

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MANAGEMENT KOPER

DIPLOMSKA NALOGA

EMPIRIČNA ANALIZA TEHNIČNE IN  
STROŠKOVNE UČINKOVITOSTI  
AVTOMATIZIRANE PROIZVODNJE  
KONDENZATORJEV

MATEJA ARTIČ

KOPER, 2010



UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MANAGEMENT KOPER

Diplomska naloga

EMPIRIČNA ANALIZA TEHNIČNE IN  
STROŠKOVNE UČINKOVITOSTI  
AVTOMATIZIRANE PROIZVODNJE  
KONDENZATORJEV

Mateja Artič

Koper, 2010

Mentor: dr. Matjaž Novak



## POVZETEK

Diplomska naloga zajema teorijo proizvodne in stroškovne funkcije, katerih posebni koncept sta tehnična in stroškovna učinkovitost, ki sem jih podrobneje obravnavala za podjetje Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec. Pripravila sem empirične ocene tehnične in stroškovne učinkovitosti za dodelavo cevi kondenzatorjev. Na podlagi narejenih izračunov sem prišla do ugotovitve, da razpoložljivost linije znaša 89,49%, dejanska hitrost dosega 81,93% njene potencialne hitrosti, v obsegu celotne proizvodnje je 100% izdelkov uporabnih. Končni ugotovitvi sta, da v povprečju dejanski obseg proizvodnje dosega 74,79% potencialnega obsega proizvodnje, dejanski stroški na enoto proizvoda so za malo več kot en-krat večji od potencialno najnižjih stroškov.

*Ključne besede:* proizvodna funkcija, stroškovna funkcija, tehnična učinkovitost, stroškovna učinkovitost, razpoložljivost, zmogljivost, kakovost, OEE, OCE.

## SUMMARY

My final paper work is about production and cost function which specific concept are technical and cost effectiveness. I discussed this in detail for company Gorenje d.d., production plant Mekom Rogatec. I made an empirical assessment of the technical and cost efficiency for finishing tube condensers. Based on calculations, I came to the conclusion that the availability of line is 89,49%, the actual rate reaches 81,93% of its potential speed, the total production volume is 100% usable product. The final conclusion is that the average actual output reaches 74,79% of potential output, the actual costs per unit are for a little more than one time bigger that the potential lower costs.

*Key words:* production function, cost function, technical effectiveness, cost effectiveness, availability, capacity, quality, OEE, OCE

**UDK:** 338.45.01:657.471.76(043.2)



## VSEBINA

<b>1</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>1</b>
1.1	Opredelitev področja in opis problema .....	1
1.2	Metode analize .....	1
<b>2</b>	<b>Proizvodna funkcija.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Stroškovna funkcija .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Tehnična in stroškovna (ne)učinkovitost.....</b>	<b>11</b>
4.1	Tehnična neučinkovitost.....	11
4.2	Povezava med koeficienti produktivnosti in povprečnimi stroški – stroškovna neučinkovitost .....	16
<b>5</b>	<b>Informacijski okvir ocenjevanja tehnične in stroškovne učinkovitosti .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Empirične ocene tehnične in stroškovne učinkovitosti.....</b>	<b>27</b>
6.1	Razpoložljivost.....	27
6.2	Zmogljivost .....	28
6.3	Kakovost.....	28
6.4	OEE .....	29
6.5	Stroškovna neučinkovitost.....	30
<b>7</b>	<b>Sklep.....</b>	<b>33</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>35</b>





## **SLIKE**

Slika 1	Mikroekonomska proizvodna funkcija.....	3
Slika 2	Povprečna proizvodna funkcija .....	5
Slika 3	Povprečna in mejna proizvodna funkcija .....	5
Slika 4	Odnos med variabilnimi stroški in outputom .....	7
Slika 5	Funkcija mejnih stroškov .....	8
Slika 6	Povprečna stroškovna funkcija.....	8
Slika 7	Povprečna in mejna stroškovna funkcija.....	9
Slika 8	Shema proizvodnega procesa na avtomatizirani proizvodni liniji .....	11
Slika 9	Tehnično učinkovit in tehnično neučinkovit proizvodni proces .....	14
Slika 10	Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 1: razigljenje cevi .....	21
Slika 11	Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 2: širjenje cevi .....	22
Slika 12	Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 3: ožanje cevi.....	22
Slika 13	Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 4: krivljenje končin cevi...23	
Slika 14	Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 5: izpihovanje cevi .....	24
Slika 15	Graf parametra razpoložljivosti.....	27
Slika 16	Graf parametra zmogljivosti.....	28
Slika 17	Graf kazalnika OEE .....	29
Slika 18	Graf kazalnika OCE .....	31

## **TABELE**

Tabela 1	Primerjave med optimalnimi in dejanskimi proizvodnimi koeficienti ter tehnična neučinkovitost .....	15
Tabela 2	Primerjava med optimalnimi in dejanskimi koeficienti produktivnosti ter tehnična neučinkovitost .....	15

## **KRAJŠAVE**

OEE	kazalnik tehnične (ne)učinkovitosti
OCE	kazalnik stroškovne (ne)učinkovitosti
d.d.	delniška družba

# 1 UVOD

## 1.1 Opredelitev področja in opis problema

Vsebina diplomske naloge se navezuje na področje teorije in analize mikroekonomskih proizvodnih in stroškovnih funkcij. Združuje torej teoretični in empirični vidik pomembnega sklopa mikroekonomske teorije, ki pojasnjuje, kako se tehnične in tehnološke zakonitosti izražene v obliki proizvodnih funkcij transformirajo v ekonomske zakonitosti izražene v obliki stroškovnih funkcij.

Proizvodne funkcije so po definiciji opredeljene kot tehnična zveza med obsegom porabljenih proizvodnih dejavnikov (pojasnjevalna spremenljivka) in obsegom proizvodnje (odvisna spremenljivka). Iz proizvodnih funkcij lahko izpeljemo stroškovne funkcije. Stroški so pri tem opredeljeni kot v denarju izražen obseg porabe in/ali obrabe proizvodnih dejavnikov. Med obema sklopoma funkcij (proizvodnih in stroškovnih) obstaja sistematična povezava, to je inverzna zveza. Vsebina te inverzne zveze se najlepše odraža na primerih povprečne produktivnosti proizvodnih dejavnikov, katere spreminjanje se preliva v spreminjanje povprečnih variabilnih stroškov. Če se povprečna produktivnost poveča, se povprečni variabilni stroški znižajo in obratno.

Posebna koncepta v zvezi s stroškovnimi in proizvodnimi funkcijami sta tehnična in stroškovna učinkovitost. Tehnična učinkovitost meri, kako blizu je dosežena produktivnost potencialni produktivnosti. Stroškovna učinkovitost pa meri, kako blizu so dejanski stroški na enoto proizvoda potencialno najnižjim stroškom na enoto proizvoda. Ker velja med proizvodnimi in stroškovnimi funkcijami inverzna zveza, se ta na nek način odraža tudi v tehnični in stroškovni učinkovitosti. Če se tehnična učinkovitost poveča, pomeni, da se dejanska produktivnost povečuje proti potencialni. To pomeni, da se dejanski stroški na enoto proizvoda znižujejo proti potencialno najnižjim stroškom na enoto proizvoda, kar pomeni rast stroškovne učinkovitosti.

Na teh izhodiščih temelji tudi osrednji problem, ki je predmet analize v pričujoči diplomski nalogi. Gre za empirično analizo tehnične in stroškovne učinkovitosti izbrane proizvodne linije podjetja Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec. Na izbrani proizvodni liniji pa se uresničuje proizvodnja cevi kondenzatorja. Raziskovalno vprašanje, ki se ga pri tem lotevamo je, kakšna je empirična zveza med tehnično in stroškovno učinkovitostjo izbrane proizvodnje.

## 1.2 Metode analize

Vsebina diplomskega dela je uokvirjena v tri sklope. Prvi sklop je teoretični. V njem so predstavljeni ključni teoretični koncepti, na katere se navezuje analiza v empiričnem delu. Osrednje metodološko orodje, ki ga uporabim v prvem delu, je deskripcija. Ta vključuje predvsem povzemanje in sintezo vsebin s področja

## *Uvod*

mikroekonomskih proizvodnih in stroškovnih funkcij. Drugi sklop je empirične narave. Njegova vsebina temelji na uporabi analitičnih metod, kot je ocenjevanje in izračunavanje parametrov produktivnosti, tehnične in stroškovne učinkovitosti. Med teoretični in empirični sklop se umešča posebno poglavje, v katerem je kratko opisana proizvodna funkcija, ki je predmet analize v empiričnem delu. Tretji sklop diplomske naloge pa je sklep, v katerem z uporabo deskriptivnih metod uresničimo sintezo ključnih sklepov teoretičnega in empiričnega dela naloge.

## 2 PROIZVODNA FUNKCIJA

Proizvodnja je proces, v katerem se relativno redki proizvodni dejavniki porabljajo za proizvodnjo blaga - dobrin in storitev, ki so namenjeni prodaji na trgu (Bergin 2005). Poznamo dva pomena proizvodne funkcije:

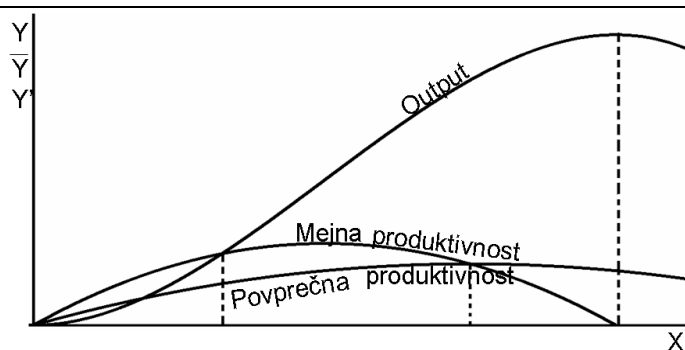
- Operativni management opredeljuje le to kot osrednji proces, skozi katerega se uresničuje transformacija inputov v končne outpute (Busi in Bititci, 2006, Singh et al. 2000).
- Drugi pomen, nanašajoč se na mikroekonomske teorije pa proizvodno funkcijo definira kot tehnično zvezo med obsegom proizvodnje in obsegom porabljenih proizvodnih dejavnikov, pri danih omejitvah oz. tehničnih pogojih (McKenzie in Lee 2006, Nicholson 1994).

Za moje področje diplomske naloge je aktualna mikroekonomska teorija, kjer je najprej potrebno pojasniti pojem omejitve oz. tehnologije, ki predstavlja različne tehnike za uporabo in dosego cilja proizvodnega procesa - pretvorbo razpoložljivih količin inputov v končne outpute. Osrednja referenčna literatura, ki sem jo uporabila pri pregledu teorije proizvodnih funkcij je: Žižmond (2005), Martin (2005), Novak (2007), Grifell in Lovell (2000).

Kot sem že omenila so možne različne tehnike, ki odražajo povezavo med obsegom inputa in obsegom končnega outputa. Določene so povezane z manjšim obsegom končnega outputa pri enakem obsegu porabljenega inputa, druge proizvajajo manjši obseg končnega outputa pri večjem obsegu porabljenega inputa. Torej niso vse tehnike uporabne za uresničitev proizvodnega procesa, saj so povezane s porabo prevelikega obsega inputa glede na končni obseg proizvedenega outputa.

Proizvodna funkcija je grafično ponazorjena matematična funkcija, ki ponazarja tehnična razmerja med inputom in outputom.

**Slika 1** Mikroekonomska proizvodna funkcija



Opomba: Y – output,  $\bar{Y}$  - povprečna produktivnost, Y' mejna produktivnost, X – input.

Vir: Novak 2007.

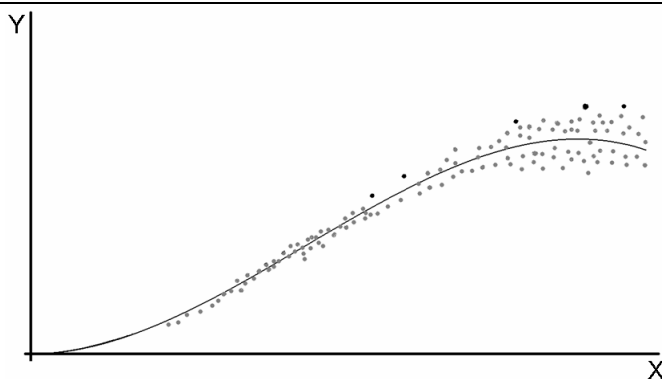
Z vidika ekonomske teorije in analize ima potek prikazanih kratkoročnih proizvodnih funkcij pomembne vsebinske implikacije. Pri mikroekonomski proizvodni funkciji obstaja pomembna tehnična zakonitost, ki jo ekonomska teorija pretvarja dalje v ekonomske zakonitosti in jo literatura s področja operativnega managementa praviloma ne izpostavlja. To je zakonitost padajoče mejne produktivnosti. Ta zakonitost trdi, da se bo pri danih pogojih prispevek inputa k povečevanju outputa zmanjševal z rastjo inputa. To je kratkoročna zakonitost, saj lahko na dolgi rok spreminjamo pogoje in s tem omogočamo rast prispevka inputa k povečevanju outputa.

Posebna omejitev v ekonomski analizi proizvodne funkcije je vprašanje, ali proučujemo značilnosti proizvodne funkcije v kratkem ali v dolgem časovnem obdobju. Kratko časovno obdobje opredeljujemo kot tisto časovno obdobje, v katerem je vsaj en proizvodni dejavnik fiksni in vsaj en proizvodni dejavnik variabilen. Dolgi rok pa je opredeljen s časovnim obdobjem, znotraj katerega so vsi proizvodni dejavniki variabilni. Kratek oziroma dolgi rok torej nimata enolično določene časovne opredelitve, ampak je to odvisno od narave proizvodnega procesa.

V kratkem roku se pojavljajo omejitve na strani razpoložljivosti določenih proizvodnih dejavnikov. Zaradi tega lahko v kratkem časovnem obdobju povečujemo le obseg variabilnih proizvodnih dejavnikov. A povečevanje obsega proizvodnje, ki temelji zgolj na povečevanju variabilnih proizvodnih dejavnikov pri danem obsegu fiksnih proizvodnih dejavnikov, ima svojo mejo. Po izročilu mikroekonomske teorije, postajajo s povečevanjem variabilnega proizvodnega dejavnika fiksni proizvodni dejavniki preobremenjeni, kar zmanjšuje produktivnost.

Posebno razlikovanje je v mikroekonomski analizi proizvodne funkcije posvečeno povprečnim proizvodnim funkcijam in mejnim proizvodnim funkcijam. Vsebinsko bistvo mejne proizvodne funkcije je v tem, da nam omogoča merjenje tehnične neučinkovitosti.

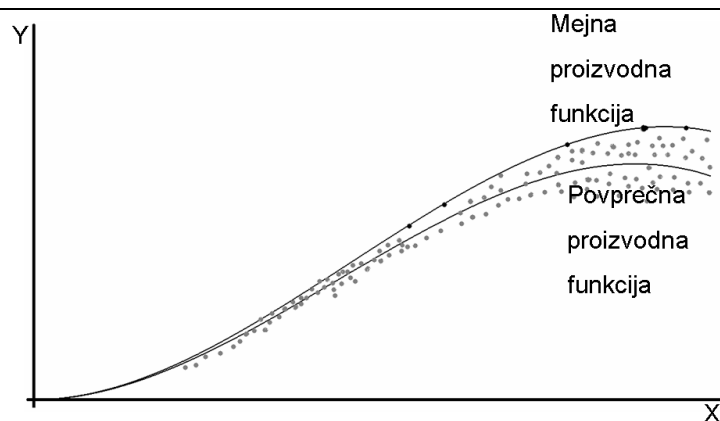
Proizvodna funkcija, ki je prikazana v sliki 2 je t. i. »povprečna« proizvodna funkcija. To ne pomeni, da meri povprečno produktivnost, ampak pomeni način, kako je ta funkcija umeščena med realne empirične podatke.

**Slika 2** Povprečna proizvodna funkcija

Opomba: Y – output, X – input.

Vir: Ferko 2009.

Imamo množico opazovanj, ki odražajo različne kombinacije proizvodnega dejavnika X in outputa Y. Med množico teh opazovanj je po določenem kriteriju umeščena regresijska krivulja. Ta regresijska krivulja ponazarja t. i. povprečno proizvodno funkcijo, ker je ta proizvodna funkcija umeščena med najnižje in najvišje točke – odraža torej razmerje med inputom in outputom v povprečju. Vse kar odstopa od tega povprečja je utemeljeno kot slučajni odklon. Ko analizo zožimo na eno samo podjetje, ali še ožje na določen proizvodni proces znotraj tega podjetja dobijo »slučajni« odkloni poseben pomen. Poraja se vprašanje, kaj je bilo v proizvodnji liniji drugačnega, da smo pri enaki porabi inputa pri enem opazovanju proizvedli bistveno manj, kot v drugem opazovanju. Koncept povprečja v primeru, ko ocenjujemo proizvodno funkcijo določene proizvodne linije tako ni utemeljen. V takem primeru je povprečna proizvodna funkcija nadomeščena s t. i. mejno proizvodno funkcijo, ki je prikazana za opazovanja s slike 2 v sliki 3.

**Slika 3** Povprečna in mejna proizvodna funkcija

Opomba: Y – output, X – input.

*Proizvodna funkcija*

Vir: Ferko 2009.

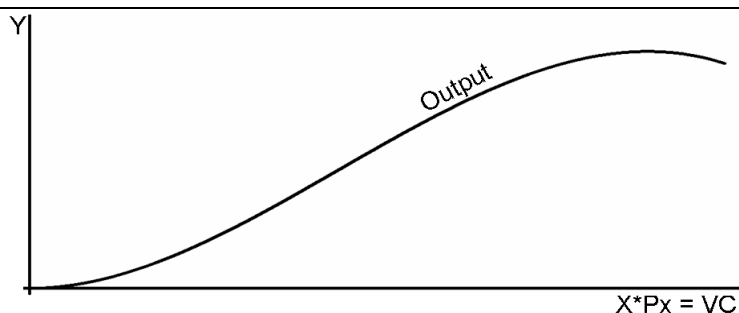


### 3 STROŠKOVNA FUNKCIJA

Če meri kratkoročna mikroekonomska proizvodna funkcija povezavo med obsegom proizvodnje in obsegom proizvodnih dejavnikov, meri stroškovna funkcija povezavo med stroški in obsegom proizvodnje. Po svoji opredelitvi so stroški v denarju izražena poraba in/ali obraba proizvodnih dejavnikov. Vezni člen med proizvodnimi in stroškovnimi funkcijami so torej prav porabe proizvodnih dejavnikov oziroma inputov, če uporabimo terminologijo operativnega managementa. Osrednja referenčna literatura, ki sem jo uporabila pri pregledu literatura stroškovnih funkcij je Novak (2007).

Za ponazoritev zveze med produktivnostjo in stroški izhajamo iz mikroekonomske proizvodne funkcije, ki je vrisana v sliki 1, le da je zmanjšano definicijsko območje funkcije, da je prikaz bolj nazoren. Vpeljana je še dodatna sprememba. Na abcisni osi je v sliki 1 merjen obseg proizvodnega dejavnika (X), v sliki 4 pa je obseg proizvodnega dejavnika (X) pomnožen z njegovo ceno (Px). Na ta način se potek grafa ne spremeni, spremeni se pa njegova vsebina. Tako krivulja »outputa« ne ponazarja več odnosa med outputom in variabilnim proizvodnim dejavnikom, ampak odraža razmerje med outputom in variabilnimi stroški.

**Slika 4** Odnos med variabilnimi stroški in outputom



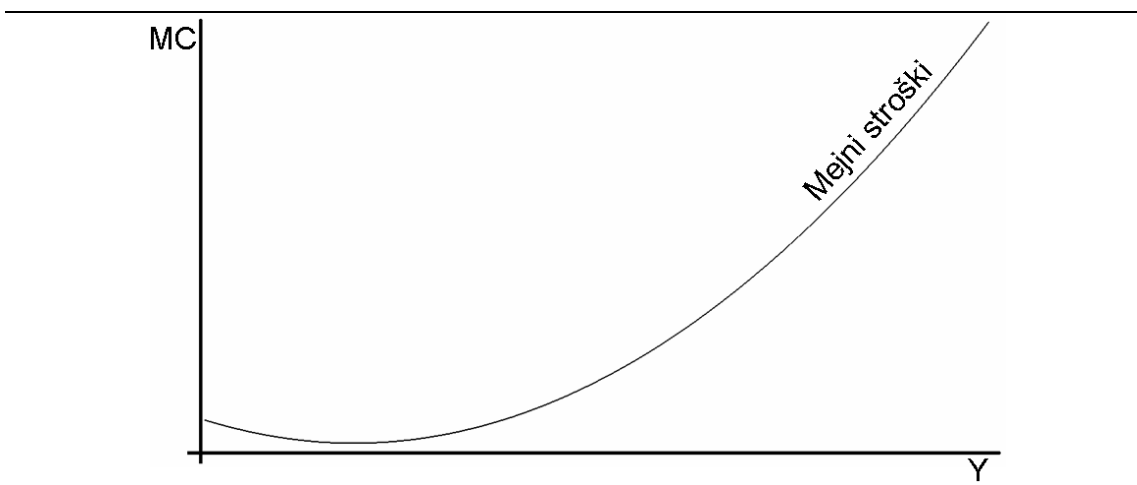
Opomba: Y – output, X – input, Px – cena inputa, VC – variabilni stroški.

Vir: Novak 2007.

Tako kot je prikazano razmerje med variabilnimi stroški in outputa izhaja, kot da je output posledica višine variabilnih stroškov. To pa ne drži, saj je output odvisen od obsega proizvodnih dejavnikov. Stroški so šele končna posledica – nastanejo le, če zaposleni proizvodni dejavniki tudi ustvarijo output. Torej so variabilni stroški odvisni od outputa.

Proizvodne in stroškovne funkcije so inverzne in če to objektivno dejstvo povežemo z eno temeljnih tehničnih zakonitosti – z zakonom mejne padajoče mejne produktivnosti, spoznamo njen ekonomski vidik. Zaradi padanja mejne produktivnosti namreč mejni stroški naraščajo.

**Slika 5** Funkcija mejnih stroškov

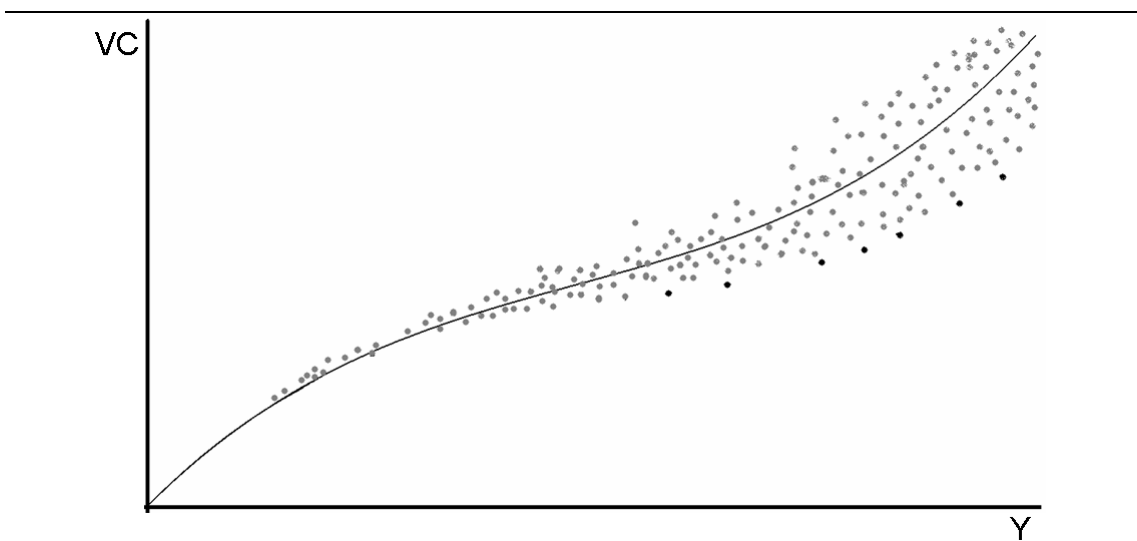


Opomba: MC – mejni stroški, Y – output.

Vir: Novak 2007.

Tako kot sem v primeru proizvodnih funkcij ločevala med mejnimi in povprečnimi funkcijami, lahko to razlikovanje uporabimo tudi v primeru stroškovnih funkcij. Povprečna stroškovna funkcija tako odraža povprečno razmerje izmed vseh opazovanih enot med obsegom proizvodnje in stroški.

**Slika 6** Povprečna stroškovna funkcija



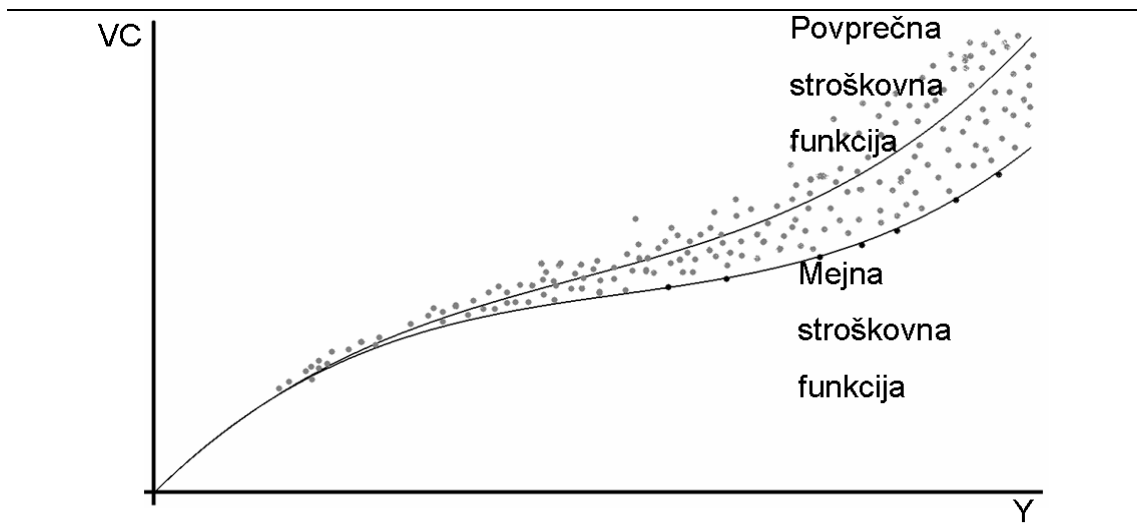
Opomba: VC – variabilni stroški, Y – output.

Vir: Ferko 2009.

Za razliko od povprečne stroškovne funkcije, poteka mejna stroškovna funkcija tako, da zaokroži spodnji rob empiričnih opazovanj razmerja med stroški in outputom. Mejna stroškovna funkcija zato meri t.i. potencialno najnižje stroške. Odstopanja

dejanskih stroškov od potencialno najnižjih stroškov pa niso obravnavana kot slučajni odklon, ampak kot pojav stroškovne neučinkovitosti.

**Slika 7** Povprečna in mejna stroškovna funkcija



Opomba: VC – variabilni stroški, Y – output.

Vir: Ferko 2009.



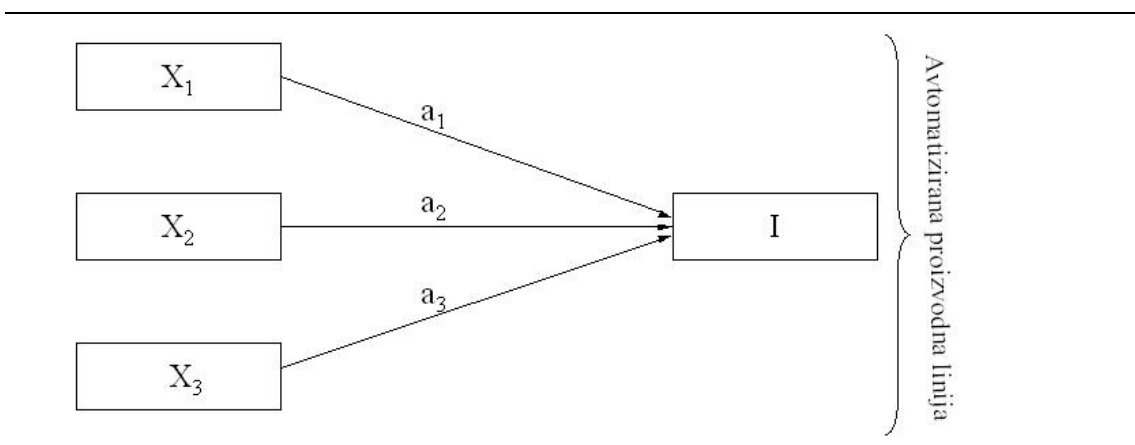
## 4 TEHNIČNA IN STROŠKOVNA (NE)UČINKOVITOST

### 4.1 Tehnična neučinkovitost

Tehnična učinkovitost je ena izmed osrednjih vsebinskih informacij, ki so zapisane v proizvodni funkciji. Je vsebinski parameter proizvodne funkcije, ki meri razmerje med dejanskim in potencialnim obsegom proizvodnje (Chen in Shu-Yi 2006, Davis 1995). Ker je merjenje tehnične učinkovitosti izbranega proizvodnega procesa eden izmed osrednjih namenov naloge, v nadaljevanju podrobneje izpostavljam aplikativni vidik merjenja le-te. Izpeljava temelji predvsem na referenčnem viru Ferko (2009), podprta pa je še z naslednjimi viri: (De toni et al 1997, Eskildsen in Kristensen (2006), Gomes et al (2007), Nourayi (1996).

Za proizvodnjo izdelka I na proizvodni liniji tri potrebujemo različice inputov: delo ( $X_1$ ), surovine in materiali ( $X_2$ ) ter energenti ( $X_3$ ), kot je to ponazorjeno v sliki 8.

**Slika 8** Shema proizvodnega procesa na avtomatizirani proizvodni liniji



Opomba: za pomen simbolov glej enačbe 1, 2 in 3 spodaj.

Vir: Ferko 2009.

Proizvodnja je tehnični proces, ki ima določena znana razmerja med obsegom porabe količin posameznih proizvodnih dejavnikov in proizvedeno količino končnega izdelka. To razmerje je merjeno s t. i. proizvodnimi koeficienti. V našem primeru so to trije:

$$a_1 = \frac{X_1}{I} \quad (1)$$

$$a_2 = \frac{X_2}{I} \quad (2)$$

$$a_3 = \frac{X_3}{I} \quad (3)$$

Simboli:

$a_1, a_2, a_3$  – proizvodni koeficienti, ki merijo delež posameznega inputa v enoti končnega izdelka,

$X_1, X_2, X_3$  – posamezne različice inputov (1 = delo, 2 = surovine in materiali, 3 = energenti),

$I$  – končni izdelek.

Opomba: V nadaljevanju bom z \* označevala optimalne vrednosti proizvodnih koeficientov.

S pomočjo proizvodnih koeficientov merimo, koliko enot posameznega inputa (proizvodnega dejavnika) potrebujemo, da proizvedemo eno enoto izdelka v časovni enoti. Na temelju tega lahko opredelimo t. i. tehnično popolnoma učinkovito proizvodno linijo. Tehnično popolnoma učinkovita proizvodna linija je tista, za katero so značilne s tehničnega vidika najnižje dosegljive vrednosti proizvodnih koeficientov. V našem primeru bomo najnižje vrednosti proizvodnih koeficientov imenovali optimalni proizvodni koeficienti, tehnično popolnoma učinkovito proizvodno linijo pa bomo imenovali optimalna proizvodna linija. Za lažjo predstavo predpostavimo, da so vrednosti optimalnih proizvodnih koeficientov naslednje:

$$a_1 = \frac{X_1}{I} = 3, \quad a_2 = \frac{X_2}{I} = 4, \quad a_3 = \frac{X_3}{I} = 2,$$

iz česar lahko razberemo, da potrebujemo za proizvodnjo ene enote izdelka hkrati najmanj 3 enote prvega inputa (to je dela), najmanj 4 enote drugega inputa (to je surovin in materialov) in najmanj 2 enoti tretjega inputa (to je energentov) v eni časovni enoti. Proizvodne koeficiente lahko enostavno pretvorimo v t. i. koeficiente produktivnosti. Po definiciji nam koeficienti produktivnosti povedo koliko enot končnega izdelka smo izdelali z eno enoto posameznega inputa (proizvodnega dejavnika). Izhajajoč iz definicije torej ustreza vrednost koeficienta produktivnosti inverzni vrednosti proizvodnega koeficienta. Na temelju tega lahko v našem primeru izračunamo tri parcialne koeficiente produktivnosti:

$$b_1 = \frac{1}{a_1} = \frac{I}{X_1}, \tag{4}$$

$$b_2 = \frac{1}{a_2} = \frac{I}{X_2}, \tag{5}$$

$$b_3 = \frac{1}{a_3} = \frac{I}{X_3}. \tag{6}$$

Simboli:

$b_1, b_2, b_3$  – koeficienti produktivnosti, ki merijo koliko enot končnega izdelka proizvedemo z eno enoto posameznega inputa,

$X_1, X_2, X_3$  – posamezne različice inputov (1 = delo, 2 = surovine in materiali, 3 = energenti),

$I$  – končni izdelek.

Opomba: V nadaljevanju bomo z \* označevali optimalne vrednosti koeficientov produktivnosti.

Ker so koeficienti produktivnosti izpeljani iz proizvodnih koeficientov, lahko optimalno proizvodno linijo definiramo tudi s pomočjo t. i. optimalnih koeficientov produktivnosti. Optimalni koeficienti produktivnosti so tisti z največjo možno vrednostjo obsega proizvodnje končnega izdelka z eno enoto določenega proizvodnega dejavnika. Če izhajamo iz konkretnih vrednosti optimalnih tehničnih koeficientov, lahko ugotovimo, da so vrednosti optimalnih koeficientov produktivnosti naslednje:

$$b_1^* = \frac{1}{a_1} = 0,33, \quad b_2^* = \frac{1}{a_2} = 0,25, \quad b_3^* = \frac{1}{a_3} = 0,50.$$

To pomeni, da z eno enoto proizvodnega dejavnika delo proizvedemo največ 0,33 enot končnega izdelka, z eno enoto surovin in materialov proizvedemo največ 0,25 enot končnega izdelka in z eno enoto porabljenih energentov lahko proizvedemo največ 0,50 enot končnega izdelka v časovni enoti. S tem ko opredelimo optimalno proizvodno linijo, opredelimo hkrati kriterij primerjave za analizo dejanskega procesa proizvodnje z želenim (to je z optimalnim). Na temelju primerjave dejanskega in optimalnega procesa proizvodnje izmerimo t. i. tehnično (ne)učinkovitost.

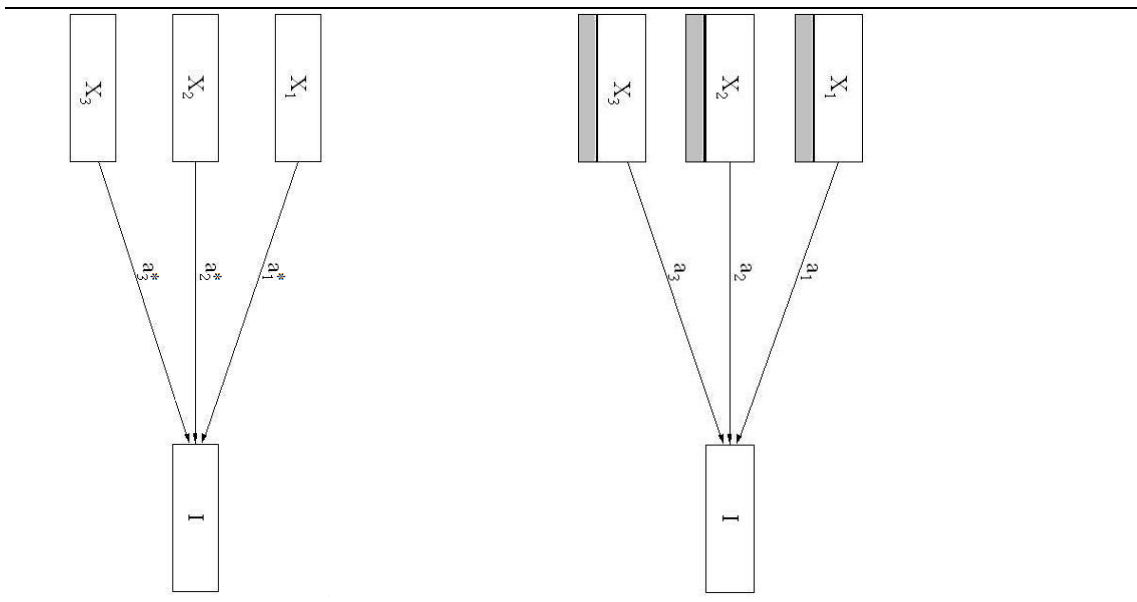
Če se dejanski proces proizvodnje, merjen s pomočjo proizvodnih koeficientov, oziroma s pomočjo koeficientov produktivnosti, sklada z optimalnim procesom proizvodnje, govorimo o popolni tehnični učinkovitosti. V nasprotnem primeru, ko izmerimo odstopanje dejanskega procesa proizvodnje od optimalnega pa govorimo o tehnični neučinkovitosti proizvodnega procesa. Pojav tehnične neučinkovitosti pomeni, da je dejanski obseg proizvodnje manjši od potencialnega, pri enakem obsegu porabe proizvodnih dejavnikov. Analitično torej lahko tehnično neučinkovitost ocenimo na dva načina:

- s primerjavo dejanskih in optimalnih proizvodnih koeficientov,
- s primerjavo dejanskih in optimalnih koeficientov produktivnosti.

V spodnji sliki 9 sta ponazorjena optimalni proizvodni proces, katerega označujejo najnižje (tehnično) možne vrednosti proizvodnih koeficientov in dejanski proizvodni proces z izmerjenimi vrednostmi proizvodnih koeficientov. Kot izhaja iz slike je opazno, da je za proizvodnjo enakega obsega izdelkov v primeru opazovanega proizvodnega procesa porabljen večji obseg posameznih proizvodnih dejavnikov, kot v primeru optimalnega proizvodnega procesa. Na sliki je količinski presežek porabe proizvodnih dejavnikov označen s sivo barvo. To ugotovitev lahko interpretiramo tudi

nekoliko drugače: z enakim obsegom porabe proizvodnih dejavnikov uresničimo manjši obseg proizvodnje od potencialno možnega.

**Slika 9** Tehnično učinkovit in tehnično neučinkovit proizvodni proces



Vir: Ferko 2009.

Simboli:

$a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – proizvodni koeficienti, ki merijo delež posameznega inputa v enoti končnega izdelka,

$X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  – posamezne različice inputov (1 = delo, 2 = surovine in materiali, 3 = energenti),

$I$  – končni izdelek.

Opomba: Znak \* označuje optimalne vrednosti proizvodnih koeficientov.

Za lažjo predstavo predpostavimo, da so dejanske vrednosti proizvodnih koeficientov naslednje:

$$a_1 = \frac{X_1}{I} = 4, \quad a_2 = \frac{X_2}{I} = 5,30, \quad a_3 = \frac{X_3}{I} = 2,65,$$

kar pomeni, da smo porabili za proizvodnjo ene enote izdelka hkrati 4 enote prvega inputa (to je dela), 5,30 enot drugega inputa (to je surovin in materialov) in 2,65 enoto tretjega inputa (to je energentov) v eni časovni enoti. V tabeli 1 so izdelane primerjave med optimalnimi in dejanskimi proizvodnimi koeficienti.



**Tabela 1** Primerjave med optimalnimi in dejanskimi proizvodnimi koeficienti ter tehnična neučinkovitost

Optimalni	Dejanski	Tehnična neučinkovitost
$a_1^* = 3$	$a_1 = 4$	$\frac{a_1}{a_1^*} = \frac{4}{3}$
$a_2^* = 4$	$a_2 = 5,32$	$\frac{a_2}{a_2^*} = \frac{5,32}{4}$
$a_3^* = 2$	$a_3^* = 2,65$	$\frac{a_3}{a_3^*} = \frac{2,65}{2}$

Simboli:

$a$  – proizvodni koeficient.

Opomba: znak \* označuje optimalne vrednosti proizvodnih koeficientov.

Na temelju poenostavljenega prikaza ocenjevanja tehnične neučinkovitosti lahko ugotovimo, da porabimo za proizvodnjo ene enote izdelka 33 % več posameznega proizvodnega dejavnika. Vprašanje pri tem pa je, za koliko bi bil dejanski obseg proizvodnje manjši od potencialnega pri enakem obsegu porabe posameznega proizvodnega dejavnika? To lahko ocenimo s pomočjo koeficientov produktivnosti, za katere smo pokazali, da so dejansko inverzne vrednosti proizvodnih koeficientov. V tabeli 2 so zbrane ocene optimalnih in dejanskih proizvodnih koeficientov vključno s pripadajočimi ocenami tehnične neučinkovitosti.

**Tabela 2** Primerjava med optimalnimi in dejanskimi koeficienti produktivnosti ter tehnična neučinkovitost

Optimalni	Dejanski	Tehnična neučinkovitost
$b_1^* = 0,33$	$b_1 = 0,25$	$\frac{b_1}{b_1^*} = \frac{0,25}{0,33}$
$b_2^* = 0,25$	$b_2 = 0,19$	$\frac{b_2}{b_2^*} = \frac{0,19}{0,25}$
$b_3^* = 0,50$	$b_3^* = 0,38$	$\frac{b_3}{b_3^*} = \frac{0,38}{0,50}$

Simboli:

$b$  – koeficienti produktivnosti.

Opomba: znak \* označuje optimalne vrednosti koeficientov produktivnosti.

Kot izhaja iz dobljenih ocen, dosega dejanski obseg proizvodnje zgolj 76 % obsega potencialne proizvodnje pri enakem obsegu porabe proizvodnih dejavnikov. Vprašanje, ki se pri tem pojavi pa je, kako se odklik dejanske produktivnosti od potencialne odraža v stroških na enoto izdelka.

#### 4.2 Povezava med koeficienti produktivnosti in povprečnimi stroški – stroškovna neučinkovitost

Tehnični del proizvodnega procesa preučujemo s proizvodnimi koeficienti in s koeficienti produktivnost. Za optimizacijo proizvodnega procesa v ekonomskem smislu pa potrebujemo stroške. Stroške proizvodnje ene enote končnega proizvoda izračunamo tako, da pomnožimo ceno posameznega proizvodnega dejavnika s pripadajočim proizvodnim koeficientom ter te vrednosti seštejemo za vse proizvodne dejavnike. Teorija povzeta po Ferko (2008) in Novak (2009).

V mojem primeru imam tri različne proizvodne dejavnike (delo, surovine in materiali, energenti), torej so stroški na enoto proizvoda (to je povprečni stroški) določeni kot vsota naslednjih stroškov:

- strošek dela:  $P_1 \cdot a_1 = AC_1$ ,
- strošek surovin in materialov:  $P_2 \cdot a_2 = AC_2$ ,
- strošek energentov:  $P_3 \cdot a_3 = AC_3$ .

S  $P$  v tem primeru označujemo ceno posameznega proizvodnega dejavnika. Če seštejemo stroške dela, surovin in materialov ter energentov, dobimo celotne stroške proizvodnje enote izdelka:

$$AC = AC_1 + AC_2 + AC_3.$$

Če predpostavimo, da se cene proizvodnih dejavnikov ne spreminjajo, lahko ugotovimo, da se stroški na enoto proizvoda lahko spreminjajo le s spreminjanjem proizvodnih koeficientov oziroma koeficientov produktivnosti. Glede na to, da imamo opredeljen s tehničnega vidika optimalni proizvodni proces, lahko opredelimo optimalni proizvodni proces tudi z vidika stroškov. V našem primeru so vrednosti optimalnih proizvodnih koeficientov naslednje:  $a_1^* = 3$ ,  $a_2^* = 4$ ,  $a_3^* = 2$ .

Če predpostavimo, da stane enota dela 9 denarnih enot, enota surovin in materialov 3 denarni enoti in enota energentov 4 denarnih enot, lahko opredelimo najnižje dosegljive stroške na enoto izdelka:

$$AC_{\min} = AC_1^* + AC_2^* + AC_3^* = 47,$$

kjer velja:

$$AC_1^* = P_1 \cdot a_1^* = 9 \cdot 3 = 27,$$

$$AC_2^* = P_2 \cdot a_2^* = 3 \cdot 4 = 12,$$

$$AC_3^* = P_3 \cdot a_3^* = 4 \cdot 2 = 8.$$

Najnižji dosegljivi stroški na enoto proizvoda torej znašajo 47 denarnih enot. A v našem poenostavljenem primeru velja, da je v dejanskem proizvodnem procesu porabljenega posameznega proizvodnega dejavnika za 33 % več od optimalne količine. Pri danih cenah proizvodnih dejavnikov znašajo torej dejanski stroški na enoto proizvoda:

$$AC = AC_1 + AC_2 + AC_3 = 62,5,$$

kjer velja:

$$AC_1 = P_1 \cdot a_1 = 9 \cdot 4 = 36,$$

$$AC_2 = P_2 \cdot a_2 = 3 \cdot 5,32 = 15,9,$$

$$AC_3 = P_3 \cdot a_3 = 4 \cdot 2,65 = 10,6.$$

Dejanski proizvodni stroški na enoto proizvoda so torej za 15,5 denarnih enot večji od potencialno najnižjih. Če ponovim, dosega v tem primeru dejanski obseg proizvodnje samo 76 % obsega potencialne proizvodnje v časovni enoti. To pomeni, da je v našem primeru 24-odstotna stopnja tehnične neučinkovitosti povezana s 33 % višjimi stroški na enoto proizvoda od potencialno najnižjih. S tem pa še vpliv na stroške ni povsem izčrpan. Upoštevati moramo, da merimo obseg proizvodnje v časovnih enotah (npr. v eni uri). Če pride do zastoja proizvodne linije se soočimo s problemom neučinkovite izkoriščenosti razpoložljivega časa, zaradi česar je dejanski obseg proizvodnje nižji od potencialnega, četudi so izmerjeni proizvodni koeficienti enaki optimalnim. V tem primeru namreč nastopi učinek posrednih stroškov, ki obstajajo neodvisno od obsega proizvodnje, a se z rastjo obsega proizvodnje zmanjšujejo na enoto izdelka. Za lažje razumevanje predpostavimo, da znašajo posredni stroški 110 denarnih enot, zaradi zastojev pa je obseg proizvodnje manjši za 12 % od potencialnega obsega. Potencialni obseg proizvodnje v časovni enoti znaša 11 enot, torej bo dejanski obseg proizvodnje zaradi zastojev v časovni enoti znašal 10 enot. Izračunali bomo naslednje tri različice stroškov na enoto proizvoda:

- v prvem primeru bomo izračunali najnižje možne stroške na enoto proizvoda
- v drugem primeru bomo izračunali stroške na enoto proizvoda ob pogoju, da ostajajo proizvodni koeficienti optimalni, vendar je dejanski obseg proizvodnje samo deset enot v časovni enoti,
- v tretjem primeru pa bomo upoštevali oba negativna učinka hkrati – torej dejanski obseg proizvodnje bomo zmanjšali za 12 % zaradi zastojev

proizvodne linije in hkrati bomo upoštevali, da so proizvodni koeficienti večji od optimalnih.

Neposredni proizvodni stroški na enoto izdelka so enaki 47 denarnih enot. Posredni stroški skupaj znašajo 110 denarnih enot, kar pomeni 10 denarnih enot na enoto izdelka proizvedenega v časovni enoti. Skupaj torej znašajo stroški na enoto izdelka v pogojih popolne učinkovitosti 57 denarnih enot. Stroški na enoto proizvoda v primeru, ko so proizvodni koeficienti optimalni, vendar zaradi neučinkovitosti razpoložljiva časovna enota ni popolnoma izkoriščena. V tem primeru znašajo neposredni proizvodni stroški na enoto izdelka 47 denarnih enot. Posredni stroški, ki skupaj znašajo 110 denarnih enot pa v tem primeru znašajo 11,00 denarnih enot, ker v časovni enoti ne proizvedemo 11 ampak samo 10 enot izdelkov. Skupaj torej znašajo stroški na enoto izdelka 58,00 denarnih enot in so za 1,9 odstotka višji od potencialno najnižjih. To pomeni, da je 12 % tehnična neučinkovitost povezana z 1,9 odstotka višjimi stroški na enoto proizvoda.

## 5 INFORMACIJSKI OKVIR OCENJEVANJA TEHNIČNE IN STROŠKOVNE UČINKOVITOSTI

Povezavo med stroškovno (ne)učinkovitost (merjeno s kazalnikom OEE) in tehnično (ne)učinkovitostjo definira enačba:

$$OCE = \frac{1}{OEE} * \beta_1 + \frac{1}{K} * \beta_2,^1$$

pri čemer je pomen parametrov naslednji:

- OCE – kazalnik stroškovne (ne)učinkovitosti. Njegova vrednosti je definirana na intervalu vrednosti kazalnik OEE od 0 do 1, zaloga vrednosti kazalnika OCE pa je na intervalu od 1 do neskončno. Če je vrednost kazalnika OCE enaka 1 pomeni, da je proizvodnja 100% stroškovno učinkovita – dejanski stroški na enoto proizvoda so torej enaki potencialno najnižjim stroškom na enoto proizvoda. Če pa je OCE večji od ena pomeni, da so dejanski stroški na enoto proizvoda večji od potencialno najnižjih stroškov na enoto proizvoda. OCE=1,25 bi na primer pomenilo, da so dejanski stroški na enoto proizvoda za 25% večji od potencialno najnižjih stroškov na enoto proizvoda.

- OEE – kazalnik tehnične neučinkovitosti. Zaloga vrednosti tega kazalnika je na intervalu od 0 do 1. Če je vrednost kazalnika enaka 1 pomeni, da je proizvodnja 100% tehnično učinkovita – dejanski obseg proizvodnje (na dan) je enako potencialnemu obsegu proizvodnje (na dan). Če pa je OEE manjši od 1 pomeni, da je dejanski obseg proizvodnje manjši od potencialnega obsega proizvodnje. OEE 0,76 bi na primer pomenilo, da dosega dejanski obseg proizvodnje le 76% potencialnega obsega proizvodnje.

- K – parameter kakovosti, ki meri delež dobrih izdelkov v celotni seriji.

- $\beta_1$  in  $\beta_2$  sta stroškovna parametra, ki merita vpliv fiksnih in variabilnih stroškov na stroškovno (ne)učinkovitost.

Za izračun OCE v realnem času potrebujemo vrednost parametra OEE. Le ta je po definiciji opredeljen kot produkt treh parcialnih parametrov – zmogljivosti, razpoložljivosti ter kakovosti.

$OEE = R * Z * K,$ <sup>2</sup> pri čemer imajo parametri naslednji pomeni:

- R – meri delež časa, ko je proizvodnja linija dejansko na razpolago za proizvodni proces,

- Z – meri razmerje med dejansko in potencialno obremenitvijo proizvodne linije,

- K – kakovost meri delež dobrih izdelkov v celotni seriji.

---

<sup>1</sup> Novak 2007.

<sup>2</sup> Novak 2007.

Osnovni vir podatkov in meritve tehnične (ne)učinkovitosti preko parametra OEE sem pridobila z zbiranjem podatkov v Gorenju d.d., program Mekom, obrat Rogatec, za proizvodnjo linijo za razrez cevi kondenzatorja, v časovnem obdobju od 1.2.2010 do 19.2.2010.

Delovni čas znaša 16 ur na dan, poteka v dveh izmenah – dopoldanski ter popoldanski. Razpoložljivi čas je 960 minut. Pridobila sem podatke o planiranih zastojih, ki znašajo v povprečju 70 minut.

Potencialno hitrost sem izračunala s pomočjo podatkov o normi na 1000 kosov. Npr. 2.2.2010 je bila norma za izdelek s šifro 955233 za 1000 kosov 2,35. To pomeni, da so izdelali 1000 kosov v 2,35 urah – 155 minutah. Število tisoč sem delila s podatkom o normi, ki sem jo pomnožila s številom 60.

Obravnavana proizvodnja linija slabih kosov nima, zato je parameter kakovosti zmeraj enak 1.

Za izračun dejanske hitrosti sem potrebovala podatke o številu dobrih kosov, številu slabih kosov, ki jih v mojem primeru ni bilo ter trajanje procesa proizvodnje. Seštevek dobrih in slabih kosov delimo s trajanjem procesa proizvodnje.

Nato sem dejansko hitrost delila s potencialno hitrostjo in dobila primerjavo med njima.

Npr. za dan 3.2.2010 je bila za šifro izdelka 956030 potencialna hitrost 6,289308, dejanska hitrost 5,333333. Primerjava dejanske in potencialne hitrosti pa je znašala 0,85. To pomeni, da dejanska hitrost dosega 85% potencialne hitrosti.

Parameter razpoložljivosti sem izračunala tako, da sem trajanje procesa proizvodnje delila s seštevkom trajanja procesa in zastoji. Na dan 4.2.2010 je razpoložljivost za izdelek s šifro 956029 znašala 0,740741. Kar pomeni, da je dejanski čas razpoložljivosti dosegal 74% potencialnega časa razpoložljivosti.

Zmogljivost izračunamo tako, da dejansko hitrost delovanja proizvodne linije delimo s potencialno hitrostjo delovanja proizvodne linije. Npr. 5.2.2010 je za izdelek s šifro 956028 zmogljivost znašala 0,68. Iz tega razberemo, da je bila dejanska zmogljivost linije merjena s številom kosov na uro znotraj dejanskega razpoložljivega časa na ravni 68% njene potencialne zmogljivosti znotraj dejanskega razpoložljivega časa.

Kot sem že omenila v obravnavani proizvodni liniji nimajo slabih kosov izdelkov, zato je parameter kakovosti zmeraj enak 1.

OEE, s pomočjo katerega merimo tehnično učinkovitost izračunamo kot produkt parametrov razpoložljivosti, zmogljivosti ter kakovosti. Dne 9.2.2010 je bil povprečen OEE znašal 0,6974. To pomeni da je v tem dnevu v povprečju dosegal dejanski obseg proizvodnje 70% potencialnega obsega proizvodnje.

Drugi vir podatkov pa se nanaša na stroškovne komponente. Povprečno razmerje med deležem fiksnih in deležem variabilnih stroškov v lastni ceni proizvoda naslednje: 32% je delež fiksnih stroškov, 67% je delež variabilnih stroškov.

Na podlagi teh podatkov sem lahko izračunala OCE, ki meri, za koliko odstotkov so dejanski stroški na enoto proizvoda večji od potencialno najnižjih stroškov na enoto proizvoda. Dne 10.2.2010 je povprečen OCE znašal 1,13. Pomeni, da so dejanski stroški na enoto proizvoda za 13% večji od potencialno najnižjih stroškov na enoto proizvoda.

V proizvodno linijo za dodelavo cevi je v sistem zajeta dodelava okoli 100 različnih tipov cevi za kondenzatorje. Optimiranje proizvodnje zajema postavitev strojev, skrajšanje izdelavnih časov pri izpihovanju cevi in natikanju gumi tulcev ter izboljšanju medfaznega transporta. Linija za dodelavo cevi zajema naslednje operacije – glej slike 10–14.

**Slika 10** Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 1: razigljenje cevi



Vir: Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

**Slika 11**    Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 2: širjenje cevi

---



---

Vir: Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

**Slika 12**    Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 3: ožanje cevi

---



---

Vir: Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.



**Slika 13**    Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 4: krivljenje končin cevi



Vir: Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

**Slika 14** Proizvodna linija za dodelavo cevi – operacija 5: izpihovanje cevi



Vir: Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

Sklepna operacija pa je zapiranje cevi z gumjastimi tulci. To je agregatna razčlenitev operacij, ki predstavljajo opis tehnologije. Tehnična specifikacija tega tehnološkega procesa pa je naslednja.

**Vhod v proces:**

- informacija v obliki tehnološke in delovne dokumentacije,
- delovni izkazi,
- kontrolna dokumentacija,
- predpis izdelave (skice cevi).

**Izhod iz procesa:**

- meritve,
- cevi pripravljene za uporabo v naslednjem delovnem sistemu,
- izmeti.

**Človek (pri delu linije sodelujejo):**

- vodja proizvodnje - 1 delavec,
- tehnolog – 1 delavec,

- planer proizvodnje – 1 delavec v izmeni,
- mojster – 1 delavec,
- procesni kontrolor – 1 delavec,
- nastavljalec – 1 delavec,
- obdelovalec cevi – 3 delavci v izmeni,
- vzdrževalec strojev – 2 delavca v izmeni.

**Delovna sredstva:**

- naprava za kalibriranje cevi – 1 kom,
- dvostopenjska naprava za ožanje cevi – 1 kom,
- KKC – stroj za krivljenje končin cevi – 1 kom,
- naprava za izpihovanje cevi s suhim zrakom – 2 kom,
- namenski vozički za medfazni transport cevi,
- merilne naprave.

Običajno trije delavci delajo na štirih različnih delovnih napravah. Stroji so razporejeni ob liniji za ravnanje, rezanje in krivljenje serpetin cevi.

1. Delavec sname šop cevi iz transportnega vozička, ga odloži na delovno mizo in na napravi za kalibriranje opravi prvo operacijo – razigljenje cevi.

2. Po opravljeni prvi fazi prestavi šop cevi na drugo delovno mizo, kjer na napravi za ožanje opravi drugo operacijo (drugo operacijo opravlja samo v primeru, ko je to po načrtu predvideno).

3. Delavec z naslednje – tretje operacije pride po cevi in jih odnese na napravo za krivljenje končin, kjer operacijo tudi opravi. Cevi nato odloži na transportni voziček.

4. Ko je voziček s cevmi delno ali v celoti napolnjen, ga eden od delavcev odpelje do naprave za izpihovanje. Cevi se izpihajo s suhim zrakom in nato zaprejo z gumi tulci. Izpihuje se vsaka cev posamezno.

5. Po zadnji operaciji mora delavec paletu z gotovimi cevmi označiti z izpolnjeno etiketo.



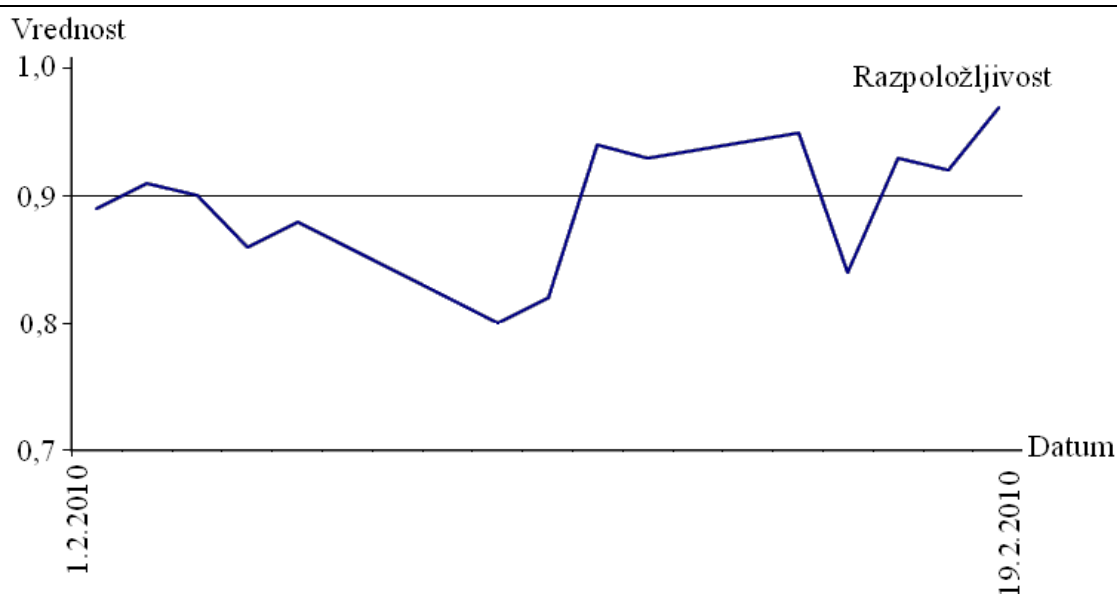
## 6 EMPIRIČNE OCENE TEHNIČNE IN STROŠKOVNE UČINKOVITOSTI

Na temelju zbranih podatkov sem izdelala ocene tehnične in stroškovne učinkovitosti za obdobje od 1.2.2010 do 19.2.2010. Rezultati empiričnih ocen so v nadaljevanju.

### 6.1 Razpoložljivost

Razmerje med potencialnim razpoložljivim časom in dejanskim razpoložljivim časom merimo z razpoložljivostjo. Potencialni čas opredelimo kot tisti čas, ki nam ostane, ko ob 16 urnega delavnika odštejemo 70 minut planiranih zastojev. Potencialni čas (890 minut) je torej konstanta. Dejanski razpoložljivi čas pa izračunamo tako, da od potencialnega razpoložljivega časa (890 minut) odštejemo ne planirane zastoje. V mojem primeru podatkov o neplaniranih zastojih nimam, zato sem do te formula prišla na tak način, da sem skupni čas trajanja proizvodnje določenega izdelka, delila s seštevkom trajanja in planiranih zastojev. Meritve razpoložljivosti za obdobje od 1.2.2010 do 19.2.2010 so predstavljene v spodnji sliki.

**Slika 15** Graf parametra razpoložljivosti



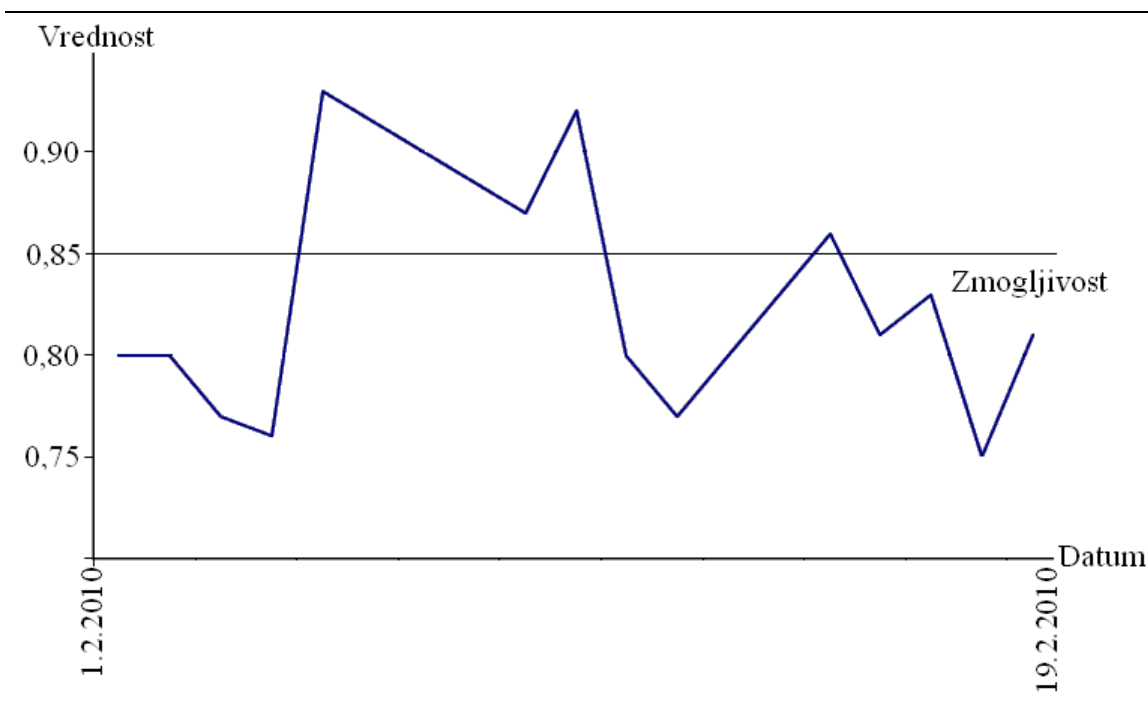
Vir: Lastne meritve v Gorenju d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

Na podlagi izbranih meritev ugotavljam, da je v povprečju razpoložljivost proizvodne linije znašala 89,49%. Ta izračun je narejen v okvirjih obstoječega koncepta spremljanja tehnične učinkovitosti proizvodnje.

## 6.2 Zmogljivost

Zmogljivost meri razmerje med dejansko hitrostjo delovanja proizvodne linije in njeno potencialno hitrostjo znotraj časovnega okvirja dejanske razpoložljivosti proizvodne linije. Meritve zmogljivosti izbrane proizvodne linije v času od 1.2.2010 do 19.2.2010 so predstavljene v spodnji sliki.

**Slika 16** Graf parametra zmogljivosti



Vir: Lastne meritve v Gorenju d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

Glede na izmerjene vrednosti parametra zmogljivosti ugotavljam, da je bila povprečna vrednost parametra zmogljivosti na ravni 81,93%. To pomeni, da je v povprečju dosegala dejanska hitrost delovanja linije 81,93% njene potencialne hitrosti.

## 6.3 Kakovost

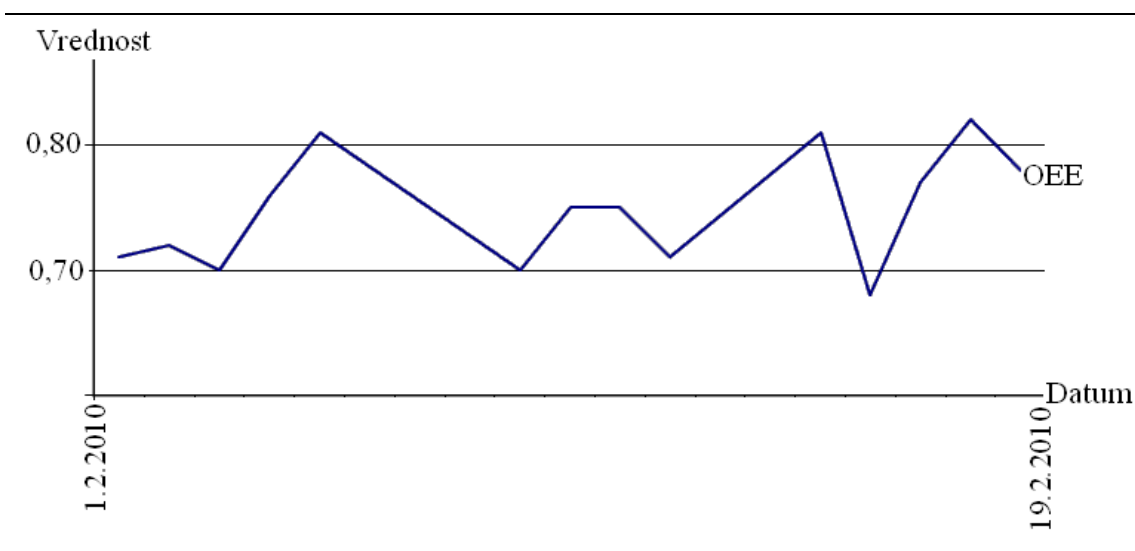
S parametrom kakovosti merimo delež dobrih izdelkov v celotni količini proizvodnje na dnevni ravni. Ta parameter je pomemben predvsem iz vidika ocenjevanja stroškovne učinkovitosti. Spreminjanje parametra kakovosti ima na njo multiplikativni učinek – na stroškovno neučinkovitost vpliva tako preko povečanja fiksnih stroškov na enoto proizvoda kot preko povečanja variabilnih stroškov na enoto proizvoda.

V mojem primeru na proizvodnji linije za razrez cevi kondenzatorja ni slabih kosov, zato je kakovost vedno enaka 1. Pomeni, da je v obsegu celotne proizvodnje 100% izdelkov uporabnih.

#### 6.4 OEE

S pomočjo kazalnika OEE merimo raven tehnične učinkovitosti. Izračunamo ga kot produkt razpoložljivosti, zmogljivosti in kakovosti. Zaloga vrednosti parametra je na intervalu (0,1). Povečanje njegove vrednosti proti 1 pomeni rast (izboljšanje) tehnične učinkovitosti in obratno. Izračunane vrednosti tega parametra za izbrano proizvodno linijo v času od 1.2.2010 do 19.2.2010 so ponazorjene v spodnji sliki.

**Slika 17** Graf kazalnika OEE



Vir: Lastne meritve v Gorenju d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

V okvirih obstoječega merjenja tehnične (ne)učinkovitosti je povprečna vrednost tega parametra 0,747857. To nam pove, da je v proučevanem obdobju v povprečju dosegal dejanski obseg proizvodnje 74,79% potencialnega obsega proizvodnje. Povedano drugače, dejanski obseg proizvodnje je bil za 25% manjši od potencialnega obsega proizvodnje.

V opazovanem obdobju smo torej za izbrano proizvodno linijo potrdili sistematični pojav tehnične neučinkovitosti. Ker je za izbrano proizvodnjo značilna 100% kakovost proizvodov, je izmerjena tehnična neučinkovitost posledica zmanjšane razpoložljivosti in zmogljivosti proizvodne linije. Vprašanje, ki se pri tem pojavi pa je, kako se tehnična neučinkovitost preliva v stroškovno neučinkovitost. Tej analizi je namenjeno naslednje poglavje.

## 6.5 Stroškovna neučinkovitost

Kot sem opisala v teoretičnem delu o proizvodnih in stroškovnih funkcijah, obstaja med njima sistematična povezava. Inherentno proizvodnim funkcijam je tehnična neučinkovitost, ki se pri stroškovnih funkcijah izraža kot stroškovna neučinkovitost. Za namene aplikativnih raziskav uporabljamo parameter OEE kot matematični algoritem za merjenje tehnične neučinkovitosti. Na temelju teoretične povezave med stroškovnimi in proizvodnimi funkcijami, pa je za transformacijo tehnične neučinkovitosti v stroškovno neučinkovitost razvit t.i. algoritem izražen s kazalnikom OCE. Izpeljava tega kazalnika zahteva daljši matematični postopek, kar bi presegalo namen in ciljno raven zahtevnosti diplomske naloge. Zaradi tega predstavljam samo formulo za pretvorbo OEE (torej tehnične neučinkovitosti) v OCE (torej v stroškovno neučinkovitost). Algoritem ima naslednji matematični zapis (Novak in Žižmond 2010):

$$OCE = \frac{1}{OEE} \left[ \frac{FC}{TC_{\min}} \right] + \left[ \frac{\left( \frac{AVC_{\min}}{K} \right)}{AC_{\min}} \right] = \frac{1}{OEE} \left[ \frac{FC}{TC_{\min}} \right] + \frac{1}{K} \left[ \frac{AVC_{\min}}{AC_{\min}} \right], \quad (10)$$

kjer imajo posamezne spremenljivke in simboli naslednji pomen:

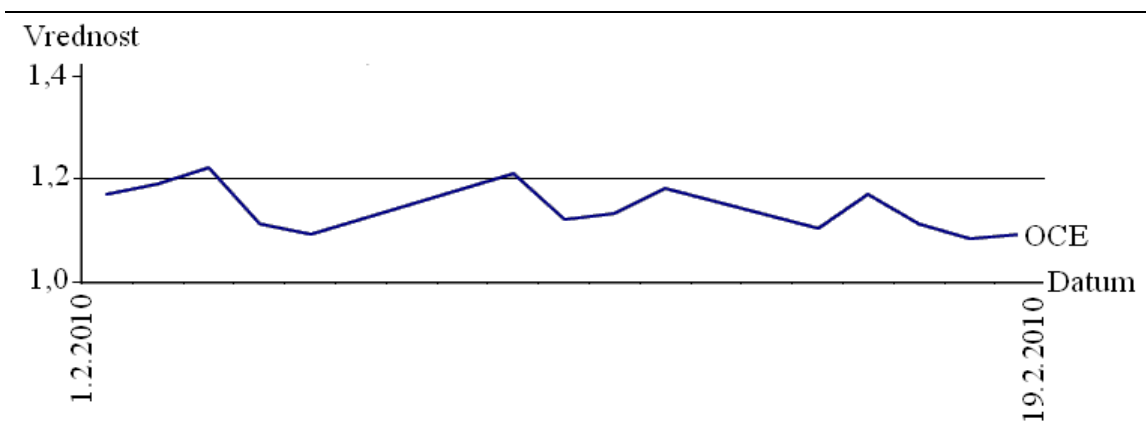
- OCE – stroškovna neučinkovitost,
- OEE – tehnična neučinkovitost,
- FC – fiksni stroški,
- TC – celotni stroški,
- AVC – povprečni variabilni stroški,
- K – kakovost,
- AC – povprečni stroški
- min – minimum,
- max – maksimum.

Kazalnik OCE nam omogoča konverzijo kazalnika tehnične (ne)učinkovitosti (OEE) v sprotno merjenje stroškovne (ne)učinkovitosti. Meri, za koliko odstotkov so dejanski stroški na enoto proizvoda večji od potencialno najnižjih stroškov na enoto proizvoda. Te dosežemo v primeru, ko je proizvodnja popolnoma tehnično učinkovita (OEE je enak 1). Za ocene stroškovne (ne)učinkovitosti je ključno tudi razmerje med fiksnimi in variabilnimi stroški v kalkulaciji lastne cene.

Ker razpolagamo z vsemi zahtevanimi podatki (podatkov o stroških zaradi varovanja poslovnih skrivnosti ne objavljamo), lahko uresničimo pretvorbo izmerjene tehnične neučinkovitosti (merjene z OEE) v meritve stroškovne neučinkovitosti (merjene z OCE). Izračunan vrednosti OCE za obdobje od 1.2.2010 do 19.2.2010 so predstavljene v spodnji sliki.



**Slika 18** Graf kazalnika OCE



Vir: Lastne meritve v Gorenju d.d., program Mekom, obrat Rogatec, 2010.

Izračunana povprečna vrednost parametra OCE je enaka 1,142945, kar pomeni da so dejanski stroški na enoto proizvoda v povprečju za dobrih 14% višji od potencialno najnižjih stroškov na enoto proizvoda. Razmerje med stroškovno in tehnično neučinkovitostjo je torej podproporcionalno. To pomeni, da se bo stroškovna neučinkovitost povečala za manj kot odstotno točko, če se bo tehnična neučinkovitost povečala za odstotno točko.



## 7 SKLEP

V diplomskem delu sem obravnavala tehnično in stroškovno učinkovitost linije za razrez cevi kondenzatorja v podjetju Gorenje d.d., obrat Mekom Rogatec. Podjetje do sedaj ni imelo na voljo podobnih podatkov za to linijo, zato se mi je zdelo smiselno le te pripraviti v okviru diplomske naloge in tako skozi teoretično znanje ustvariti nalogo, ki ima tudi praktično vrednost. Namen naloge je ocena razpoložljivosti, zmogljivosti, kakovosti ter na podlagi teh podatkov izračun kazalnika OEE, ki meri raven tehnične učinkovitosti ter kazalnik OCE, ki omogoča konverzijo kazalnika tehnične učinkovitosti v merjenje stroškovne učinkovitosti. Diplomsko delo je sestavljeno iz treh smiselnih sklopov. V prvem sklopu so predstavljeni ključni teoretični koncepti o proizvodni in stroškovni funkciji, kjer sem spoznala zaledje mikroekonomske teorije proizvodnih in stroškovnih funkcij. Drugi empirični sklop temelji na analitičnih metodah ocenjevanja in izračunavanja parametrov produktivnosti, tehnične in stroškovne učinkovitosti na podlagi zbranih podatkov za izbrano linijo. V tem sklopu sem izvedla šest raziskovalnih korakov merjenja tehnične in stroškovne učinkovitosti. V tretjem sklopu diplomske naloge pa sem z uporabo deskriptivnih metod uresničila sintezo ključnih sklepov teoretičnega in empiričnega dela naloge, ki je podala ključne rezultate učinkovitosti linije v številkah.

Narejeni izračuni so pokazali, da dejanski čas razpoložljivosti linije obsega skoraj 90% potencialnega časa razpoložljivosti, kar pomeni, da zastoji na liniji (menjava tipa, zamotan kolut ipd.) povzročijo 10% zmanjšanje razpoložljivosti. Boljša organizacija in hitrejše posredovanje bi lahko to številko še zmanjšalo. Parameter zmogljivosti je bil nekoliko nižji. Dejanska hitrost delovanja linije v povprečju dosega skoraj 82% njene potencialne hitrosti. Na ta rezultat vpliva določena norma, število dobrih kosov (slabih kosov za to linijo ni) ter trajanje procesa proizvodnje. Glede na 18% odstopanje sklepam, da je potrebno preučiti realnost postavljene norme upoštevajoč podatek o številu dobrih kosov in času trajanja procesa proizvodnje. Na proizvodni liniji za razrez cevi kondenzatorja ni slabih kosov, zato je v obsegu celotne proizvodnje 100% izdelkov uporabnih in parameter kakovosti znaša 1, kar kaže na odlično kakovost linije. Končna raven tehnične učinkovitosti znaša skoraj 75%. Rezultat je produkt parametrov razpoložljivosti, zmogljivosti in kakovosti, morebitno povečanje ravni torej kaže na potrebne spremembe teh parametrov. Merjenje stroškovne učinkovitosti pa je doprineslo podatek, da so dejanski stroški na enoto proizvoda za več kot 14% večji od potencialno najnižjih stroškov na enoto proizvoda, kar zmanjšuje možen dobiček podjetja.

Diplomsko delo tako predstavlja zaokroženo teoretično in empirično analizo o tehnični in stroškovni učinkovitosti. Dobljeni rezultati pa ponujajo dobro izhodišče za njihovo aplikacijo v odločanje managementa tega podjetja.



## LITERATURA

- Bergin, James. 2005. *Microeconomic Theory*. Oxford: University Press.
- Busi, Marco in Bititci Umit S. 2006. *Collaborative Performance Management: Present Paps and Future Research*. International Journal of Productivity & Performance Management. Vol. 55, nr. 1, pp. 7-19.
- Chen, Liang-Hsuan in Liaw Shu-Yi. 2006. *Measuring performance via production management: a Pattern Analysis*. International Journal of Productivity & Performance Management. Vol. 55, nr. 1, pp. 79-89.
- Davis, R. K. 1995. *Productivity Improvements Trough TPM*. Prentice Hall.
- De Toni, Alberto, Nassimbeni Guido in Tonchia Stefano. 1997. *An integrated production performance measurement system*. Industrial Management & Data Systems. Vol. 97, nr. 5, pp. 180-186.
- Eskildsen, Jacob K. in Kristensen Kai. 2006. *Enhancing importance-performance analysis*. International Journal of Productivity & Performance Management. Vol.55, nr. 1, pp. 40-60.
- Ferko, Robert. 2009. *Management produktivnosti in tehnično-operativno odločanje v organizaciji. Doktorska disertacija*. Koper: Fakulteta za management Koper.
- Gomes, Carlos F., Yasin Mahmoud M. in Lisboa J.V. 2007. *An empirical investigation of manufacturing performance measures utilization: The perspective of executives and financial analysts*. International Journal of Productivity & Performance Management. Vol. 56, Nr. 3, pp. 187-204.
- Grifell-Tatje, E. and Lovell C.A.K. 2000. *Costs and Productivity*. Managerial & Decision Economics. Vol. 21, Nr. 1, pp. 19-30.
- Martin, Stephen. 2005. *Industrial Organization. A European Perspective*. Oxford: University Press.
- McKenzie, Richard B. in Dwight R. Lee. 2006. *Microeconomics for MBAs*. Cambridge: University Press.
- Nicholson, Walter. 1994. *Intermediate Microeconomicd and Its Application*. Forth Worth: Dryden Press.
- Nourayi, Mahmoud M. 1996. *Performance evaluation and measurement issues*. *Journal of Managerial Issues*. Vol. 8, nr. 2, pp. 206-218.
- Novak, Matjaž in Egon Žižmond. 2010. OCE – Overall Cost Efficiency. *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis* – v postopku objave.
- Novak, Matjaž. 2007. *Učinkovito upravljanje produktivnosti kot sinergija med teoretičnim znanjem in potrebami v praksi*. V Cimosov forum, Orbanić Petar ur. Koper: Cimos, str. 444-450.

Singh, Harinder, Motwani Jaideep in Kumar Ashok. 2000. *A review analysis of the state of the art research on productivity measurement*. Industrial Manag. & Data System. Vol. 100, nr. 5, pp. 234-241.

Žižmond, Egon, Primož Dolenc, Aleš Delakorda in Matjaž Novak. 2005. *Uvod v ekonomijo*. Koper: Fakulteta za management Koper.

## **VIRI**

Interni viri podjetja Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec.

Letna poročila podjetja Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec.

Poročilo proizvodnje podjetja Gorenje d.d., program Mekom, obrat Rogatec.