

### Recycled fibre pulp

In a second set of experiments the recycled fibre pulp was treated with ultrasound under varying different parameters of the ultrasound system (e.g. specific energy consumption, amplitude, static pressure) and the pulp (e.g. stock consistency, flow velocity, temperature). The comparison between the conventional refining and the ultrasound treatment is shown in (Figure 8 and Figure 9).

The ultrasound treatment with amplitude of 10 µm und a net specific energy consumption of 25 kWh/t improves the strength potential of the recycled fibre pulp by 14 %. The drainage resistance rises by 4 Schopper Riegler. A similar increase in strength with the refiner requires a net SEC of 50 kWh/t. The drainage resistance increases after refining up to 13 Schopper Riegler – significantly more than after ultrasound treatment.

This means that the use of ultrasound treatment provides an opportunity to raise the strength potential of recycled fibre

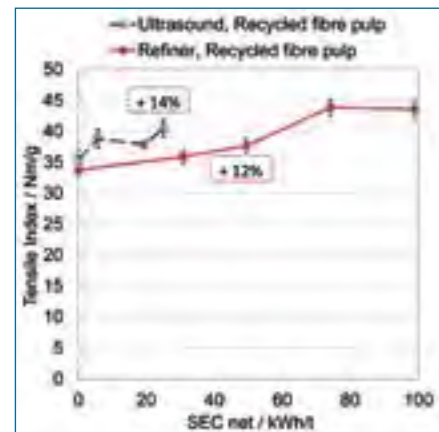


Figure 8: Development of tensile strength (Rapid-Köthen sheets) of a recycled pulp as a function of SEC for refining (pilot plant refiner) and ultrasound treatment

Slika 8: Vpliv mletja recikliranih vlaken na pilotnem rafineriji in pri obdelavi z ultrazvokom, na spremembo utrjne jakosti laboratorijskih vzorcev papirja (Rapid-Köthen).

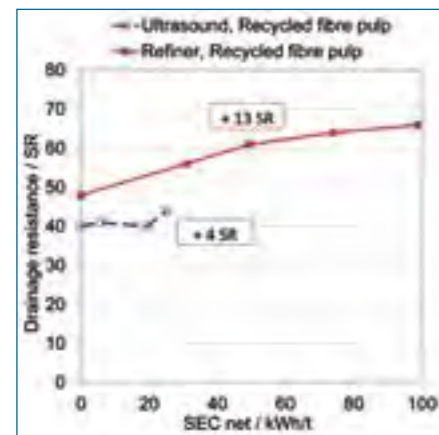


Figure 9: Development of drainage resistance (Schopper Riegler) of a recycled pulp as a function of SEC for refining (pilot plant refiner) and ultrasound treatment

Slika 9: Vpliv mletja recikliranih vlaken na pilotnem rafineriji in pri obdelavi z ultrazvokom, na spremembo sposobnosti odvodnjavanja (Schopper Riegler).

pulps with only limited increase in drainage resistance and thus only a limited impact on the speed of the paper machine.

The recovered paper contains not only fibre and fines but also inorganic particles as calcium carbonate or kaolin. These minerals are partially washed out during the sheet forming process. The minerals impair the fibre bonding within the paper and decrease therefore the strength of the paper. A change (decrease) of the particle size distribution of the minerals as a result of the ultrasound treatment could increase the washout and therefore increase the strength of the paper. The mineral share (ash content 525 °C) in the sheets without and with ultrasound treatment is in the same range (11,1 % – 11,3 %). The increase of strength in the paper after ultrasound treatment is therefore caused mainly by the change of fibre morphology.

### 4 CONCLUSIONS

The results show that treating virgin pulp with ultrasound (at least with the experimental set-up used) results in a smaller increase in strength potential in comparison to treating the same pulp in refiners. By contrast, the ultrasound treatment of recycled fibre pulps increases the strength potential of this pulp in the same way as the refining in disc refiners but with a smaller increase in drainage resistance.

The use of ultrasound treatment in stock preparation, therefore, would allow to increase the strength potential of the pulp without excessive damage to the fibres. This would translate in better paper quality and might also extend the life span by a greater number of recycling cycles, and therefore better use of the recycled fibres potential.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The presented results were achieved through national and international co-operation in a CORNET research project (IGF 28 EBG). This included the national funding of the research association PTS within the programme of promoting "pre-competitive joint research (IGF)" by the German Federal Ministry of Economics and Technology BMWi based on a decision of the German Bundestag and carried out under the umbrella of the German Federation of Industrial Co-operative Research Associations (AiF) in Cologne.

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. Tobias Brenner, E Mail: tobias.brenner@tu-dresden.de

<sup>2</sup> Prof. Dr. Harald Großmann, E Mail: harald.grossmann@tu-dresden.de  
3 Sudipta Kumar MITRA E Mail: sudiptakumarmitra@gmail.com

<sup>1,2</sup> Institute of Wood- and Paper Technology, Professorship of Paper Technology, TU Dresden, Marschnerstrasse. 39, 01307 Dresden, Germany

<sup>3</sup> Department of Paper Technology, Indian Institute of Technology, Roorkee, India, DAAD IIT Master Sandwich Scholarship

[1] NAZHAD, M., PASZNER, L. Fundamentals of strength loss in recycled paper. Tappi Journal. Vol. 77, 9, pp. 171–179.

[2] SOMWANG, K., ENOMAE, T., ONABE, F. Effect of Fiber Hornification in Recycling on Bonding Potential at Interfiber Crossings: Confocal Laser-scanning Microscopy (CLSM). Japan Tappi Journal. 2002, Vol. 56, 2, pp. 239–245.

[3] PREGETTER, M., STARK, H. Gedanken zur Verbesserung der Faserstoffmahlung. Wochenblatt für Papierfabrikation. 1999, 17, pp. 1092–1099.

[4] GEISTBECK, M., WEIG, X. Die Verwendung von Altpapier und dessen Grenzen. Das Papier, IPW, Science and Technology. 2007, 3, pp. T20–T24.

[5] ORTNER, G. Die Fortentwicklung der Mahlung für Kurzfasern- und Altpapierstoffe. Wochenblatt für Papierfabrikation. 2007, 5, pp. 200–204.

[6] CRONEY, C., OULLET, D., KEREKES, R.J. Characterizing refining intensity for tensile strength development. [ed.] Pira International. Science & Technical Advances in Refining, Conference. 1999.

[7] BAKER, C.F. Mahlung von Sekundärfasern. [ed.] Pira International. Scientific & Technical Advances in Refining. Conference. 1999.

[8] DEKKER, J. How many fibres do 'see' the Refiner? PIRA Refining Conference, Barcelona. 2005.

[9] NAUJOCK, H.-J. Neue Aspekte der Mahlungstheorie (Fortsetzung aus WfP 08/01, S. 498–505). Wochenblatt für Papierfabrikation. 2001, 9, pp. 590–592.

[10] SEPKE, P.-W., SCHNEIDER, O. Neue Erkenntnisse aus dem Versuch über die Mahlung von Altpapierstoff für Verpackungen. Wochenblatt für Papierfabrikation. 133, 2005, Vols. 1–2, pp. 20–24.

[11] HOLIK, H. Unit operations and equipment in recycled fiber processing. [book auth.] L., Pakarinen, H. Götttsching. Papermaking Science and Technology, Book 7 „Recycled Fiber and Deinking“. Helsinki, Finland: Fapet Oy, 2000.

[12] DEFOE, R.J., DEMLER, C.L. Some Typical Considerations for Secondary Fiber Refining. Progress in Paper Recycling. November 1992, pp. 31–36.

[13] LAINE, J.E., GORING, D.A.I. Influence of Ultrasonic Irradiation on the Properties of Cellulosic Fibres. Cellulose Chem. Technol. 1977, Vol. 11, 5, pp. 561–567.

[14] MANNING, A., THOMPSON, R. The Influence of Ultrasound on Virgin Paper Fibres. Progress in Paper Recycling. 2002, Vol. 11, 4, pp. 6–12.

[15] TURAI, L.L., TENG, C.-H. Ultrasonic deinking of waste paper. Tappi Journal. 1978, Vol. 61, 2, pp. 31–34.

[16] PONIATOWSKI, S.E., WALKINSHAW, J.W. Ultrasonic Processing of Hardwood Fiber. TAPPI Practical Papermaking Conference May 22–26. 2005.

[17] SUSLICK, K.S., MDLELENI, M.M., RIES, J.T. Chemistry Induced by Hydrodynamic Cavitation. J. Am. Chem. Soc. 1997, Vol. 119, pp. 9303–9304.

[18] AKHATOV, I., VAKHITOVA, N., TOPOLNIKOV, A., ZAKIROV, K., WOLFRUM, B., KURZ, T., METTIN, R., LAUTERBORN, W. Dynamics of laser-induced cavitation bubbles. Experimental Thermal and Fluid Science. 2002, Vol. 26, pp. 731–737.

[19] NEPPIRAS, E.A. Acoustic cavitation thresholds and cyclic processes. Ultrason. 1980, Vol. 9, pp. 201–209.

[20] LAUTERBORN, W., OHL, C.D. Cavitation bubble dynamics. Ultrason. Sonochem. 1997, Vol. 4, pp. 65–75.

[21] EARNSHAW, R.G., APPELYARD, J., HURST, R.M. Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat ultrasound and pressure. Int. J. Food Microb. 1995, Vol. 28, pp. 197–219.

# SKUPNA UČINKOVITOST OPREME KOT MERILO ZA USPEŠNOST V PREDELOVALNI INDUSTRIJI

## OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS AS A MEASURE OF SUCCESSFUL IN MANUFACTURING INDUSTRY

Mirko HORVAT<sup>1</sup>

### IZVLEČEK

V prispevku podajamo teoretično zasnovo merjenja skupne učinkovitosti opreme (OEE), ki je v metodološkem okviru celovitega produktivnega vzdrževanja (TPM) v segmentu predelovalne industrije lahko osrednja podpora za izboljšanje izkoriščenosti opreme. V nadaljevanju obravnavamo tehnično in stroškovno funkcijo, iz katere je izpeljana zveza med tehnično in stroškovno (ne)učinkovitostjo. Prispevek zaključujemo z rezultati aplikativne raziskave na konkretnem primeru predelave higienskih papirjev.

Ključne besede: celovito produktivno vzdrževanje (TPM), skupna učinkovitost opreme (OEE)

### ABSTRACT

In the article, the theoretical concept of measuring the overall equipment effectiveness (OEE) is presented, which can be the main support for the equipment usage improvement in the methodological extent of the total productive maintenance (TPM) in the segment of manufacturing industry. Further on, we discuss the technical and expense function, from which the connection between the technical and expense (un)effectiveness is derived. The article is concluded with the results of applicative research on a concrete example of hygienic papers processing.

Key words: total productive maintenance (TPM), overall equipment effectiveness (OEE)

### 1 UVOD

V času globalizacije je učinkovitost proizvodnje ključnega pomena za obstoj podjetja na trgu. Konkurenčne razmere silijo podjetja v nenehno izboljševanje svojih izdelkov in procesov (Kumar Sharma 2006, 256–257). V delovno intenzivnih panogah, med katere sodi tudi proizvodnja in predelava higienskega papirja, je zaradi racionalizacije in avtomatizacije procesov pritisk konkurence toliko večji (Haas, 2009, 2–3). Za izboljšanje učinkovitosti proizvodnje se je v preteklosti razvilo veliko metod, postopkov in orodij, ki postajajo z implementacijo novejših informacijskih tehnologij čedalje bolj popolna in nepogrešljiva. Različne inovativne tehnologije in načini upravljanja, kot so Celovito produktivno vzdrževanje (TPM), Skupno upravljanje kakovosti (TQM), Prenova poslovnih procesov (BPR), Upravljanje z viri proizvodnje (MRP), načrtovanje virov podjetja (ERP), Management zalog (JIT) itd., postajajo čedalje bolj priljubljene v poslovanju podjetij (Ljungberg 1998, 495–497; Jonsson in Lesshammar 1999, 55–60). Izkušnje so pokazale, da je najboljši način reševanje tvorstne problematike sistematični pristop z integracijo

najprimernejših menedžerskih zasnov (Pomorski 2004, 15–66).

### 2 ZASNOVA ZA DOSEGANJE UČINKOVITEJŠE PROIZVODNJE

V prispevku obravnavamo zasnovo in pristop za doseganje učinkovitejše proizvodnje, ki temelji na širokem metodološkem okviru TPM (Total Productive Maintenance) ter OEE (Overall Equipment Effectiveness). Z implementacijo dosežemo boljše vključevanje operaterjev, urejeno in čisto delovno okolje, izboljšane pogoje za upravljanje in vzdrževanje strojev, daljšo življenjsko dobo delovnih sredstev in višjo produktivnost (Pomorski 2004, 19–97).

#### 2.1 Celovito produktivno vzdrževanje (TPM)

Vpeljava TPM v proizvodnjo pomeni dosleden in sistematičen način spremljanja delovnih procesov, s ciljem revitalizacije in konsolidacije proizvodnih procesov, ter spiralo nenehnega izboljševanja v zasledovanju končnega cilja, to je maksimiranje dobička. Pripadajoča analitična orodja omogočajo

strokovno presojo in vrednotenje rezultatov ter učinkovito ukrepanje. V praksi se izkaže, da na videz nepomembni dejavniki ali dogodki pomenijo relativno pomemben delež (ne)učinkovitosti proizvodnega procesa. Temeljna zasnova celovitega produktivnega vzdrževanja podaja pet glavnih ciljev:

- ▶ nenehno izboljševanje učinkovitosti opreme (strukturiran pristop),
- ▶ razvijanje sistema produktivnega vzdrževanja skozi ves življenjski cikel opreme (izboljševanje zmogljivosti in učinkovitosti vzdrževanja),
- ▶ vključitev posluževalcev strojev v operativno vzdrževanje (avtonomno vzdrževanje),
- ▶ aktivna vključitev vseh zaposlenih (izboljševanje na temelju timskega dela),
- ▶ promocija TPM skozi motivacijski menedžment v celotni hierarhiji organizacije.

V metodologiji TPM je prepoznanih 16 izgub, ki so kategorizirane v osem glavnih izgub na opremi, pet v delovni sili in treh materialnih virih. Vsebinsko so izgube strukturirane tako, da jih zaposleni kar

najpreprosteje prepoznajo, se o njih sporazumejo s preostalimi sodelujočimi in iščejo priložnosti za izboljšanje. Z globalno širitvijo in vsesplošno uporabnostjo in referencami v številnih panogah in industrijah se je razvijala tudi osnovna zasnova TPM. Modificirana zasnova TPM 2, razširjena z vodenjem nove opreme, obravnavo administracije ter ravnanjem z okoljem in varnosti in zdravjem pri delu (Lazim in ostali 2008, 239–244):

- ▶ povečanje skupne učinkovitosti opreme,
- ▶ izobraževanje in usposabljanje,
- ▶ avtonomno vzdrževanje,
- ▶ menedžment zgodnjega odkrivanja napak,
- ▶ načrtovano vzdrževanje,
- ▶ menedžment kakovosti proizvodnje,
- ▶ racionalizacija administrativnega dela,
- ▶ varovanje okolja ter varnost in zdravje pri delu.

Aktivnosti TPM so v osnovni zasnovi opredeljene kot stebri (Pomorski, 2004), ki pomenijo celovito zasnovo upravljanja kosovne proizvodnje in procesov, s ciljem nenehnega izboljševanja učinkovitosti opreme in dviga kakovosti v procesih (Pramod in ostali 2008, 84–93).

## 2.2 Povezava med tehnično in stroškovno (ne)učinkovitostjo

Proizvodna funkcija je definirana kot tehnična zveza med obsegom proizvodnje in obsegom porabljenih proizvodnih dejavnikov (Žižmond 2005, 15). Zveza med maksimalnim proizvodom (Q), vloženim kapitalom (K) in delom (L) matematično zapišemo:  $Q = f(K, L)$ . Tehnična učinkovitost se nanaša na proces proizvodnje, kjer porabljamo najmanjšo dosegljivo količino inputov, da proizvedemo maksimalno količino outputov. Za spremljanje učinkovitosti se v operativnem menedžmentu uporablja

ključni proizvodni indikator (KPI), definiran kot OEE, ki meri skupno učinkovitost proizvodne opreme. OEE je zmnožek treh parametrov obravnavane opreme: zmogljivosti, razpoložljivosti in kakovosti.

Skupna učinkovitost opreme (OEE)

Skupna učinkovitost opreme je splošno sprejet standard in aplikativno orodje znotraj metodološkega okvira TPM (Pomorski 2004, 76–81).

Osnovna zasnova temelji na preprostih kazalcih ključnih vzrokov za premalo izkoriščeno opremo v proizvodnji, katere je strnil v šest največjih in najpogostejših izgub (Nakajima 1988), kot prikazuje slika 1:

1. zastoji zaradi priprav, predelav, nastavitvev in prilagoditve stroja,
2. zastoji zaradi okvar in napak, kjer morajo posredovati specializirani vzdrževalci,
3. manjši zastoji, ki jih odpravijo operaterji stroja,
4. delovanje stroja z nižjo hitrostjo od nazivne,
5. izmet in neuporabni izdelki ob poskusnem delovanju opreme in zagonih stroja,
6. odpadki in izmet v času redne proizvodnje.

OEE na osnovi treh parcialnih kazalnikov podaja stopnjo, v kateri se nahaja proizvodni proces oziroma predelovalna linija. Izračunavamo ga tako, da množimo parcialne kazalnike, ki so podani v deležih ali odstotkih:  $OEE = RAZPOLOŽLJIVOST \times ZMOGLJIVOST \times KAKOVOST$

Pri čemer je:

- ▶ **RAZPOLOŽLJIVOST** je opredeljena kot razmerje med časom, ko je proizvodna linija na voljo in časom, ko dejansko obratuje. Z razpoložljivostjo merimo

vpliv nenačrtovanih zastojev na učinkovitost opreme;

- ▶ **ZMOGLJIVOST** je razmerje med dejanskim številom enot in idealnim številom enot outputa. Z njim merimo vpliv zmanjšanja teoretične zmogljivosti opreme na njeno skupno učinkovitost;
- ▶ **KAKOVOST** je opredeljena z razmerjem med uporabnimi in vsemi proizvedenimi izdelki. Izračunavamo jo kot razmerje med številom dobrih izdelkov in številom vseh izdelkov.

Izračunana vrednost OEE poda oceno učinkovitosti proizvodnje ali procesa, vendar ne poda informacije o razlogih za takšen rezultat. Merila in pristopi so specifični glede na avtorje in panoge (Badiger 2008, 237–246).

### Stroškovna funkcija in stroškovna neučinkovitosti

Drug način obravnave proizvodnega procesa pa je preko proizvodnih stroškov, ki so po definiciji opredeljeni kot v denarju izraženi potroški proizvodnih dejavnikov in jih lahko razdelimo na fiksne in variabilne s troške. Med proizvodnimi in stroškovnimi funkcijami pa obstaja sistematična povezanost. Ta inverzna povezava je v mikroekonomski teoriji najpogosteje predstavljena s padanjem mejne produktivnosti ob naraščanju mejnih stroškov (Novak 2007, 444–450). Za analizo proizvodne linije z danimi proizvodnimi zmogljivostmi pa je bolj pomembno merjenje povprečnih stroškov in stroškovne učinkovitosti, s čimer merimo odstopanje dejanskih stroškov na enoto proizvoda glede na potencialno najnižje stroške na enoto proizvoda.

Korelacija kazalnika OEE z drugimi poslovnimi kazalniki v podjetju predstavlja za management močno orodje (Badiger, 2008, str. 242). Povezava med tehnično učinkovitostjo opreme (OEE), dejansko proizvedeno

Preglednica 1: Ocena parametrov regresijskih modelov za spremenljivki  $AC/AC_t$  in  $OEE_t$  in  $OEE_t$  in  $OEE_t$ .  
Table 1: Estimate of the parameters of regression models for the variables  $AC/AC_t$  in  $OEE_t$  and  $OEE_t$  in  $OEE_t$ .

Equation	Model Summary				Parameter Estimates		
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1
Linear	,636	103,067	1	59	,000	1,263	-,407
Logarithmic	,672	120,927	1	59	,000	,931	-,183
Inverse	,700	137,391	1	59	,000	,898	,080
Power	,675	122,567	1	59	,000	,942	-,167
S	,701	138,183	1	59	,000	-,090	,073
Exponential	,640	105,043	1	59	,000	1,276	-,372

količino ( $Q_d$ ) in teoretično možno proizvodnjo ( $Q_t$ ) je podana z izrazom (Huang in drugi 2003, 516):

$$OEE = \frac{\text{Dejansko proizvedena količina}}{\text{Teoretično možna proizvodnja}} = \frac{Q_d}{Q_t}$$

Kjer je  $Q_t$  teoretična možna proizvodnja, ki jo izračunamo tako, da množimo čas, ko je bila linija na voljo za proizvodnjo, z njeno nazivno hitrostjo, ki jo je podal proizvajalec.

Izračunamo jo lahko tudi na osnovi gornje povezave:

$$Q_t = \frac{Q_d}{OEE}$$

Za povezavo med proizvodno in stroškovno funkcijo vpeljemo pojem teoretičnih povprečnih stroškov, ki

nam pove, za koliko bi bila proizvodnja stroškovno učinkovitejša, če bi se odvijala s polno izkoriščenostjo vseh proizvodnih dejavnikov. Kot merilo za stroškovno učinkovitost smo uporabili razmerje med dejanskimi in teoretičnimi stroški. Največja stroškovna učinkovitost bi bila

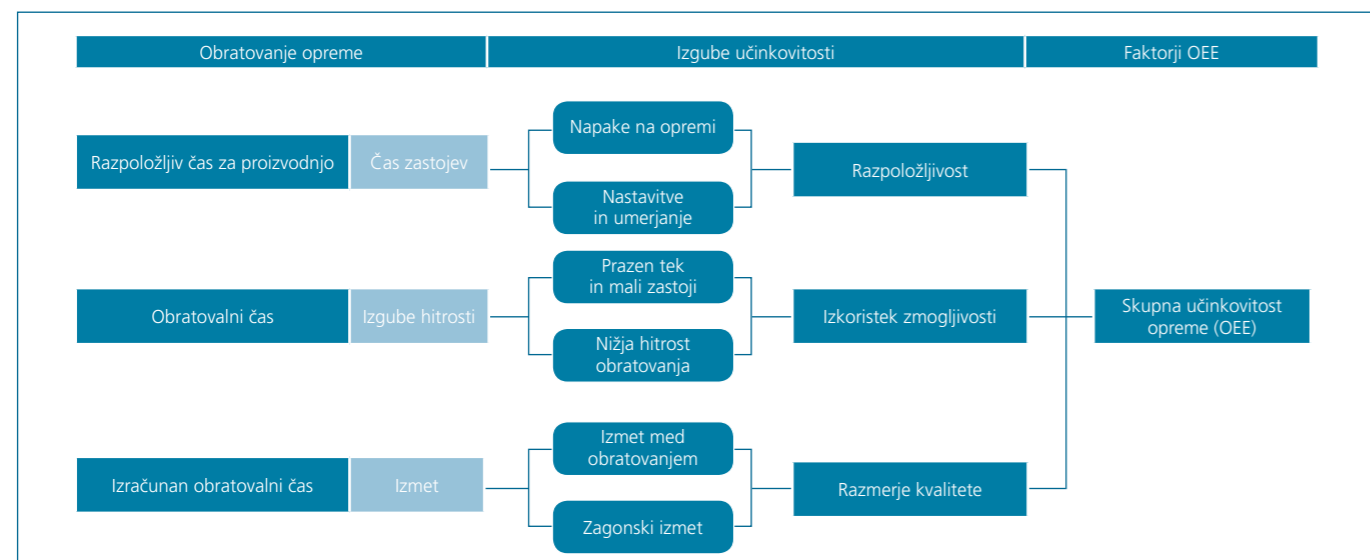
$$\text{pri razmerju } \frac{AC_d}{AC_t}$$

kar pomeni, da bi bili dejanski stroški enaki teoretičnim. Ker je dejanska količina proizvodnje ( $Q_d$ ) vedno manjša od teoretične ( $Q_t$ ), so dejanski stroški vedno večji od teoretičnih, kar pomeni, da je uporaba proizvodnih dejavnikov oziroma izkoriščeno opremo vedno nižja od optimalne.

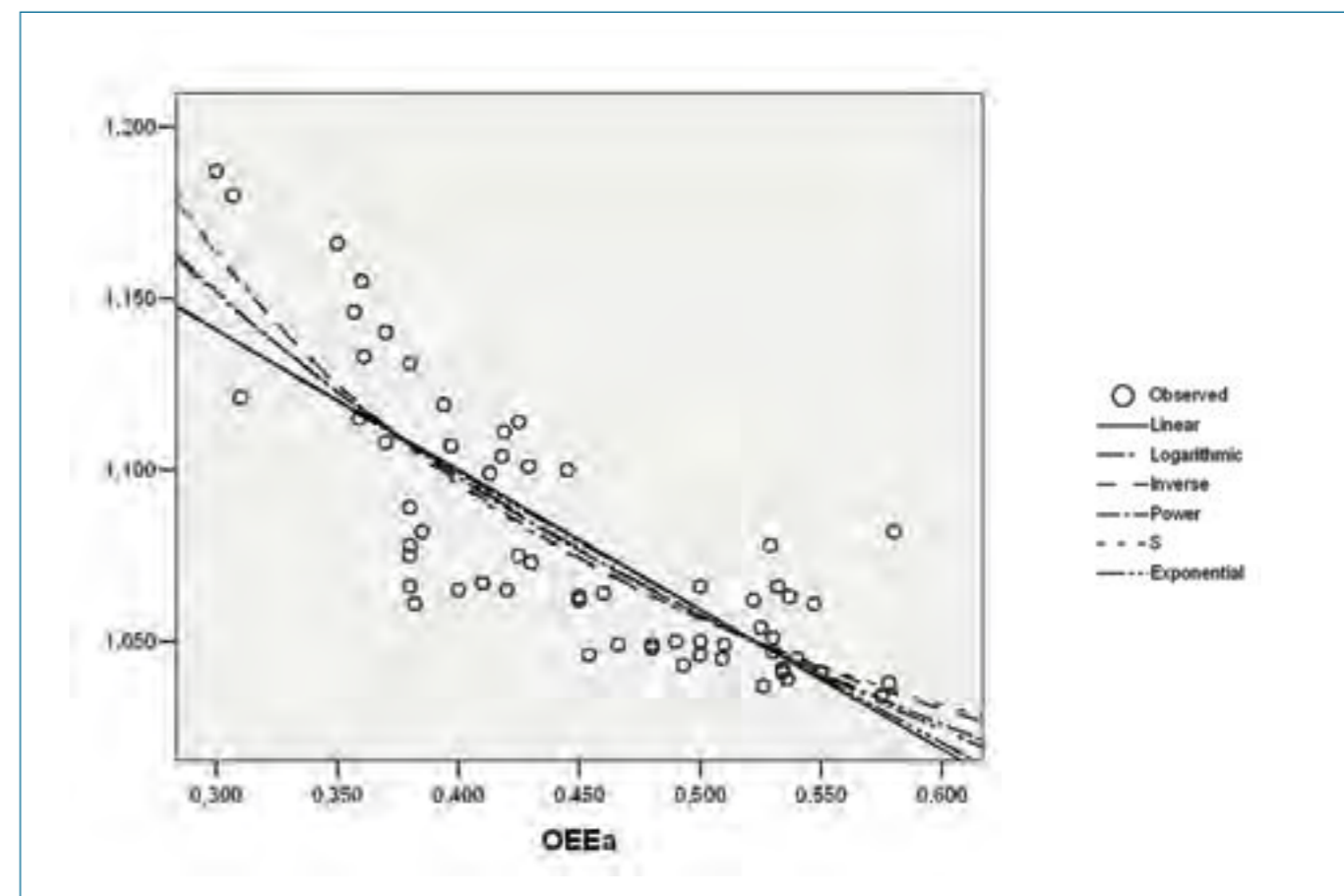
## 3 ŠTUDIJA PRIMERA

Raziskava temelji na proučevanju dveh spremenljivk in njune medsebojne povezanosti. OEE je neodvisna spremenljivka, razmerje  $AC_d/AC_t$  pa odvisna spremenljivka. Povezavo smo ocenili z razsevnim diagramom, ki poda vizualno oceno korelacije in morebitne funkcijske odvisnosti med spremenljivkama (slika 2). Če želimo povezanost med spremenljivkama izraziti s pomočjo matematične funkcije, moramo definirati robne pogoje. Neodvisna spremenljivka OEE se nahaja na intervalu med 0 in 1. Če OEE zavzema vrednost 0, pomeni, da proizvodna stoji ali pa teče s 100-odstotnim izmetom. Ker je v praksi to nesmisel, mora OEE zavzemati vrednosti, ki so >0. Zgornja (teoretična) meja vrednosti OEE je 1, kar pomeni, da deluje linija s 100-odstotno izkoriščenostjo. Odvisna spremenljivka  $AC_d/AC_t$  se mora nahajati na intervalu od 1 do  $\infty$ . Najmanjša vrednost lahko zavzame vrednost 1, kar pomeni, da so dejanski povprečni stroški (AC) enaki teoretičnim povprečnim stroškom ( $AC_t$ ). Funkcija  $f(x)$  ima limit, ko gre  $x$  proti 0,  $\lim_{x \rightarrow 0} f(x)$ . Iskana funkcija mora ustrezati naslednjim pogojem:

- ▶ funkcijska vrednost  $f(x_0)$  pri  $x_0 = 1$ , mora biti 1,
- ▶ funkcijska vrednost  $f(x_1)$  pri  $x_1 = 0$ , mora biti  $\infty$ ,
- ▶ konstanta funkcije  $b_0$  mora biti 0,
- ▶ krivulja funkcije mora biti padajoča.



Slika 1: Model skupne učinkovitosti opreme, OEE (Nakajima 1988)  
Figure 1: Schematic model of overall equipment effectiveness (OEE)



Slika 2: Grafična predstavitev funkcijskih odvisnosti  $AC/AC_t$  in  $OEE_t$   
Figure 2: Graphical representation of the functional dependence of  $AC/AC_t$  in  $OEE_t$

S statističnim programskim orodjem SPSS smo ocenili rezultate analize proizvodnje obravnavane linije v obdobju, ko je na njej potekala proizvodnja izdelka, ki predstavlja največjo količino v asortimentu na letni ravni. Na sliki 2 so obravnavane funkcije prikazane tudi grafično. Glede na parametre, ki so predstavljeni v preglednici 1, izberemo potenčni model, saj ima izmed matematičnih modelov, ki ustrezajo pogojem, najvišjo pojasnjevalno moč. Pojasnjevalno moč modela ocenjujemo s pomočjo determinacijskega koeficienta ( $R^2$ ), s čimer lahko pojasnimo 67,5 % variance odvisne spremenljivke. Pojasnjevalna spremenljivka je statistično značilna, saj je njena stopnja značilnosti ( $\text{Sig.}$ , tabela 1)  $< 0,05$ . Iz determinacijskega koeficienta modela funkcije S-krivulje, ki je kot edini najbližji zadostil zastavljenim pogojem, sicer razberemo še večjo pojasnjevalno moč (70,1 %), vendar smo pri ocenjevanju modelov ugotovili, da eksaktno ne ustreza postavljenim pogojem. Na osnovi predstavljenega lahko povezavo med tehnično in stroškovno učinkovitostjo izrazimo z matematičnim modelom:

$$\frac{AC_d}{AC_t} = OEE^{0,167}$$

#### 4 ZAKLJUČKI

V prispevku smo predstavili metodologijo TPM, kot eno izmed možnih menedžerskih pristopov za obvladovanje učinkovitosti procesov v predelovalni industriji. Kot osnovno orodje za merjenje tehnične učinkovitosti je podana zasnova OEE. Z vpeljavo povezanosti med proizvodno in stroškovno funkcijo smo na konkretnem primeru prikazali povezanost med tehnično in stroškovno (ne)učinkovitostjo.

Prikazan primer temelji na tehnični učinkovitost posameznega segmenta strojne opreme. V realnih razmerah pa imamo vedno opraviti z zapletenejšimi sistemi. Osnovna zasnova merjenja OEE (Nakajima 1988) je zgolj metodološka podlaga za merjenje tehnične učinkovitosti. V konkretnih primerih pa se vedno soočimo s kompleksnejšimi konfiguracijami. Posamezen stroj v kosovni proizvodni redko nastopa kot samostojna enota. Praviloma imamo opravka s povezanimi enotami, ki sestavljajo proizvodno linijo, le-te pa proizvodni obrat ali tovarno (Anantharaman 2006, 991). Različni avtorji so v preteklih desetletjih podali kar nekaj rešitev za celovito obravnavo proizvodne opreme. Braglia (2007, 8–29) ugotavlja, da merjenje učinkovitosti posameznega segmenta linije, ko stroji delujejo skupaj, za ugotavljanje učinkovitosti linije kot celote nikakor ni dovolj. Na osnovi merjenja skupne učinkovitosti posameznih gradnikov, vrednotenja dosežene kakovosti in

medsebojne usklajenosti ugotavlja ozka grla. Vendar tudi tu avtor opozarja na omejitve, ki se kažejo kot kopičenje medfaznih zalog, ki jih je treba posebej meriti in ovrednotiti.

Merjenje tehnične učinkovitosti samo po sebi ne prinaša v proizvodnjo nobenih implikacij. Izboljšanje tehnične in posledično stroškovne učinkovitosti je možno le s celovitim pristopom vrednotenja trenutnih rezultatov, analize vzrokov in aktivnostmi vseh zaposlenih za njihovo izboljšanje.

Pri raziskavi smo identificirali še eno razsežnost merjenja OEE, ki ga v referenčni literaturi nismo zasledili. Gre za medsebojni vliv posameznih strojev v liniji, ki se kaže kot napaka v izmerjeni učinkovitosti posameznega stroja ter posledično v skupni učinkovitosti linije in navaja na napačne zaključke pri odkrivanju ozkih grl. Kot rešitev predlagamo, da se medsebojni vpliv ovrednoti skozi OEE posameznega stroja tako, da se v izračunu upošteva zmanjšanje razpoložljivosti in učinkovitosti, ki jo obravnavanemu delu opreme povzročata predhodni ali naslednji del. Predlog je treba raziskati na konkretnem primeru ali s pomočjo simulacij, ga metodološko podpreti in podati ustrezen – nov parameter.

#### 5 LITERATURA IN VIRI

[1] ANANTHARAMAN, N., NACHIAPPAN R.M. 2006. Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17, No. 7, pp. 987–1008.

[2] BADIGER, A. S., GANDHINATHAN, R. 2008. A proposal: evaluation of OEE and impact of six big losses on equipment earning capacity. *Int. J. Process Management and Benchmarking*, Vol. 2, No. 3, str. 234–248.

[3] BRAGLIA, M., FROSOLINI, M., ZAMMORI, F. 2009. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): An integrated approach to assess systems performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 20, No. 1, pp. 8–29.

[4] HAAS, P. 2009. Pulp and paper process: Continues improvement. *Paper Technology Journal*, No. 4, pp. 2–3.

[5] HUANG, SAMUEL H., JOHN P. DISMUKES, J. SHI, QI SU, MOUSALAM, A. RAZZAK, Rohit Bodhale and D. Eugene ROBINSON. 2003. Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis. *INT. J. PROD. RES.*, 2003, Vol. 41, No. 3, pp. 513–527.

[6] JEONG, K-Y., PHILLIPS D. T. 2001. Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, No. 11, pp. 1404–1416.

[7] JONSSON, P., LESSHAMMAR, M. 1999. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. *International Journal of Operations & Productions Management*. Vol. 19, No. 1, pp. 55–78.

[8] KUMAR SHARMA, R., KUMAR D., KUMAR, P. 2006. Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis. *Industrial Management & Data SYSTEMS*, VOL. 106, NO. 2, PP. 256–280.

[9] LAZIM, H. M., RAMAYAH T., AHMAD NORZIEIRIANI, A. 2008. Total Productive and Performance: A Malaysian SME Experience, *International Review of Business Research Papers*, Vol 4, No. 4 Aug – Sept, pp. 237–250.

[10] LJUNGBERG, O. 1998. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18, No. 5, pp. 495–507.

[11] MISHRA, R. P., ANAND G., KODALI R. 2008. A SWOT analysis of total Productive maintenance frameworks. *Int. J. Management Practice*, Vol. 3, No. 1, pp. 51–81.

[12] NAKAJIMA, S. 1988. Introduction to TPM: total productive maintenance. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press.

[13] NOVAK, M. 2007. Učinkovito upravljanje produktivnosti kot sinergija med teoretičnim znanjem in potrebami v praksi. *Cimos forum*, Orbanic Petar. Koper: Cimos, 444–450.

[14] POMORSKI, T. R. 2004. Total Productive Maintenance (TPM) Concepts and Literature Review. *Brooks Automation*, April 30.

[15] PRAMOD, V. R., DEVADASAN S. R., JAGATHY RAJ V. P. 2008. Murugesh R. MQFD and its receptivity analysis in an Indian electronic switches manufacturing company. *Int. J. Management Practice*, Vol. 3, No. 1.

[16] REYES, J. A. G. 2005. Recognizing the potential use of simulation to determine the most effective strategy for calculating and defining the optimum value of OEE. *Colloquium of Mexican Students in the United Kingdom*, The University of Manchester, 22–23 July.

[17] ŽIŽMOND, E., DOLENC P., DELAKORDA A., NOVAK M. 2005. Uvod v ekonomijo; zapiski predavanj. Univerza na Primorskem, FM Koper.

*'mag., Mirko Horvat, Paloma sladkorska tovarna papirja, d. d. Sladki Vrh, SI\_2214 Sladki Vrh e-pošta: mirko.horvat@paloma.si*

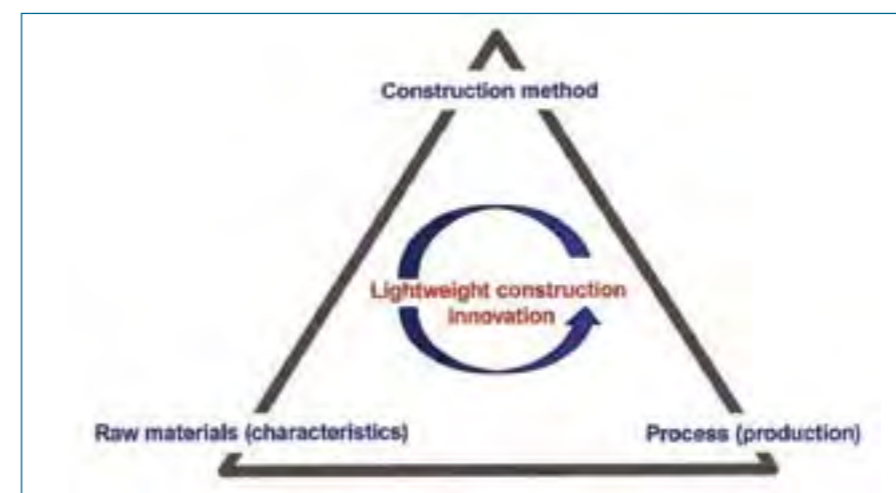
# POVZETKI IZ TUJE STROKOVNE LITERATURE

## ABSTRACTS FROM FOREIGN EXPERT LITERATURE



### Izdelava lahkih materialov – izzivi za prihodnost *Lightweight Construction – a Chance*

Professional Papermaking 10 (2013) 2: 18–21



Slika 1: Postopek zasnovanja lahkega materiala  
Fig. 3: Principle of lightweight construction

Smernice CEPI do leta 2050 predvidevajo razvoj novih tehnologij, ki se fokusirajo na izdelavo bolj funkcionalnih proizvodov. Vlakninski kompoziti za proizvodnjo papirjev z nizko gramaturo ponujajo nove možnosti v papirni industriji, ki preživlja precejšnje strukturne spremembe. Papirni sektor se mora pospešeno ozirati v prihodnost in bolj upoštevati potrebe končnih uporabnikov. To je edini način in pot za pridobivanje idej za nove proizvode. Pri tem zahtevnem in izzivov polnem procesu je nujno sodelovanje s partnerji iz tekstilne in lesno-predelovalne stroke, ki že imajo nekatere tehnološke rešitve za izdelavo lahkih materialov.

### Optimalno fiksiranje nečistoč s pomočjo aluminijevih soli *Optimization of Trash Fixation with Aluminium Salts*

Professional Papermaking 10 (2013) 2: 36–39

Fiksiranje anionskih nečistoč je zelo pomembno v procesu izdelave kartona. Zaradi visokega vnosa

recikliranih vlaken, in sicer tudi do 100 %, je učinkovito fiksiranje motečih delcev ključnega pomena za dobro

obratovnost stroja in ustrezno kakovost izdelka. Lepljive obloge na klobučevinah in vodilnih valjih povzročajo pretrge papirnega traku in zastoje v proizvodnji zaradi pogostega čiščenja, hkrati pa se poslabšuje kakovost izdelka. Aluminijeve soli se v papirni industriji uporabljajo kot procesni dodatki za fiksiranje anionskih nečistoč, finih delcev in polnil ter kot flokulanti pri čiščenju vode. Kot funkcionalni dodatki se nekatere spojine uporabljajo tudi za fiksiranje smolnega klejiva. V mokrem delu papirnega stroja se lahko odvijajo različni procesi hkrati. Mesto doziranja in količina doziranih aluminijevih ionov sta ključnega pomena za obseg fiksiranja nečistoč, finih delcev, polnil in klejiva na papirna vlakna.



Slika 2: Različne aluminijeve vrste v vodni raztopini  
Fig. 2: Different aluminium structures in aqueous solution

dr. Janja Zule,  
Inštitut za celulozo in papir Ljubljana