

## SURINKIMO PROCESO DARBO NAŠUMO IR KOKYBĖS STATISTINIS TYRIMAS

Rokas Savickas, Raimondas Šniuolis

Šiaulių Universitetas, Technologijos fakultetas

### Įvadas

Techninės inovacijos, rinkos globalizacija, visuomenės vertybių sistemos pokyčiai, naujos tiekimo ir pardavimo galimybės keičia konkurencijos pobūdį ir intensyvumą, kartu keisdamos ir gamybos organizavimą lemiančius veiksnius. Gamybos įmonių likimas priklauso nuo jų produkcijos kokybės, todėl gamybos sistemų tobulinimas turi būti orientuotas į gaminių kokybės gerinimą ir darbo našumo didinimą. Tai pasiekama integravus naujus įrenginius, tinkamai planuojant gamybos valdymą, aprūpinant darbo vietas moderniais įrankiais, gerinant darbo vietų išplanavimą ir kt., kad darbuotojas darbo vietoje jaustųsi patogiai, nevaržomai galėtų per tą patį laiką atlikti kuo daugiau operacijų ir būtų mažesnė tikimybė suklysti (Dozzi, AbouRizk, 1993).

Šiame darbe aptarta darbo našumo didinimo ir kokybės tarpusavio priklausomybė, nustatytas rezultatų ir sąnaudų, reikalingų našumui pasiekti, santykis (darbo efektyvumas), nurodomi darbo našumo didinimo ir darbo rezultatų gerinimo veiksniai ir priemonės.

**Tyrimo tikslas** – nurodyti surinkimo proceso darbo našumo ir kokybės gerinimo būdus surinkimo ceche.

**Tyrimo uždaviniai:** išskirti veiksnius, nuo kurių priklauso darbo proceso rezultatai; įvertinti surinkimo proceso darbo efektyvumą bei kokybės kontrolės gautus rezultatus.

### Surinkimo proceso našumo ir kokybės įvertinimas

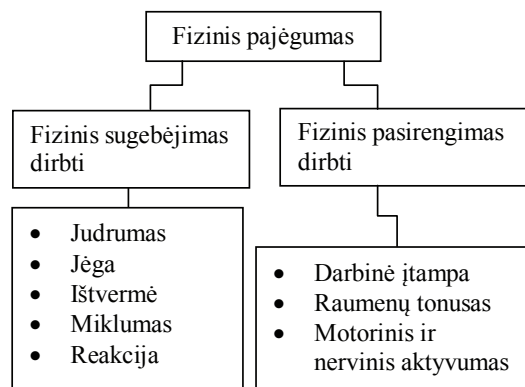
Darbo našumas įvertina darbo rezultatą įdėto darbo kiekio atžvilgiu. Darbo našumas ir darbo rezultatas sudaro tam tikrą santykį (Warner, 2002).

F.W. Taylor (1911) nurodė, kad darbas gali būti našus tik tada, kai jis organizuojamas pagal taisykles, principus ar standartus, parengtus remiantis naujausiais mokslo pasiekimais ir ilgamete darbo patirtimi. Ši teorija įgyvendinama tinkamai parinkus ir parengus darbuotojus darbui atitinkamose darbo vietose, pavedus jiems tokius darbus, kuriuos sugeba atlikti geriausiai, o vadovams tinkamai organizavus darbą; optimaliai sudarius darbo operacijas (beveik vienodo sudėtingumo); racionaliai panaudojus darbo įrankius, įrangą, mechanizmus ir medžiagas; teisingai sumokėjus už atliktą darbą ir kt.

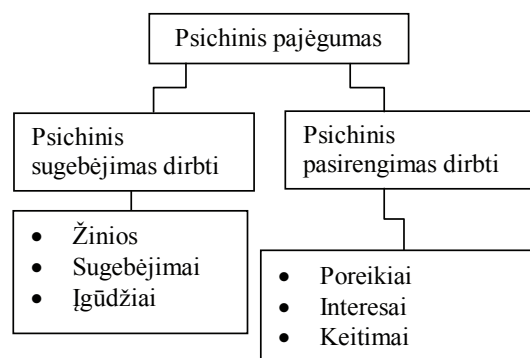
Visiškai kitaip darbo organizavimą vertino H. Emerson. Jis nurodė, kad būtina racionaliai organizuoti ne atskiro vykdytojo darbą ir net ne įmonės gamybos procesą, o kiekvieną tikslingą darbuotojo veiklą, kai garantuotas valandinio užmokesčio dydis apskaičiuojamas remiantis normuota operacijų trukme, kuri nustatoma atsižvelgiant į techninius įrenginių duomenis, darbo sąlygas ir net asmenines darbininko savybes. Jis išdėstė požiūrių sistemą į gamybos racionalizavimą, kaip priemonę prieš bet kokį

išteklių švaistymą, neekonomišką jų panaudojimą ir kt. (Harrington, 2012).

Darbo efektyvumas priklauso nuo žmogaus fizinio (1 pav.) ir psichinio pajėgumo dirbti (2 pav.), darbinės įtampos (3 pav.), motyvacijos, ergonomiškos darbo vietos ir kt. (Plenert, 2002).



1 pav. Fizinis žmogaus pajėgumas

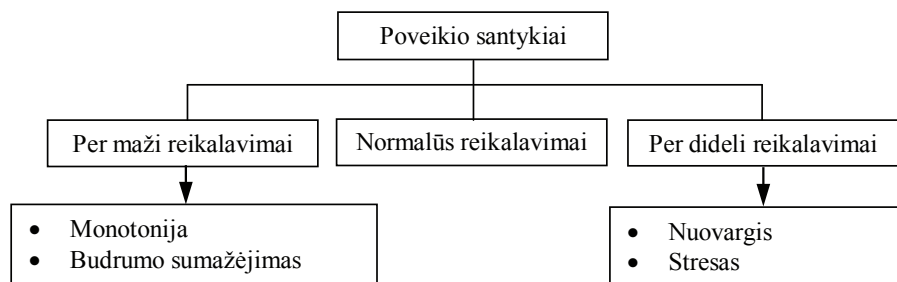


2 pav. Psichinis žmogaus pajėgumas

Dviračių surinkimo darbo vietos viena nuo kitos skiriasi, todėl svarbu, kad žmogus dirbtų tą darbą, kurį jis sugebėtų padaryti geriausiai.

Našumas ir kokybė yra susiję surinkimo proceso rodikliai, todėl būtina šiuos du prioritetus išlaikyti lygiaverčiais ir juos nuolat gerinti.

Didžiausių nuostolių įmonės patiria dėl prastos gaminių kokybės ir jų nepakankamo patikimumo (Kunstnen, 1989). Tikrinant gaminį, kiekviena tikrinama pozicija gali panaikinti arba sumažinti gamybos defektus. Tokia periodiškai pasikartojanti apžiūra yra šiek tiek mažesnė nei 100 %. Tyrimai parodė, kad maždaug 15 % nekokybiškų gaminių visos apžiūros metu yra nepastebimi, todėl matavimų imčių tyrimas leidžia greičiau ir nuosekliau aptikti esamus netikslumus (Ščemeliovas, 2012).



3 pav. Darbinės įtampos veiksniai

Kontrolės efektyvumui padidinti diegiami statistiniai kontrolės metodai. Gauti rezultatai naudojami defektų atsiradimo priežastims nustatyti ir joms šalinti. Taip mažinamas gamybos brokas (Kassel H., 1982). Tačiau, norint gaminti kokybišką produktą, reikia tikrinti ne tik patį gaminį, bet ir visą jo gamtinimo procesą. Nevykdant proceso kontrolės ir atsiradus gaminio defektui, ne visada surandamos defekto atsiradimo priežastys. Kokybės klausimai turi būti aptariamai visais valdymo lygmenimis (Mazzei, 2008; Medekšas, 2003).

Pastebėta, kad produktą ir kokybės sampratą vartotojai vertina skirtingai, pavyzdžiui, perkant dviratį, vieniems svarbiau kainą, kitiems – patvarumas, tretiems – grožis ir kt.

### Tyrimo rezultatai

Darbe nagrinėjamo konvejerinio ir vienetinio (prieš konvejerį) dviračio surinkimo darbo vietų operacijų laikai pateikti 1 ir 2 lentelėse (1 HM – šimtoji 1 minutės dalis).

Tyrimo tikslas – ištirti dviračio surinkimo proceso efektyvumą, išanalizuoti pasirinktos dviračių grupės surinkimo technologiją ir pateikti pasiūlymus dėl jos tobulinimo.

Surenkant dviračius pagal užduotą taktą, brokas dažniausiai yra neišvengiamas. Kiekvienas darbuotojas apžiūri, ar iki jo darbo vietos nebuvo broko. Jei taip atsitiko, konvejeris yra stabdomas, dviratis nukeliamas, vieta lieka tuščia, o tuščia vieta – žmogus stovi be darbo.

1 lentelė. Darbo vietų prieš konvejerį operacijų laikas

Nr.	Darbo vieta	Darbo vietos laikas, HM
1	Taurelių presavimas, myniklio korpuso sriegimas	131,50
2	Apšvietimo laido pravėrimas	127,62
3	Šakės paruošimas	120,79
4	Šakės su rėmu sujungimas	157,20
5	Bagažo surinkimas	144,32
6	Skydelių paruošimas	147,29
7	Vairų paruošimas	139,82
8	Vairų paruošimas I	147,19
9	Broko remontas	140,38
10	Atsiradę papildomi darbai	144,91

2 lentelė. Konvejerio darbo vietų laiko skirtumai

Darbo vieta	Darbo vietos laikas, HM	Darbo vietos laiko skirtumas nuo didžiausio darbo vietos laiko
1	125,46	19,1
2	120,68	23,8
3	124,99	19,5
4	135,68	8,8
5	117,14	27,4
6	122,46	22,0
7	124,21	20,3
8	137,65	6,9
9	122,77	21,7
10	130,29	14,2
11	134,11	10,4
12	144,51	0
13	127,98	16,5
14	131,14	13,4
15	131,64	12,9
16	124,18	20,3
17	132,27	12,2
18	111,07	33,4
19	120,61	23,9

1 lentelėje matyti, kad 4-oje darbo vietoje sugaištama daugiausiai laiko. Nors šie laiko skirtumai didelės reikšmės konvejerio darbo našumui neturi, būtina tobulinti darbo vietas prieš konvejerį, siekiant sumažinti laiko skirtumus.

2 lentelėje pateiktas kiekvienos darbo vietos laikas ir kiekvienos darbo vietos laiko skirtumas nuo didžiausio darbo vietos laiko. Kaip matyti, 12-oje darbo vietoje sugaištama daugiausiai laiko, o galutinio pakavimo Nr. 1 darbo vietoje – mažiausiai. Šių dviejų darbo vietų laiko skirtumas yra 33,44 HM, arba 20,1 s. Dvi paskutinės galutinio pakavimo darbo vietos Nr. 1 ir Nr. 2 yra ne ant konvejerio, todėl konvejeris dėl šių darbo vietų trikdžių nesustoja.

Darbe (Savickas, 2013) apskaičiuota (3 lentelė), kad, norint per pamainą surinkti 321 dviratį pagal vieną technologinį procesą (vienoda partija), kiekvienai darbo vietai neišnaudojama 11,91 % darbui skirtu laiku.

Siekiant sumažinti darbo nuostolius ir padidinti darbo našumą surinkimo metu, buvo atlikta išsami kiekvienos darbo vietos analizė ir pasiūlytos priemonės (Savickas, 2013) darbo vietai tobulinti.

3 lentelė. *Surinkimo linijos parametrų nustatymas*

Parametrai	Skaičiavimo formulės	Skaičiavimo rezultatai	
Konvejerio taktas, HM	$z = \frac{Y_{k_{max}} \cdot \sum X_k + \sum Y_{\dot{p}}}{\sum X_k + \sum Y_{\dot{p}}}$	$= \frac{144,51 \cdot 19 + 1401}{10 + 19}$	143
Pagamintų dviračių per pamainą skaičius, vnt.	$z = \frac{l \cdot 60}{x_s}$	$= \frac{460 \cdot 60}{85,8}$	321
Neišnaudotas darbo laikas per pamainą vienai darbo vietai, min.	$j = \frac{k \cdot z_s \cdot y}{60 \cdot 100}$	$= \frac{321 \cdot 85,8 \cdot 11,91}{60 \cdot 100}$	54,67
Suminis neišnaudotas darbo laikas per pamainą, min.	$j_b = j \cdot (\sum X_k + \sum Y_{pk})$	$= 54,67 \cdot 29$	1585,43
Konvejerio suminis darbo laikas, min.	$j_k = l \cdot (\sum X_k + \sum Y_{pk})$	$= 460 \cdot 29$	13340
Darbuotojų skaičius	$x = \frac{j_k - j_b}{460}$	$= \frac{13340 - 1585,43}{460}$	26

$z$  – konvejerio taktas;  $Y_{k_{max}}$  – maksimalus darbo vietos ant konvejerio laikas;  $\sum X_k$  – darbo vietų ant konvejerio skaičius;  $\sum X_{pk}$  – darbo vietų prieš konvejerį skaičius;  $\sum Y_{pk}$  – darbo vietų prieš konvejerį laikų suma;  $l$  – darbo laikas, s;  $z_s$  – konvejerio taktas, s;  $y$  – darbui neišnaudotas laikas, %

Kaip pasikeitė darbo laikas darbo vietose prieš konvejerį ir ant konvejerio, pritaikius pasiūlytas naujoves, parodyta 4 ir 5 pav. Visi laikai ir skirtumas tarp laikų sumažėjo, pavyzdžiui,

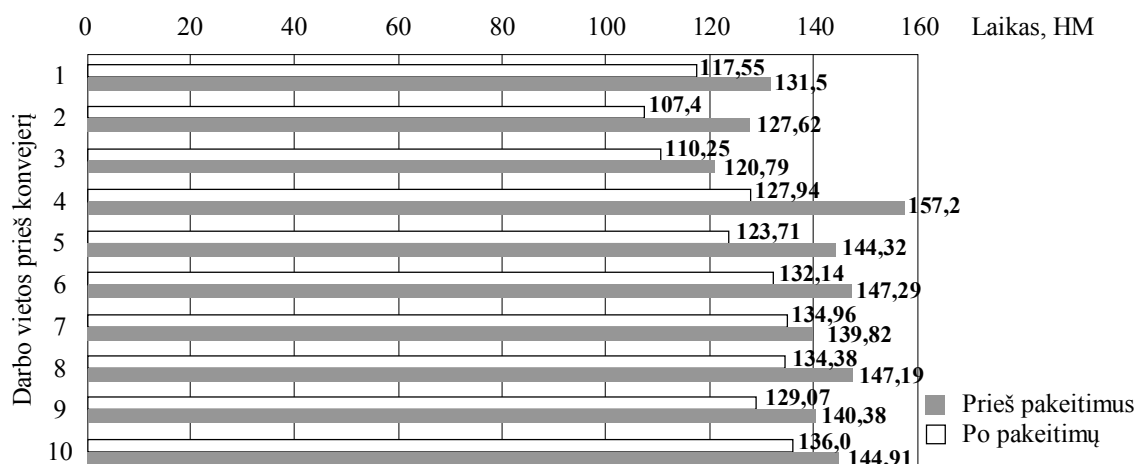
15-oje operacijoje (5 pav.) sugaištama daugiausiai laiko, o galutinio pakavimo Nr. 1 ir Nr. 2 darbo vietose laikas yra mažiausias. Šių dviejų daugiausiai ir mažiausiai laiką užimančių darbo vietų laiko skirtumas 18,3 HM yra beveik du kartus mažesnis nei iki darbo vietos pakeitimo.

Kaip pasikeitė suminis (prieš konvejerį ir ant konvejerio) surinkimo laikas, sumažinus laiko svyravimus tarp

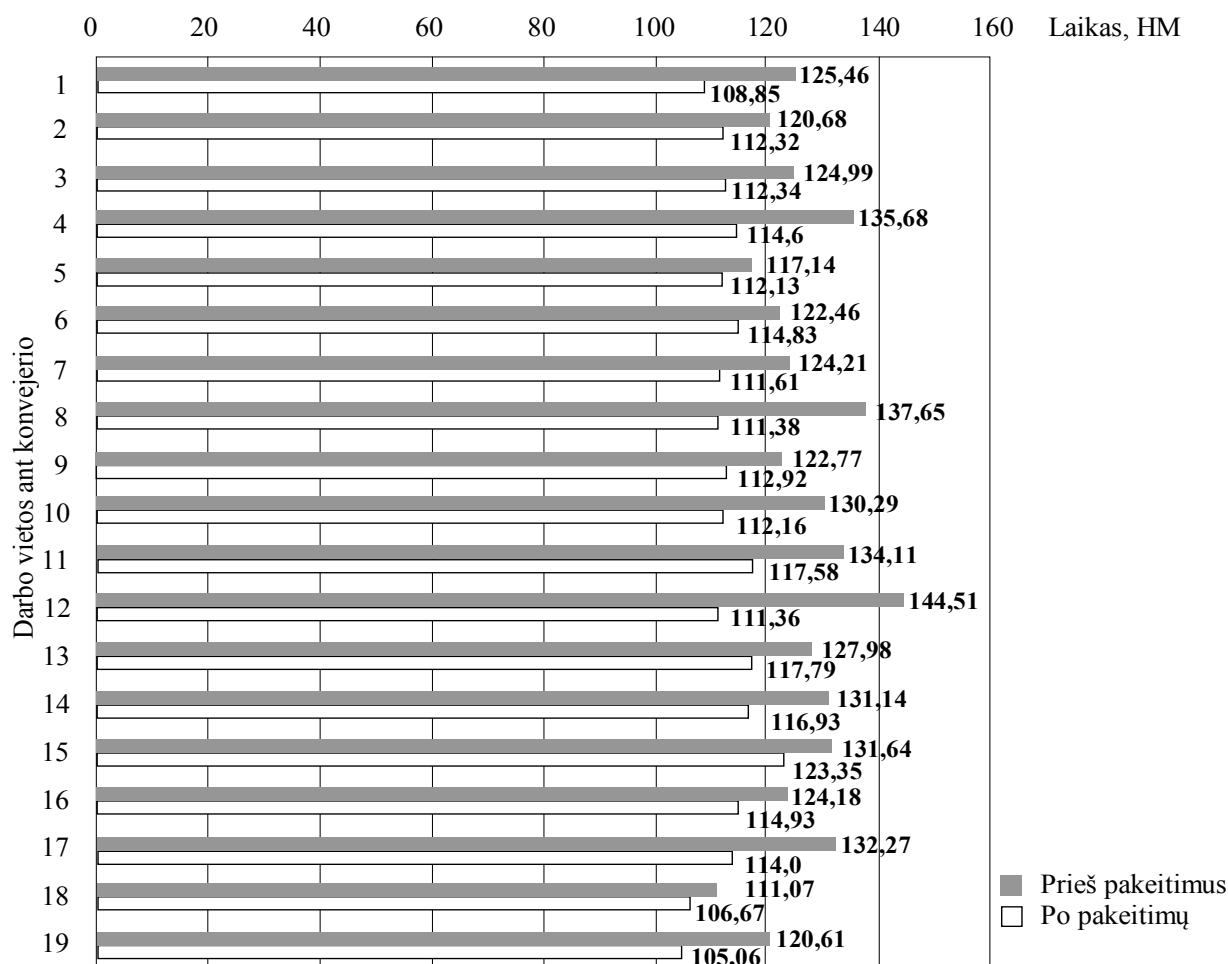
darbo vietų po naujų priemonių įdiegimo į gamybą, parodyta 6 pav. Apskaičiuota, kad po pakeitimų per pamainą būtų pagaminta 49 dviračiais daugiau nei prieš pakeitimus.

Šiame darbe buvo gauti dviračių surinkimo konvejerio penkiolikos darbo savaičių kontrolės rezultatai (Savickas, 2013), kurie parodė, kad brokas pasitaiko beveik kiekvienoje surinkimo pozicijoje. Remiantis tyrimu, nustatytos operacijos, kuriose buvo daugiausiai klaidų dėl įrenginių ar darbuotojų kaltės (žmogiškasis faktorius).

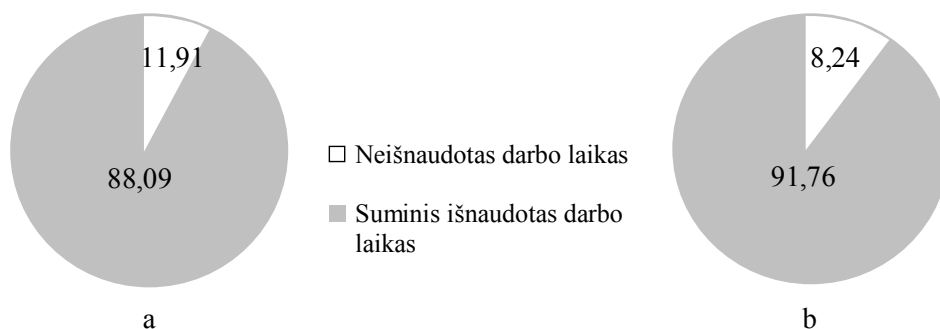
Siekiant sumažinti broko kiekį, buvo modernizuotos darbo vietos ir įsteigta dar viena konvejerio



4 pav. Darbo vietų prieš konvejerį suminis laikas: 1 – taurelių presavimas, mynklikio korpuso sriegimas; 2 – apšvietimo laido pravėrimas; 3 – šakės paruošimas; 4 – šakės su rėmu sujungimas; 5 – bagažo surinkimas; 6 – priekinių ir galinių skydelių paruošimas; 7 – vairų paruošimas; 8 – vairų paruošimas 1; 9 – broko remontas; 10 – papildomi darbai



**5 pav.** Konvejerio darbo vietų laikas: 1 – mynklio veleno tvirtinimas; 2 – priekinės žvaigždės tvirtinimas; 3 – galinio skydelio ir bagažo tvirtinimas; 4 – galinio skydelio ir bagažo suvaržymas; 5 – priekinio skydelio, žibinto, vairo tvirtinimas; 6 – priekinio skydelio suvaržymas, priekinių stabdžių trinkelė tvirtinimas; 7 – pavarų šarvo pravėrimas; 8 – galinio žibinto prijungimas; 9 – priekinio žibinto prijungimas; 10 – priekinio rato tvirtinimas; 11 – galinio rato prijungimas; 12 – pavarų prijungimas; 13 – galinio stabdžio prijungimas; 14 – grandinės apsaugos tvirtinimas; 15 – priekinių stabdžių reguliavimas; 16 – dviračio apipakavimas lipnia plėvele; 17 – dviračio pakavimas lipnia plėvele, dviračio nukėlimas nuo konvejerio; 18 – pakavimas Nr. 1; 19 – pakavimas Nr. 2



**6 pav.** Darbo efektyvumo palyginimas: *a* – prieš pakeitimus; *b* – po pakeitimų

kontrolieriaus darbo vieta. Po 4 savaičių buvo atliktas pakartotinis tyrimas, siekiant išsiaiškinti, kaip pasikeitė dviračio surinkimo klaidų skaičius po pakeitimų. Nustatyta, kad aptikti surinkimo netikslumai ir gedimai nėra nepastovūs, bet yra nuolat besikartojantis procesas. Darbo rezultatus lemia žmogiškasis faktorius.

Žmogaus darbo pajėgumas susideda iš fizinių ir psichinių komponentų (1, 2 pav.), kuriuos įvertinti individualiai yra sunku.

Po pakeitimų suminis klaidų skaičius sumažėjo 25,2 % (prieš pakeitimus buvo užfiksuota 790 klaidų, po pakeitimų – 591 klaida). Pagrindinių dviračio mazgų

varžtų užveržimo matavimai (7 pav.) parodė, kad 10 % užveržimų neatitinka nustatytų normų (atlikus penkiolika patikrinimų kas savaitę) (Savickas, 2013).



7 pav. Dinamometras užveržimams matuoti

## Išvados

1. Remiantis dviračių surinkimo atlikta analize ir konvejerio darbo našumo skaičiavimais, nustatyta, kad 11,91 % darbui skirtu laiku yra neišnaudojama. Pagal pasiūlytus pakeitimus, konvejerio operacijose neišnaudotas laikas sumažėjo iki 8,24 %, t. y. darbui skirtu laiku neišnaudota 3,67 % mažiau nei buvo prieš tai.
2. Atlikus kokybės kontrolės gautų rezultatų ir grąžinto produkto dėl neatitinkančios kokybės tyrimą, nustatyta, kad per 15 savaičių buvo padaryta 790 klaidų. Įdiegus naujus pasiūlymus, siekiant išlaikyti numatytą kokybę, gedimų skaičius sumažėjo 25,2 %. Gedimai nėra pastovūs, nes jų atsiradimo pagrindinė priežastis – žmogiškasis faktorius.

3. Pagrindinių mazgų užveržimo matavimai parodė, kad 10 % užveržimų neatitinka nustatytų normų. Pakeitus pneumatinius suktyvus elektriniais, būtų gauti 100 % normas atitinkantys užveržimai.
4. Didesnis darbo našumas pasiekiamas keliant personalo darbuotojų kvalifikaciją (kursai, instruktažai, mokymai darbo vietoje ir kt.). Geresnei kokybei užtikrinti reikia atlikti daugiau kontrolės operacijų ir didinti pačių darbuotojų atsakomybę surinkimo procese.

## Literatūra

2. Dozzi S. P.; AbouRizk S. M., 1993, *Productivity in construction*. National research council. Ottawa.
3. Harrington E. C., 2012. Prieiga per internetą: <http://vectorstudy.com/managementgurus/emerson-harrington>.
4. Kassel H., 1982, *Arbeitszeit-Richtwerte-Hochbau liegen neu vor*. Frankfurt/M.: ZTV-Verlag.
5. Kunstnen G., 1989, *Die Ablauforganisation von Baustellen*. Am Beispiel eines Stahlbetonbaus. Frankfurt/M.:ZTV-Verlag.
6. Mazzei I. M., 2008, *Kokybės vadybos sistemos mažoms ir vidutinėms įmonėms*. Verslo paramos programa II.
7. Medekšas H., 2003, *Gaminų kokybė ir patikimumas*. Kaunas: Technologija.
8. Plenert G. J., 2002, *International Operations Management*. Copenhagen Business School Press.
9. Savickas R., 2013, Surinkimo proceso darbo našumo ir kokybės statistinis tyrimas. *Magistro darbas*. Šiaulių universitetas.
10. Ščemeliovas J., 2012, *Pramoninė integruota gamyba*. Vilnius: Technika.
11. Taylor F. W., 1911, *The Principles of Scientific Management*. New York, NY, USA and London, UK: Harper & Brothers.
12. Warner M., 2002, *International Encyclopedia of Business and Management*. London: Thomson Learning.

## STATISTICAL ANALYSIS OF WORKING EFFICIENCY AND QUALITY OF ASSEMBLY PROCESS

*Rokas Savickas, Raimondas Šniuolis*

### Summary

Working efficiency and quality are closely linked to the assembly process. In the absence of one of these factors, i.e., if the productivity is high, but the production is of low quality or vice versa, the enterprise will suffer losses. Therefore, these two factors must be considered equal and should be improved.

The means of improvement of working efficiency and quality in an assembly process are analysed in this paper. The importance of working efficiency and quality is emphasized, and the main factors that influence working efficiency and quality are pointed, and the results of quality control are discussed.

The methods of improvement for working efficiency and quality were proposed after the analysis of the investigation results, and proposals for decreasing waste and the improvement of matching tighter force moments of assembled components to established standards were given. It was practically proved that working efficiency and useful working time increased and assembly waste decreased according to given proposals and work results.

**Keywords:** working efficiency of assembly process, evaluation of quality, statistical analysis.

## SURINKIMO PROCESO DARBO NAŠUMO IR KOKYBĖS STATISTINIS TYRIMAS

*Rokas Savickas, Raimondas Šniuolis*

### Santrauka

Našumas ir kokybė yra neatsiejami surinkimo proceso rodikliai. Nesant vieno iš šių faktorių, t. y. gaminant našiai, bet nekokybišką produkciją, arba priešingai, įmonė dirbs nuostolingai. Todėl būtina šiuos du prioritetus išlaikyti lygiaverčiais ir juos nuolatos tobulinti.

Straipsnyje nagrinėjami surinkimo proceso darbo našumo ir kokybės gerinimo būdai surinkimo ceche. Šiame darbe aptarta darbo našumo ir kokybės svarba, išskirti pagrindiniai veiksniai, nuo kurių priklauso darbo našumas ir kokybė, aptarti kokybės kontrolės darbo rezultatai.

Išnagrinėjus gautus rezultatus, pasiūlyti surinkimo proceso darbo našumo ir efektyvumo didinimo būdai, pateikti pasiūlymai dėl broko skaičiaus sumažinimo ir surenkamų mazgų užveržimo momentų atitikties nustatytoms normoms pagerinimo. Praktiškai nustatyta, kad, remiantis pateiktais pasiūlymais ir darbo rezultatais, padidėjo darbo efektyvumas ir naudingai išnaudojamas darbo laikas, gerokai sumažėjo surinkimo broko skaičius kontrolės metu.

**Prasminiai žodžiai:** surinkimo proceso darbo našumas, kokybės įvertinimas, statistinė analizė.

Įteikta 2013-09-09