



## PRAKTIKUM

(navodila za vaje pri predmetu  
Metode eksperimentalnega dela)

Lucija  
ČREPINŠEK LIPUŠ





Univerza v Mariboru

---

Fakulteta za strojništvo

# **Statistični nadzor procesa**

Praktikum

(navodila za vaje pri predmetu Metode eksperimentalnega dela)

Avtorica

**Lucija Črepinšek Lipuš**

Februar 2021

<b>Naslov</b> <i>Title</i>	<b>Statistični nadzor procesa</b> <i>Statistical Process Control</i>	
<b>Podnaslov</b> <i>Subtitle</i>	<b>Praktikum (navodila za vaje pri predmetu Metode eksperimentalnega dela)</b> <i>Practicum (Instructions for Exercises in the Subject Methods of Experimental Work)</i>	
<b>Avtorica</b> <i>Author</i>	Lucija Črepinšek Lipuš (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)	
<b>Recenzija</b> <i>Review</i>	Bojan Ačko (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)	
<b>Jezikovni pregled</b> <i>Language editing</i>	Monika Mlakar	
<b>Tehnična urednika</b> <i>Technical editors</i>	Lucija Črepinšek Lipuš (Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo)	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
<b>Oblikovanje ovitka</b> <i>Cover designer</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)	
<b>Grafike na ovitku</b> <i>Cover graphics</i>	analysis avtorja geralt iz Pixabay.com CC0	<b>Grafične priloge</b> <i>Graphic material</i> Avtorica

**Založnik**  
*Published by* **Univerza v Mariboru**  
**Univerzitetna založba**  
Slomškov trg 15,  
2000 Maribor, Slovenija  
<https://press.um.si>, [zalozba@um.si](mailto:zalozba@um.si)

**Izdajatelj**  
*Co-published by* **Univerza v Mariboru**  
**Fakulteta za strojništvo**  
Smetanova ulica 17  
2000 Maribor, Slovenija  
<https://www.fs.um.si>, [fs@um.si](mailto:fs@um.si)

**Izdaja**  
*Edition* Prva izdaja

**Izdano**  
*Published at* Maribor, februar 2021

**Tik**  
*Printed by* Univerza v Mariboru  
Fakulteta za strojništvo

**Naklada**  
*Number of copies* Tisk po naročilu

**Dostopno na**  
*Available at* <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/531>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

681.2.083:53.08 (075.8)

ČREPINŠEK-Lipuš, Lucija  
Statistični nadzor procesa : praktikum  
(navodila za vaje pri predmetu Metode  
eksperimentalnega dela) / avtorica Lucija  
Črepinšek Lipuš. - 1. izd. - Maribor :  
Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba,  
2021

ISBN 978-961-286-413-2  
doi: 10.18690/978-961-286-413-2  
COBISS.SI-ID 47141635

© **Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba**  
*/ University of Maribor, University Press*

Vse pravice pridržane. Brez pisnega dovoljenja založnika je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, predelava ali druga uporaba tega dela ali njegovih delov v kakršnemkoli obsegu ali postopku, vključno s fotokopiranjem, tiskanjem ali shranjevanjem v elektronski obliki. / *All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher.*

**ISBN** 978-961-286-413-2 (Mehka vezava)

**DOI** <https://doi.org/10.18690/978-961-286-413-2>

**Cena**  
*Price* 5, 00 €

**Odgovorna oseba založnika**  
*For publisher* prof. dr. Zdravko Kačič,  
rektor Univerze v Mariboru

**Citiranje**  
*Attribution* Črepinšek Lipuš L., (2021). *Statistični nadzor procesa: Praktikum (navodila za vaje pri predmetu Metode eksperimentalnega dela)*, Maribor: Univerzitetna založba. doi: 10.18690/978-961-286-413-2

## Kazalo

<b>Predgovor</b>	1
<b>1. Orodja za nadzor kakovosti</b>	2
<b>1.1 Diagram poteka</b>	3
<b>1.2 Diagram vzrokov in posledic</b>	3
<b>1.3 Strategija vzorčenja</b>	4
<i>Naloga 1: Vzorčenje za preverjanje atributov</i>	5
<b>1.4 Pareto diagram</b>	7
<i>Naloga 2: Risanje diagrama</i>	7
<b>1.5 Diagram raztrosa</b>	10
<i>Naloga 3: Risanje diagrama</i>	11
<b>2. Sposobnost in lega procesa</b>	12
<i>Naloga 4: Delež neuspešnih kosov</i>	13
<i>Naloga 5: Ovrednotenje sposobnosti in lege procesa</i>	14
<i>Naloga 6: Risanje časovne karte</i>	14
<i>Naloga 7: Risanje histograma</i>	16
<i>Obrazec za meritve</i>	19
<b>3. Vpliv merilne negotovosti na vrednotenje vzorca</b>	20
<i>Naloga 8: Minimalno število meritev</i>	21
<i>Naloga 9: Merilna negotovost v časovni karti</i>	22
<b>4. Statistični nadzor procesa</b>	24
<b>4.1 Časovne karte za attribute</b>	24
<i>Naloga 10: Ovrednotenje mejnih črt</i>	25
<b>4.2 Časovne karte za variable</b>	26
<i>Naloga 11: Trenutek ukrepanja</i>	30
<b>5. Literatura</b>	32

## **Predgovor**

Navodila za vaje Statistični nadzor procesa so študijski pripomoček pri predmetu Metode eksperimentalnega dela. Laboratorijske vaje obsegajo izvedbo meritev v Laboratoriju za tehnološke meritve in ovrednotenje rezultatov s programskim orodjem Excel. Uvodnemu poglavju o osnovnih orodjih vodenja kakovosti sledijo tri poglavja s soodvisnimi delovnimi nalogami. Podani postopki temeljijo na principih statističnega preverjanja kakovosti proizvoda.

V laboratoriju bomo izmerili velik vzorec iz preizkusnega teka procesa (vsaj sto kosov) in preverili ali ustreza zastavljenemu tolerančnemu intervalu. Glede na izbrano merjeno veličino bomo izbrali možne merilne metode; člani delovne skupine bodo uporabili različna merilna sredstva. Merilno sredstvo bomo ustrezno pripravili: ga umerili, ugotovili ponovljivost merilne metode in ponovljivost merjenja.

Zbrane merilne rezultate bomo statistično analizirali v programskem orodju Excel: z izračunom povprečja in standardnega odklona vzorca bomo preverili sposobnost in lego proizvodnega procesa; izrisali bomo histogram za opazovanje porazdelitve v vzorcu.

S sodelavci znotraj delovne skupine bomo primerjali rezultate ter ugotavljali vzroke za razlike med njimi. Glede na merilno negotovost in ponovljivost merjenja bomo izbrali ustrezno merilno metodo ter zastavili strategijo vzorčenja za dolgoročno vodenje procesa. Za izbrano merilno sredstvo bomo določili potrebno število meritev, da bo merilna negotovost zanemarljiva glede na dejanski raztros vzorca.

Nadalje bomo izvedli statistično analizo malih vzorcev, ki se odvezemajo periodično za dolgoročni nadzor procesa in s pomočjo vodenja vzporednih časovnih kart – karte povprečja in karte raztrosa ugotovili trenutek ukrepanja. Mejne črte v kartah bomo pripravili iz nabora vzorcev iz predteka, ko je proces deloval stabilno, nato bomo opazovali potek vzorcev za dva ločena primera teka procesa - primer zdrsa lege, ki bo razviden iz karte povprečja in primer zdrsa sposobnosti, ki bo razviden iz karte raztrosa. Ob izbiri različno velikih vzorcev (pet, deset ali petnajst kosov) bomo s sodelavci znotraj delovne skupine preverili tudi sovpadanje trenutka ukrepanja.

## 1. Orodja za nadzor kakovosti

Kakovost izdelka je vrednotena glede na njegovo namembnost, končno merilo za kakovost pa je zadovoljstvo kupca. Glede na naraščajoče zahteve trga je za doseganje ustrezne kakovosti in cene potrebno izdelke stalno izboljševati.

Načrtovanje in vodenje proizvodnje je kompleksen, ciklični proces, ki obsega tehnološke, logistične in ekonomske dejavnike proizvodnega procesa; upošteva zmožnosti dobaviteljev, organizacijsko strukturo podjetja, lastništvo in dolgoročne strateške cilje ...

Za doseganje želene kakovosti izdelka je potrebno zagotavljati stabilen in ponovljiv proizvodni proces. Stroški, ki pri tem nastajajo, so odvisni od vrste izdelka ter stopnje zagotavljanja kakovosti; gibljejo se od nekaj odstotkov pa do polovice prodajne cene. Stroški kakovosti obsegajo stroške vodenja kakovosti in stroške zaradi neustrezne kakovosti. Stroški vodenja kakovosti vključujejo:

- **preventivni stroški**, ki nastajajo ob načrtovanju izdelka ter pripravi in nadzoru proizvodnega procesa, da se zagotovi želena kakovost že med izdelavo (npr. predzagon z analizo, vodenje časovnih kart s sprotnim reševanjem problemov, izobraževanje in komunikacijski sistem, periodični pregledi testne opreme);
- **stroški preverjanja serij** (ob prevzemu vhodnih komponent ter preverjanje vmesnih in končnih izdelkov).

V primeru **neuspele serije** se lahko pojavijo stroški izmeta, sortiranja, popravil, ponovnih testov; zastoja proizvodnega procesa, odškodnina kupcu zaradi neustreznosti pošiljke ali zamude, v izogib upadu tržnega deleža ali prodajne cene.

Zagotavljanje kakovosti s sprotnim statističnim nadzorom proizvodnje je praviloma bolj ekonomično kot pa obsežno preverjanje končnega proizvoda. Z rastočo stopnjo kakovosti rastejo stroški vodenja kakovosti, pri tem pa stroški zaradi neustrezne kakovosti padajo. Cilj vsakega podjetja je, da so skupni stroški, ki so vsota obeh, čim nižji.

Kot pripomoček za nadzor kakovosti in organizirano izboljševanje produktivnosti se uporablja **sedem osnovnih orodij** [1]:

- diagram poteka procesa (prikaz ključnih korakov v procesu),
- diagram vzrokov in posledic (diagram Ishikawa, možnih vzrokov za dani problem),
- strategija vzorčenja (s pripadajočimi obrazci za zbiranje podatkov),
- Pareto diagram (za prepoznavanje ključnih vzrokov),
- diagram raztrosa (analiza odvisnosti parametra kakovosti od parametra procesa),
- histogram (prikaz porazdelitve parametra kakovosti v vzorcu),
- nadzorne karte (sprotni nadzor procesa s časovnim prikazom parametrov kakovosti).

# STATISTIČNI NADZOR PROCESA: PRAKTIKUM (NAVODILA ZA VAJE PRI PREDMETU METODE EKSPERIMENTALNEGA DELA)

LUCIJA ČREPINŠEK LIPUŠ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija.  
E-pošta: lucija.lipus@um.si

**Povzetek** Praktikum Statistični nadzor procesa je študijski pripomoček za izvajanje vaj pri predmetu Metode eksperimentalnega dela. Kratkim opisom osnovnih orodij vodenja kakovosti sledijo delovne naloge s postopki, ki temeljijo na principih statističnega preverjanja kakovosti proizvoda. Vaje obsegajo izvedbo meritev vzorcev v Laboratoriju za tehnološke meritve in ovrednotenje rezultatov s programskim orodjem Excel.

**Ključne besede:**

zagotavljanje  
kakovosti,  
statistični  
nadzor  
procesa,  
sposobnost  
procesa,  
histogram,  
kontrolna  
karta.

