške obravnave poškodb.

Tako kombinacija optimalnega navijanja in pravilnega zlaganja ne vpliva le na znižanje transportnih stroškov, temveč tudi celovito izboljša kakovost logističnih tokov ter zanesljivost dobavne verige.

Po izvedeni optimizaciji so rezultati pokazali naslednje izboljšave:

- zmanjšanje časa obdelave posameznega naročila za približno 20–25 %, kar pomeni večjo pretočnost in večje število obdelanih naročil v istem časovnem obdobju;

- zmanjšanje materialnih izgub za 10–15 % zaradi natančnejšega rezanja in boljšega izkoristka kablov;
- zmanjšanje porabe zaščitne folije za 8–10 % z uvedbo standardiziranega postopka ovijanja in pravilnega zlaganja bobnov;
- zmanjšanje števila ročnih manipulacij za 30 %, kar pozitivno vpliva na produktivnost in varnost pri delu.

Na podlagi teh podatkov lahko ocenimo, da optimizirani sistem omogoča znižanje skupnih operativnih stroškov za približno 12–15 % glede na prejšnje stanje. Poleg neposrednih finančnih učinkov prinaša nov sistem tudi posredne prihranke, kot so manjše tveganje poškodb zaposlenih, daljša življenjska doba bobnov in opreme ter večja zadovoljnost strank zaradi bolj dosledne kakovosti in krajših dobavnih rokov.

Predvidene rezultate je mogoče dodatno potrditi z merjenjem ključnih kazalnikov učinkovitosti (KPI), kot so:

- povprečni čas obdelave na naročilo (min/naročilo),
- količina odpadnega materiala (kg/mesec),
- poraba folije (m<sup>2</sup>/paleta),
- število obdelanih bobnov na delovni dan.

Analiza jasno kaže, da uvedba novega sistema ne prinaša le tehničnih in organizacijskih prednosti, temveč tudi merljive ekonomske učinke, ki dolgoročno prispevajo k večji konkurenčnosti podjetja in bolj trajnostnemu poslovanju.

### **3.9 IZDELAVA KONSTRUKCIJSKE DOKUMENTACIJE**

Po zaključeni fazi idejnega in tehničnega načrtovanja novega sistema navijanja in pakiranja je priporočljivo izdelati konstrukcijsko dokumentacijo, ki predstavlja osnovo za zagotavljanje optimizacije na vseh analiziranih korakih delovnega procesa.

Konstrukcijska dokumentacija naj zajema vse potrebne tehnične risbe, modele, skice in specifikacije komponent, ki skupaj tvorijo celovit tehnični opis nove rešitve v obliki. Prav tako bi bila priporočljiva izdelava Standardnega operativnega postopka (SOP). Ta dokument vodi zaposlenega skozi proces navijanja in zlaganja ter hkrati zagotavlja ponovljivost optimiziranega načina dela ne glede na izkušnje in usposobljenost kadra.

Standardni operativni postopek (SOP) je dokument, ki jasno določa zaporedje korakov za dosledno in pravilno izvajanje določene naloge. Njegov namen je zagotavljanje učinkovitosti in ponovljivosti delovnih procesov.

Postopek izdelave dokumentacije je potekal v več korakih:

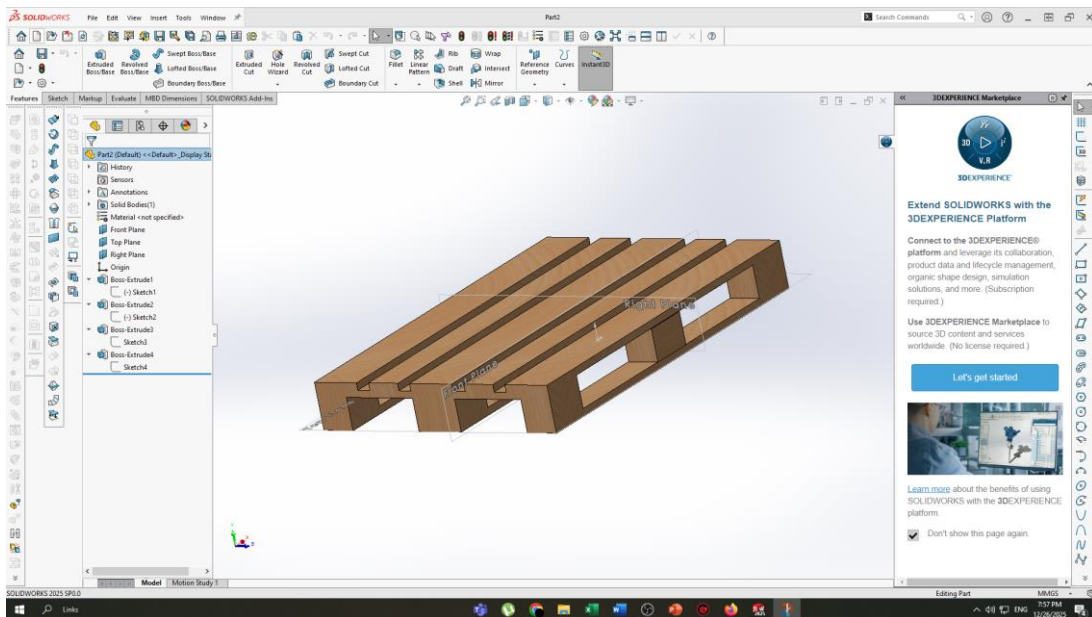
1. 3D modeliranje posameznih komponent procesa – izvedeno v programu SolidWorks za enostavnejše sestavne dele in prostorsko postavitev. Modeli vključujejo natančne dimenzije, medsebojne povezave in pozicije posameznih elementov.
2. Izdelava različnih razporeditev modelov navijalnih bobnov na paleti.
3. Priprava konstrukcijske dokumentacije v obliki SOP-ja, kjer so prikazani načrti navijanja kablov in razporejanja navijalnih bobnov na palete.

#### **3.9.1 3D modeliranje komponent**

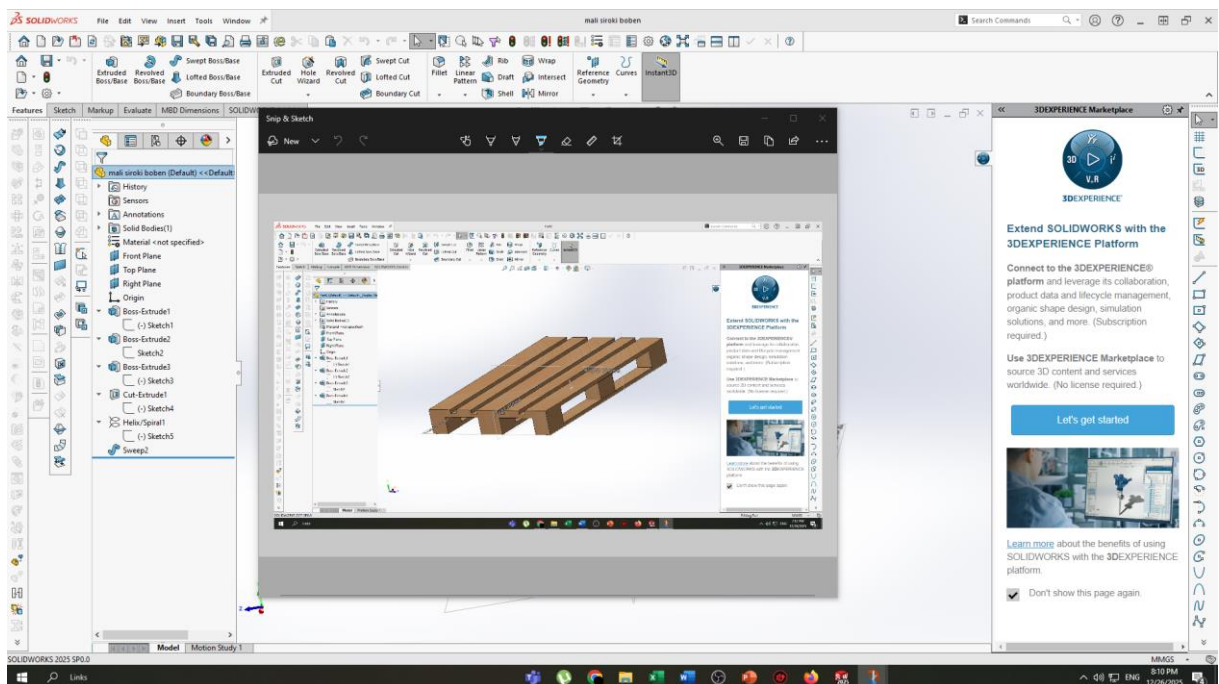
Pri modeliranju komponent sem uporabljal funkcije, kot so »Boss extrude«, »Helix«, »Sweep«,

kot je prikazano na slikah 23 in 24.

Slika 23: Prikaz uporabljenih funkcij pri izdelavi modela paleta



Slika 24: Prikaz uporabljenih funkcij pri izdelavi modela bobna



Z izdelavo konstrukcijske dokumentacije bi bila zagotovljena robustnost izboljšane načina dela, saj bi ta dokumentacija predstavlja temelj za realizacijo optimiziranega sistema ter zagotavljala ponovljivost vseh tehničnih izboljšav.

Vsi načrti so bili pregledani in arhivirani v digitalni obliki (PDF, DWG in STEP formati), kar omogoča enostavno posodabljanje in nadaljnjo uporabo pri proizvodnji ali nadgradnji sistema.

## **4 ZAKLJUČEK**

V diplomskem delu je bil analiziran in optimiziran proces rezanja, navijanja ter pakiranja električnih kablov v podjetju LAPP d.o.o., ki se ukvarja z distribucijo in obdelavo električnih vodnikov. Glavni namen naloge je bil prepoznati ključne pomanjkljivosti obstoječega sistema, razviti tehnično in organizacijsko izboljšavo ter s tem povečati učinkovitost, natančnost in varnost delovnega procesa.

Analiza obstoječega stanja je pokazala, da so bili postopki v veliki meri odvisni od ročnega dela operaterjev, kar je povzročalo daljše čase obdelave, večjo možnost napak ter neenakomerno kakovost končnih izdelkov. Poleg tega so bile ugotovljene težave pri razporeditvi bobnov na paletah, neoptimalni izrabi prostora in večji fizični obremenitvi zaposlenih.

Z načrtovanjem novega sistema rezanja, navijanja in pakiranja je bil oblikovan optimiziran delovni proces, ki vključuje večjo stopnjo avtomatizacije, standardizirane postopke, izboljšano ergonomsko zasnovo in učinkovitejši logistični pretok. Novi sistemi omogočajo boljši nadzor nad parametri procesa, zmanjšujejo materialne izgube ter povečujejo ponovljivost in natančnost pri delu.

V okviru projekta je bila izdelana tudi konstrukcijska dokumentacija, ki podrobno opredeljuje mehanske, električne in krmilne elemente novega sistema. Predstavljena je bila analiza stroškov, ki je pokazala, da optimizacija prinaša zmanjšanje operativnih stroškov, predvsem zaradi krajšega časa obdelave, manjše porabe materiala in zmanjšanja ročnega dela.

Izdelan je bil tudi sinoptik logistike novega sistema, ki jasno prikazuje izboljššan pretok materiala in informacij v proizvodnem procesu. S tem so zagotovljeni večja preglednost, krajši pretočni časi in boljša organizacija dela.

Rezultati naloge potrjujejo, da z uvedbo sodobnih pristopov k avtomatizaciji, standardizaciji in digitalizaciji proizvodnih procesov lahko podjetje doseže večjo produktivnost, nižje stroške in višjo raven kakovosti. Optimizacija procesov hkrati prispeva k večji varnosti in manjši fizični obremenitvi zaposlenih, kar dolgoročno vodi v bolj trajnostno in konkurenčno proizvodnjo.

Na podlagi doseženih rezultatov lahko zaključimo, da ima podjetje z uvedbo predlaganih rešitev trdno osnovo za nadaljnji razvoj in avtomatizacijo procesov. V prihodnje bi bilo smiselno nadgraditi sistem z digitalnim beleženjem podatkov, avtomatskim označevanjem bobnov in integracijo s skladiščnim informacijskim sistemom, kar bi še dodatno povečalo stopnjo učinkovitosti in sledljivosti celotne proizvodnje.

## 5 VIRI

**Dassault Systèmes. 2024.** SolidWorks Official Documentation. *Waltham: Dassault Systèmes.* [Elektronski] 2024. <https://www.solidworks.com>.

**Electrical Installation. 2014.** Electrical Installation. *Electrical Installation.* [Elektronski] 2014. <http://www.electrical-installation.org/>.

*Električne inštalacije v praksi. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani.*  
**Petrič. 2018.** 2018, Električne inštalacije v praksi. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani.

**Helukabel. 2024.** What Are Electrical Cables. *Common Cable Types.* [Elektronski] 2024. <http://www.helukabel.com/>.

**Hughes. 2020.** *Cable Drum Management and Handling Guidelines.* London : Electrical Engineering Publishing, 2020.

**Hughes, T. 2021.** *Advanced CAD Modeling: Freeform and Organic Surface Techniques.* London : Engineering Design Press, 2021.

**Kokalj, Vrščaj &. 2011.** *Osnove elektrotehnike – Vrste in lastnosti instalacijskih vodnikov.* s.l. : Arnes, 2011.

**Lapp. 2026.** Filozofija blagovnih znamk-OLFLEX, UNITRONIC, HITRONIC, SKINTOP, SILVIN, EPIC, ETHERLINE, FLEXIMARK. *LAPP Slovenija.* [Elektronski] n.d. <https://lappslovenia.lappgroup.com/podjetje/filozofija-blagovnih-znamk.html>.

**LAPP Slovenija. 2026.** LAPP. *O nas / LAPP.* [Elektronski] n.d. <https://lappslovenia.lappgroup.com/podjetje/o-nas/lapp.html>.

**Planchard, D. 2022.** SOLIDWORKS 2022 Reference Guide. *Mission: SDC Publications.* [Elektronski] 2022. <https://www.sdcpublications.com/Textbooks/SOLIDWORKS-Reference-Guide/>.

**Škorjanc, Leban &. 2019.** *Osnove elektrotehnike.* Ljubljana : Fakulteta za elektrotehniko, 2019.

**Toogood, R. 2020.** Engineering Design with SOLIDWORKS 2020. *Mission: SDC Publications.* [Elektronski] 2020. <https://www.sdcpublications.com/Textbooks/Engineering-Design-SOLIDWORKS-2020/ISBN/9781630573099/>.

**TopCable. 2023.** TopCable. *Parts of an electrical cable.* [Elektronski] 2023. <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/parts-of-an-electrical-cable/>.

**Zupan, Bojan, in drugi. 2007. *SolidWorks 1 : uporabniški priročnik : naučite se uporabe vodilnega programa v svetu računalniško podprtega modeliranja in 3D konstruiranja.* Ljubljana : ib-CADdy, 2007.**

## **PRILOGE**

PRILOGA A: Euro paleta

PRILOGA B: Veliki boben

PRILOGA C: Mali boben





