



ИНДУСТРИЈСКО И МЕНАѢМЕНТ ИНЖЕЊЕРСТВО
INDUSTRIAL & MANAGEMENT ENGINEERING



Osnove industrijskog inženjerstva

- Razvoj industrijskog inženjerstva

Dragoslav Slović

What is Industrial Engineering ?

"Industrial Engineering is concerned with the design, improvement, and installation of integrated systems of people, materials, information, equipment and energy.

It draws upon specialized knowledge and skills in the mathematical, physical, and social sciences together with the principles and methods of engineering analysis and design, to specify, predict, and evaluate the results to be obtained from such systems." "

Šta je Industrijsko Inženjerstvo ?

"Industrijsko inženjerstvo se bavi projektovanjem, poboljšavanjem i postavljanjem integrisanih sistema sastavljenih od ljudi , materijala, informacija, opreme i energije.

Zasniva se na primeni specijalizovanih znanja i veština iz matematike, prirodnih i društvenih nauka zajedno sa principima i metodima inženjerske analize i projektovanja radi definisanja, predviđanja i ocene rezultata koji će se dobiti od tih sistema."



Frederick W. Taylor

Tejlor objašnjava i definiše studiju vremena na sledeći način: ¹

"Studija vremena se sastoji od dva velika dela,
- prvo, od analitičkog dela,
- i drugo, od projektantskog dela.

¹ Barnes citira rad: Subcommittee on Administration of the ASME, "The present state of the Art of Industrial management", Transactions of the ASME, Vol. 34, pp. 1199-1200, 1912

Analitički deo studije vremena obuhvata sledeće:¹

- (a) Podeliti rad radnika koji obavlja bilo koji posao na jednostavne elementarne zahvate (movements)
- (b) Uočiti sve beskorisne zahvate i eliminisati ih
- (c) Proučiti, jedan za drugim, kako svaki od nekoliko obučених radnika obavlja svaki elementarni zahvat, i uz pomoć hronometra izabrati najbrži i najbolji metod obavljanja svakog elementarnog zahvata poznatog u zanatu.
- (d) Opisati, zabeležiti i indeksirati svaki elementarni zahvat, i njegovo vreme, tako da se može brzo pronaći.
- (e) Proučiti i zabeležiti procenat koji se mora dodati na stvarno vreme rada dobrog radnika da bi se pokrili neizbežni zastoji, prekidi, manji incidenti, i slično.
- (f) Proučiti i zabeležiti procenat koji se mora dodati da bi se pokrilo neiskustvo dobrog radnika na poslu, prvih nekoliko puta kada ga obavlja. (Ovaj procenat je vrlo veliki kod poslova sastavljenih od velikog broja različitih elemenata spojenih u dugu sekvencu koja se retko ponavlja. Ovaj faktor je manji kod poslova koji se sastoje od manjeg broja različitih elemenata u sekvenci koja se često ponavlja.)
- (g) Proučiti i zabeležiti procenat vremena koji se mora dodati za odmore i intervale kada se mora preduzeti odmor, kako bi se otklonio fizički zamor...

¹ Barnes citira rad: Subcommittee on Administration of the ASME, "The present state of the Art of Industrial management", Transactions of the ASME, Vol. 34, pp. 1199-1200, 1912

" ...

Projektantski deo studije vremena obuhvata:

- h) Spojiti zajedno u posebne grupe one kombinacije elementarnih zahvata koje se često izvode po istom redosledu u zanatu, i zapisati i indeksirati ove grupe tako da se mogu lako pronaći.
- i) Iz ovih beleški može se relativno lako izabrati odgovarajuća serija pokreta koje treba da obavi radnik prilikom izrade bilo kog pojedinačnog artikla, i sabiranjem vremena ovih zahvata i dodavanjem odgovarajućeg procentualnog dodatka utvrditi odgovarajuće vreme za obavljanje skoro svake vrste rada.
- j) Rastavljanje dela rada na svoje elemente skoro uvek otkriva činjenicu da su mnogi uslovi koji okružuju i dopunjuju rad pogrešni; na primer, da se koristi neodgovarajući alat, da mašina koja se koristi sa njim zahteva podešavanje, da su loši sanitarni uslovi, itd. Znanje tako dobijeno vodi često do poboljšanja rada konstruktora, do standardizacije alata i uslova, do izuma boljih mašina i metoda."

¹ Barnes citira rad: Subcommittee on Administration of the ASME, "The present state of the Art of Industrial management", Transactions of the ASME, Vol. 34, pp. 1199-1200, 1912



Ralph M. Barnes

Ralph M. Barnes koristi naziv studija pokreta i vremena, da bi istakao da je potrebno prvo definisati odgovarajući metod a zatim utvrditi vreme. Studiju pokreta i vremena definisao je na sledeći način:

Studija pokreta i vremena je analiza metoda, materijala, alata i opreme koji se koriste ili koji će se koristiti u obavljanju nekog rada - analiza koja se sprovodi sa namerom da

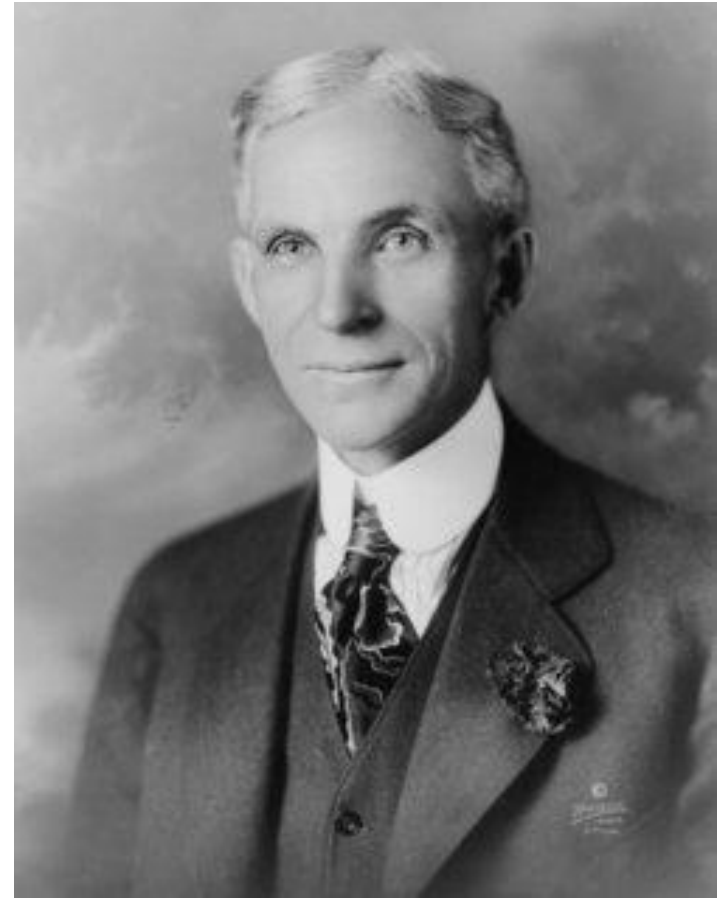
- (1) pronađe najekonomičniji način obavljanja ovog rada;
- (2) standardizuje metod, materijal, alat i oprema;
- (3) precizno odredi vreme potrebno kvalifikovanom i odgovarajuće obučenom radniku koji radi normalnim intenzitetom da uradi zadatak; i
- (4) pomogne u obuci radnika za novi metod.

Različiti nazivi za proučavanje rada¹

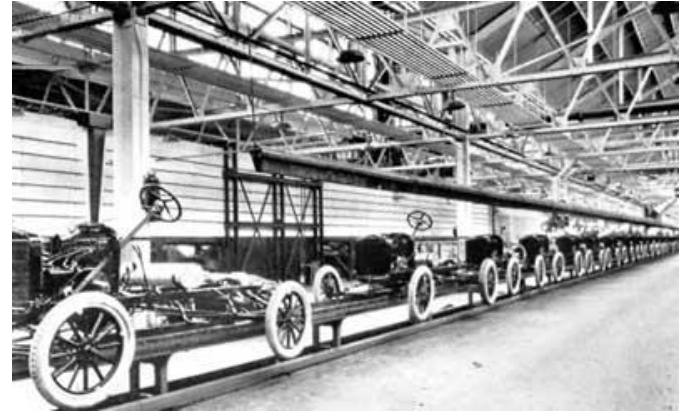
| |
|-------------------------------|
| proučavanje operacije |
| standardizacija poslova |
| proučavanje rada |
| pojednostavljenje rada |
| merenje rada |
| proučavanje vremena i pokreta |
| proučavanje metoda |
| proučavanje posla |
| proučavanje pokreta i vremena |
| inženjering metoda |

| |
|-----------------------|
| operation study |
| job standardization |
| work study |
| work simplification |
| work measurement |
| time and motion study |
| methods study |
| job study |
| motion and time study |
| methods engineering |

¹ Prema Barnes, R. M, *Motion and time study - 4th edition*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1958, p. 19.



Henry Ford



Ford

Performanse Fordove masovne proizvodnje iz dvadesetih godina prošlog veka

- obim proizvodnje: 2,100,000 automobila godišnje
- trajanje ciklusa izrade od rude do automobila: 28 sati
- takt montaže automobila: 24 sekunde
- prodajna cena automobila: 58 najnižih nadnica za osmočasovni rad
- sve je izgrađeno sopstvenim sredstvima, zaradom od Modela T



Charles E. Sorensen

Willow Run / TWI



Training Within Industry



“THE FOUR HORSEMEN”

1944

Dooley

Dietz

Conover

Kane

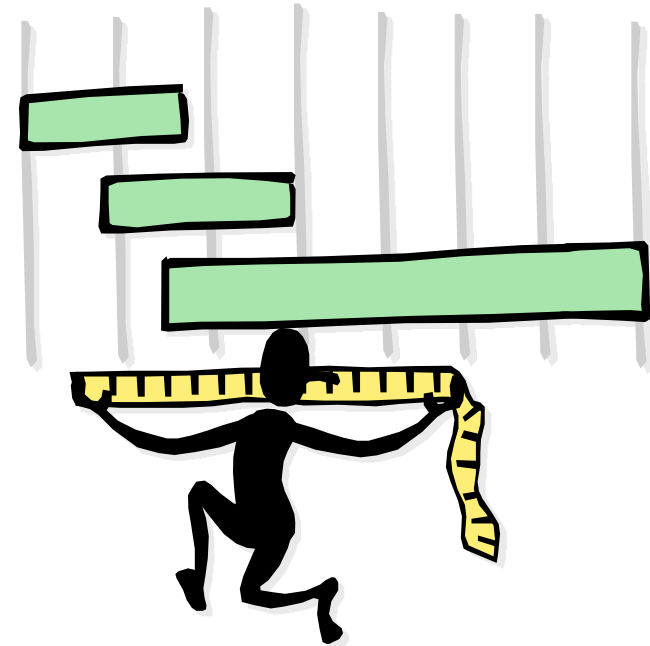
Trening unutar industrije

- Trening za radnu obuku
(Job instructions Training - JIT)
- Trening za metode rada
(Job Methods Training - JMT)
- Trening o radnim odnosima
(Job Relations Training - JRT)
- (jedan od četrdeset zaposlenih je završio neki)

Namera treninga za metode rada - JMT

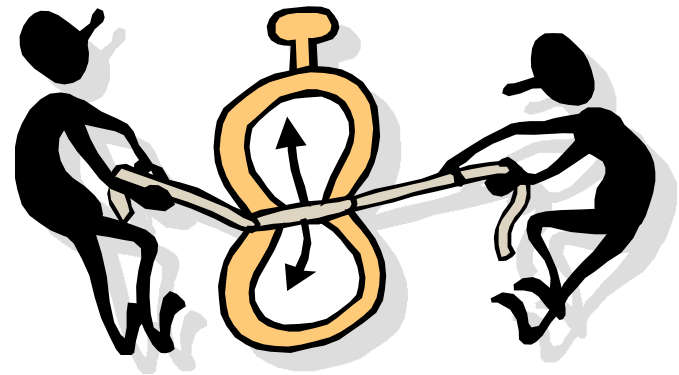
Da Vam pomogne da proizvedete veće količine kvalitetnih proizvoda za kraće vreme, koristeći na najbolji način

- ljude,
 - mašine i
 - materijal
- koji su trenutno na raspolaganju.



Metod 4 koraka - JMT

- 1. podeliti posao na osnovne operacije**
- 2. ispitati svaki detalj**
- 3. razviti novi metod i**
- 4. primeniti novi metod.**



Trening za metode rada

KAKO UNAPREDITI METODE RADA

Praktičan plan koji treba da Vam pomogne da proizvedete
**VEĆE KOLIČINE KVALITETNIH PROIZVODA za KRAĆE
VREME, koristeći na najbolji način
ljudе, mašine i materijale kojima raspolazете.**

Korak 1 – RAZLOŽITI rad na elemente

1. Nabrojati sve elemente rada tačno onako kako se izvršavaju po **postojećem metodu**
2. Uveriti se da su obuhvaćeni svi elementi rada:
 - rukovanja materijalom
 - mašinski rad
 - rad radnika

*"Zapišite sve onako kako ste videli
a ne onako kako ste zapamtili."*

Korak 2 - ISPITATI svaki element rada:

1. Koristiti sledeća pitanja :
 - ZAŠTO je to neophodno?
 - ŠTA je svrha toga?
 - GDE bi to trebalo raditi?
 - KADA bi to trebalo raditi?
 - KO je najbolje kvalifikovan da to radi?
 - KAKO bi se na "najbolji" način to uradilo?
2. Tokom ispitivanja takođe razmotriti:

materijale, mašine, opremu, alate, konstrukciju
proizvoda, raspored, radno mesto, uslove rada,
bezbednost, održavanje.

"Zapišite svaku ideju."

Prednja strana kartice

Korak 3 – RAZVITI nov metod

1. **ELIMINISATI** nepotrebne detalja
2. **KOMBINOVATI** detalje kada je to praktično
3. **PREMESTITI** elemente radi boljeg redosleda
4. **POJEDNOSTAVITI** sve **neophodne** detalje:
 - **Unapred postaviti** materijale, alate i opremu u najbolji položaj na radnom mestu
 - Koristiti odgovarajuće gravitacione dodavače i kolica
 - Omogućiti da se korisan rad obavlja sa obe ruke
 - Koristiti držače i stege umesto ruku za držanje predmeta rada
5. **Razraditi** sopstvene ideje **sa ostalima.**
6. **Zapisati** predlog za **novi metod.**

"Učiniti rad lakšim i bezbednijim"

Korak 4 – PRIMENITI novi metod

1. **Prezentovati** svoj predlog **šefu**
2. **Prezentovati** novi metod rada **radnicima**
3. **Obezbediti** konačna **odobrenja** koja se tiču **bezbednosti, kvaliteta, količine i cene**
4. **Primeniti** nov metod. Koristiti ga dok se razvije bolji.
5. Odati **priznanje** za svaki predlog koji to zaslužuje.

"Nastaviti dok se ne pronađe bolji metod"

**JOB METHODS PROGRAM
TRAINING WITHIN INDUSTRY, INC.**

Zadnja strana kartice

KAKO UNAPREDITI METODE RADA

Praktičan plan koji treba da Vam pomogne da proizvedete **VEĆE KOLIČINE KVALITETNIH PROIZVODA** za **KRAĆE VREME**, koristeći na **najbolji način ljude, mašine i materijale kojima raspoložete.**

Korak 1 – **RAZLOŽITI** rad na elemente

1. Nabrojati sve elemente rada tačno onako kako se izvršavaju po **postojećem metodu**
2. Uveriti se da su obuhvaćeni svi elementi rada:
 - rukovanja materijalom
 - mašinski rad
 - rad radnika

*"Zapišite sve onako kako ste videli
a ne onako kako ste zapamtili."*

Korak 2 - **ISPITATI** svaki element rada:

1. Koristiti sledeća pitanja :

- ZAŠTO je to neophodno?
- ŠTA je svrha toga?
- GDE bi to trebalo raditi?
- KADA bi to trebalo raditi?
- KO je najbolje kvalifikovan da to radi?
- KAKO bi se na "najbolji" način to uradilo?

2. Tokom ispitivanja takođe razmotriti:

materijale, mašine, opremu, alate, konstrukciju
proizvoda, raspored, radno mesto, uslove rada,
bezbednost, održavanje.

"Zapišite svaku ideju."

Prednja strana kartice

Korak 3 – **RAZVITI** nov metod

1. **ELIMINISATI** nepotrebne detalja
2. **KOMBINOVATI** detalje kada je to praktično
3. **PREMESTITI** elemente radi boljeg redosleda
4. **POJEDNOSTAVITI** sve **neophodne** detalje:
 - **Unapred postaviti** materijale, alate i opremu u najbolji položaj na radnom mestu
 - Koristiti odgovarajuće gravitacione dodavače i kolica
 - Omogućiti da se korisan rad obavlja sa obe ruke
 - Koristiti držače i stege umesto ruku za držanje predmeta rada
5. **Razraditi** sopstvene ideje **sa ostalima**.
6. **Zapisati** predlog za **novi metod**.

"Učiniti rad lakšim i bezbednijim"

Korak 4 – **PRIMENITI** novi metod

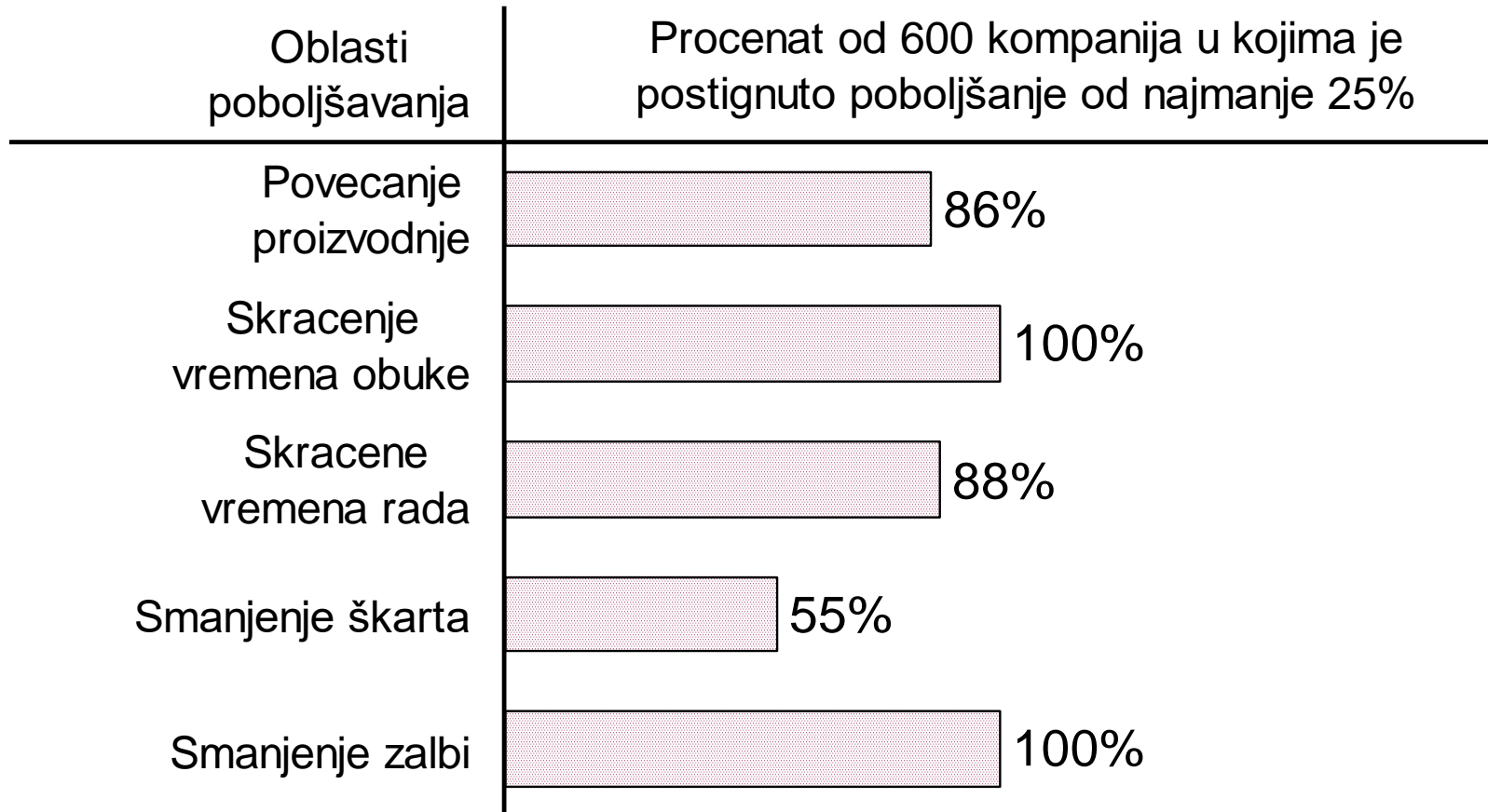
1. **Prezentovati** svoj predlog **šefu**
2. **Prezentovati** novi metod rada **radnicima**
3. **Obezbediti** konačna **odobrenja** koja se tiču **bezbednosti, kvaliteta, količine i cene**
4. **Primeniti** nov metod. Koristiti ga dok se razvije bolji.
5. Odati **priznanje** za svaki predlog koji to zaslužuje.

"Nastaviti dok se ne pronađe bolji metod"

**JOB METHODS PROGRAM
TRAINING WITHIN INDUSTRY, INC.**

Zadnja strana kartice

Efekti TWI programa



Nakon rata TWI program je prenet u Japan

1945 JMT card (front)

**HOW TO IMPROVE
JOB METHODS**

A practical plan to help you produce **GREATER QUANTITIES** of **QUALITY PRODUCTS** in **LESS TIME**, by making the best use of the **Manpower, Machines and Materials**, now available.

STEP I—BREAK DOWN the job.

- List all details of the job **exactly** as done by the **Present Method**.
- Be sure details include all:
 - Material Handling.
 - Machine Work.
 - Hand Work.

*"Write it as you see it.
Not as you remember it."*

STEP II—QUESTION every detail.

- Use these types of questions:
 - WHY is it necessary?
 - WHAT is its purpose?
 - WHERE should it be done?
 - WHEN should it be done?
 - WHO is best qualified to do it?
 - HOW is the "best way" to do it?
- While questioning consider:—
Materials, Machines, Equipment, Tools, Product Design, Layout, Work-place, Safety, Housekeeping.

"Write down each idea."

1945 JMT card (back)

STEP III—DEVELOP the new method.

- ELIMINATE** unnecessary details.
- COMBINE** details when practical.
- REARRANGE** for better sequence.
- SIMPLIFY** all necessary details:
 - Pre-position materials, tools and equipment at the best places in the **proper work area**.
 - Use **gravity-feed hoppers** and **drop-delivery chutes**.
 - Let both hands do **useful work**.
 - Use **jigs and fixtures** instead of hands for holding work.
- Work out** your idea with others.
- Write up** your proposed new method.

"Make the work easier and safer."

STEP IV—APPLY the new method.

- Sell** your proposal to your "boss."
- Sell** the new method to the operators.
- Get final approval of all concerned on **Safety, Quality, Quantity, Cost**.
- Put the new method to work. Use it until a **better way** is developed.
- Give **credit** where credit is due.

"Continue until a better way is found."

**JOB METHODS PROGRAM
TRAINING WITHIN INDUSTRY, INC.
14600 DETROIT AVE. CLEVELAND 7, OHIO**

1992 JM card (front)

(JM資料1)

改善の仕方

現存の労力、機械および材料を最も有効に使うことによって、短時間に、よい品質のものを多量に生産するのに役立つ実際的方法

第1段階——作業を分解する

- 現在方法をそのまま、作業の全細目を記録する
 - 機械作業
 - 手作業

は全部細目になる

第2段階——細目ごとに自問する

- 次の自問をする
 - なぜそれは必要か？
 - その目的はなにか？
 - どこでするのがよいか？
 - いつするのがよいか？
 - だれが最も適しているか？
 - どんな方法がよいか？
- 同時に次について自問する
 - 材料、機械、設備、道具、設計、配置、動作、安全、整理整頓

1992 JM card (back)

第3段階——新方法に展開する

- 不要な細目を取り去る
- できるなら細目を結合する
- 細目をよい順序に組み替える
- 必要な細目を簡単にする
 - 作業をもっと楽に安全にするために
 - 材料、道具および設備を適当な動作範囲の最もよい位置に置く
 - 重力利用の補助装置や、落下送出装置を用いる
 - 両手を有効に用いる
 - 手で支えるかわりに道具や、取付具を利用する
- 他人の力も借りて考える
- 新方法の細目を記録する

第4段階——新方法を実施する

- 新方法を上司に納得させる
- 新方法を部下に納得させる
- 安全、品質、生産量、原価の関係者に最後の承認を求める
- 新方法を仕事に移す。次の改善ができるまで用いる
- 他人の功績は認める

労働省職業能力開発局
(不許複製)

KAIZEN

KAI

ZEN



改



善



PROMENA



BOLJE

Promena na bolje

KAIZEN

Karakteristike kaizen pristupa

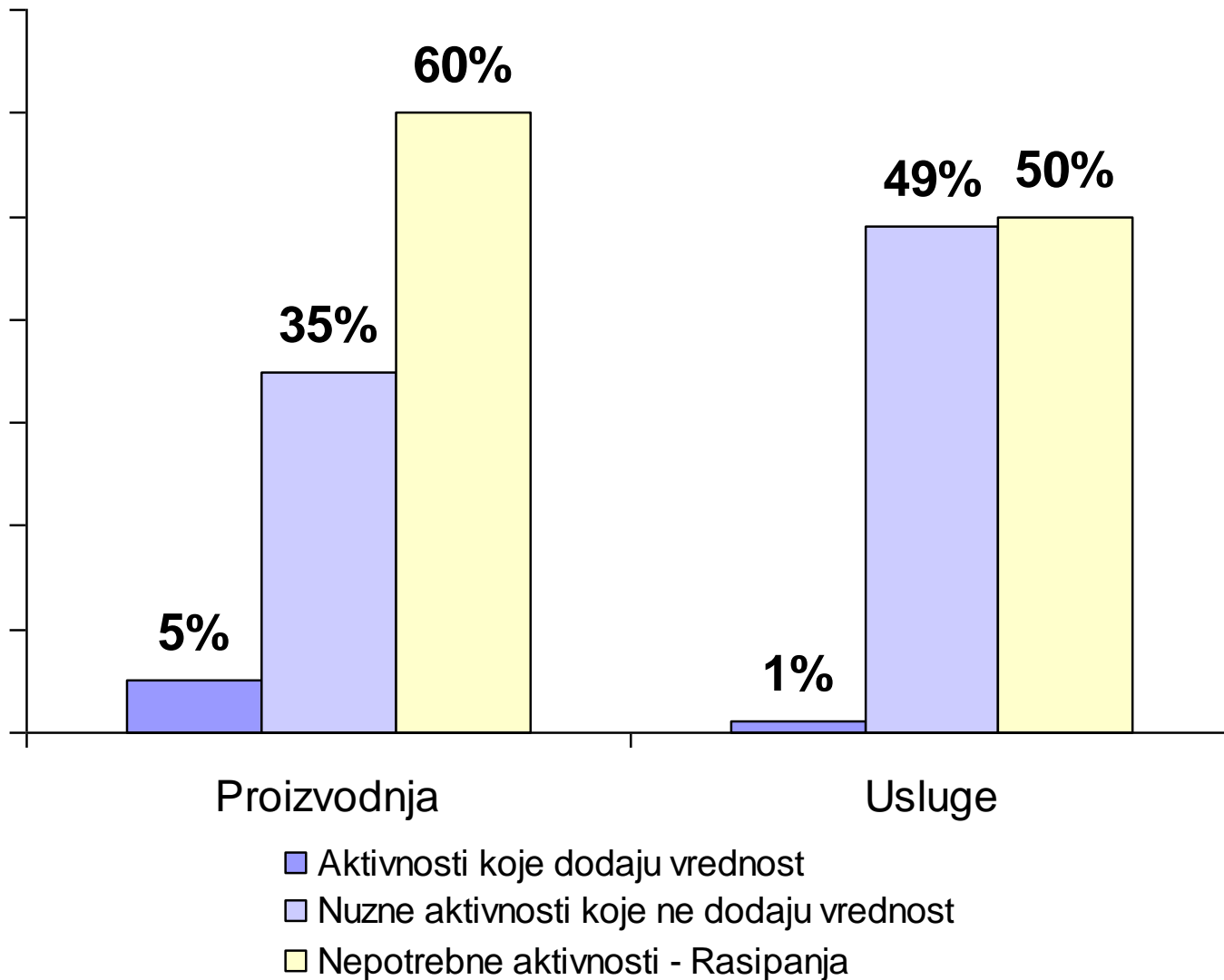
1. Pобољшаванје - промена на боље
2. Непрекиднос - сталнос
3. Ниски трошкови

KAIZEN

Pravci Gemba kaizen pristupa

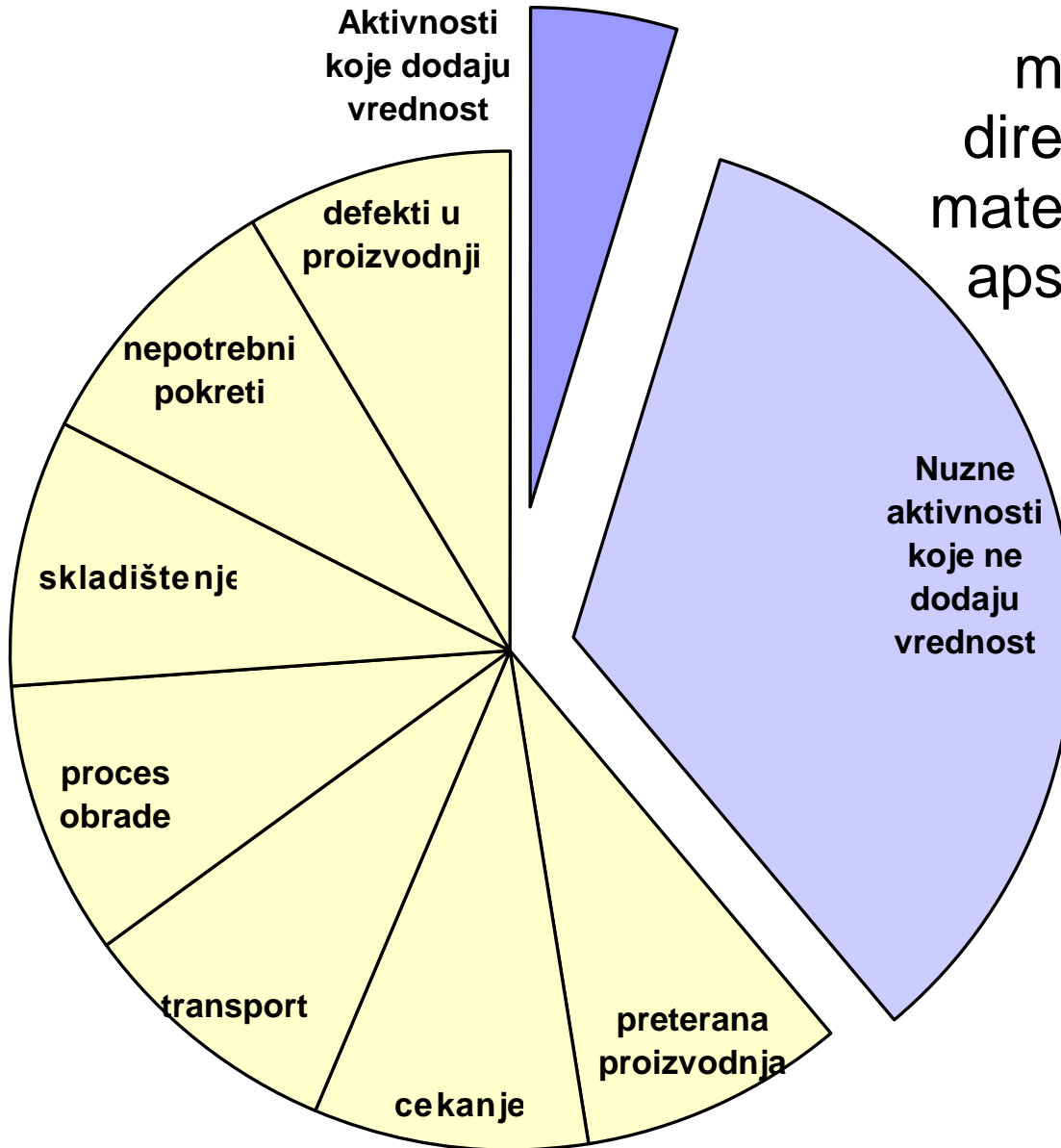
1. Eliminacija rasipanja u proizvodnji
2. Održavanje dobre uređenosti na radnim mestima
3. Standardizacija operacija

Struktura aktivnosti



Rasipanja u proizvodnji

Rasipanje je sve osim minimuma opreme i alata, direktnog i indirektnog rada, materijala, prostora i energije apsolutno neophodnih da bi se povećala vrednost proizvoda ili usluge.



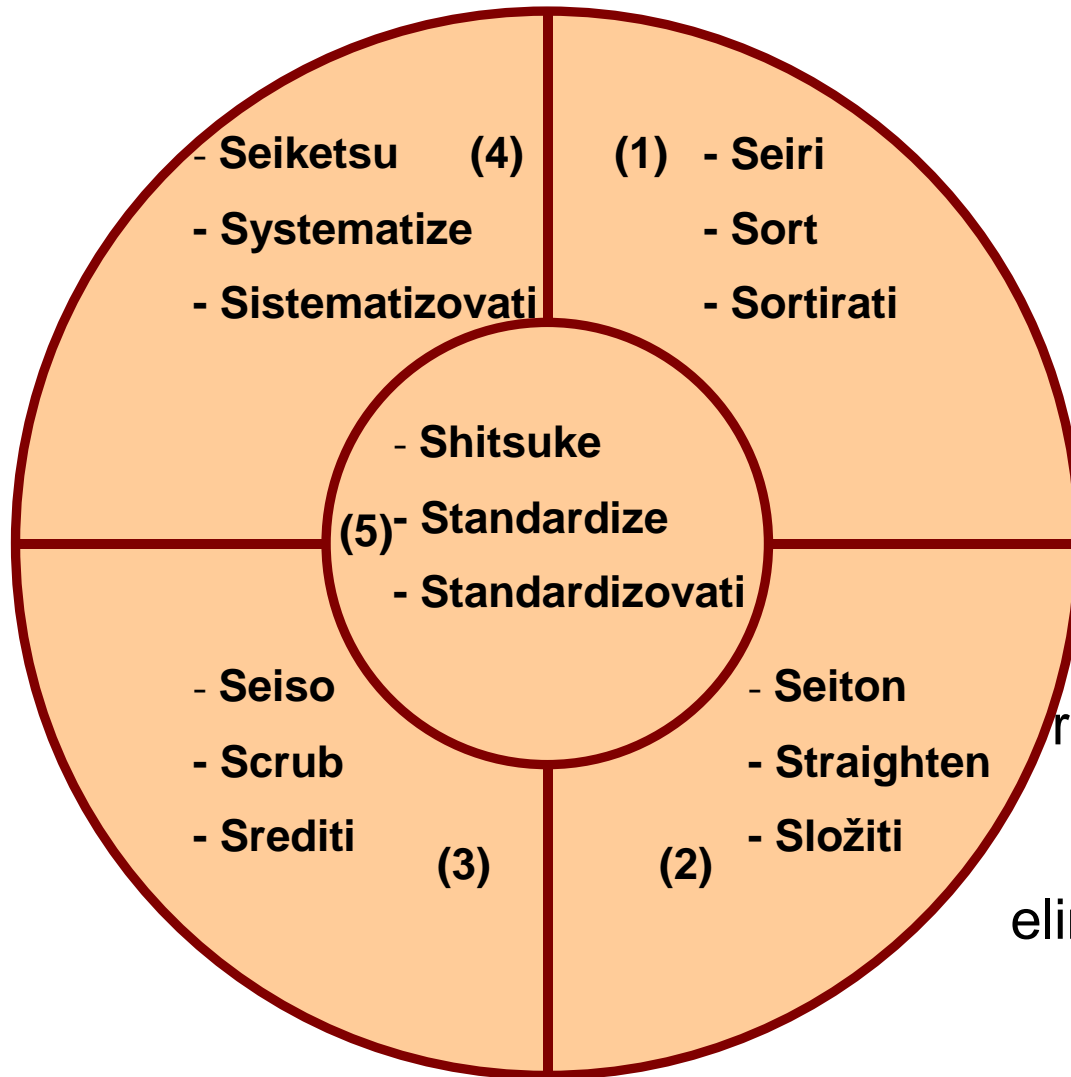
Održavanje uređenosti radnog mesta

- 5 S postupak

整理 • 整頓 • 清掃 • 清潔 • 躰

Održavanje uređenosti radnog mesta

- 5 S postupak



Zadatak održavanja dobre uređenosti na radnim mestima se sastoji u stvaranju bezbednog, čistog i urednog rasporeda na radnom mestu koji obezbeđuje određeno mesto za sve što je potrebno i eliminiše sa radnog mesta sve što nije potrebno.

5S postupak

| | | |
|-----|------------------------|--|
| I | Skloniti | Sortirati objekte na potrebne i nepotrebne i skloniti nepotrebne |
| II | Složiti | Odrediti i označiti odgovarajuće mesto za sve potrebne objekte i složiti ih |
| III | Srediti | Srediti sve objekte tako da izgledaju kao novi. |
| IV | Sistematizovati | Sistematizovati aktivnosti i odgovornosti na realizaciji 5S i redovno ih sprovoditi. |
| V | Standardizovati | Standardizovati rad na primeni 5 S pristupa |



| | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|--------|--|--------------|-----------------|---------------|------------|---------------|---------|---------|
| Menadžer | Nadzornik | Radnik | Karta kombinovanja standardnog rada | Broj dela | 12345-67890 | Datum izmene: | 02.12.2001 | 1 strana od 1 | | |
| M.P. | P.Z. | K.B. | | Naziv dela | Glavni cilindar | Broj radnika | 1 / 1 | Ručno | Hodanje | |
| | | | | Naziv ćelije | Obrada cilindra | Obim | 690 kom | Takt | 40 s | Automat |

| # | OPIS OPERACIJE | VREME | | | Dijagram sadržaja rada | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-----------|----------------|---------|------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | ručni rad | automatski rad | hodanje | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
| 1 | Uzimanje materijala | 2 | - | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Sečenje čela | 4 | 28 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Struganje žljeba | 5 | 29 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Bušenje otvora | 4 | 27 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Poliranje | 3 | 12 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Kontrola prečnika | 6 | - | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Odlaganje proizvoda | 2 | - | 2 | | | | | | | | | | | | |

Standardizovana operacija

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|--------|-------------------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--|--|
| Menadžer | Nadzornik | Radnik | KARTA STANDARDNOG RADA | Broj dela | 12345-67890 | Datum izmene: | 02.12.2001 | 1 strana od 1 | | |
| M.P. | P.Z. | K.B. | | Naziv dela | Glavni cilindar | Obim operacije | OD: | Uzima materijal | | |
| | | | | Naziv ćelije | Obrada cilindra | DO: | Odlaze proizvod | | | |

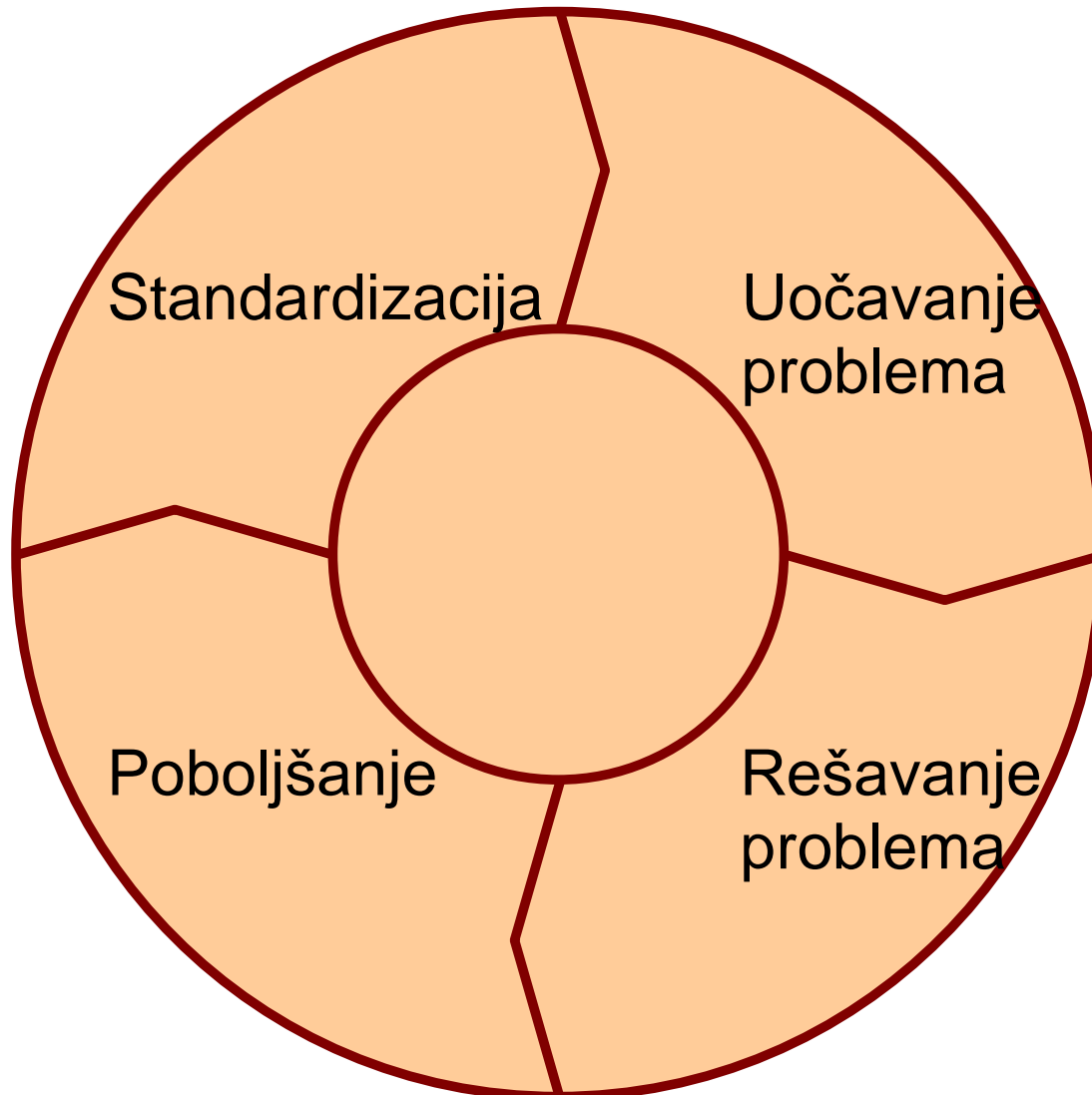

```

graph TD
    M[Materijal] --> 1((1))
    1 -.-> 7((7))
    7 --> 6((6))
    6 --> 5((5))
    5 --> 4((4))
    4 --> 3((3))
    3 --> 2((2))
    2 --> 1
    1 --- L210[L210]
    2 --- M110[M110]
    4 --- D310[D310]
    5 --- T420[T420]
    6 --- K{Kontrola}
    
```


| | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|----------------|---------------------|-------------|---------------|--------------|
| Provera kvaliteta | Sigurnosna upozorenja | Standardna WIP | Kol. standardne WIP | Vreme takta | Vreme ciklusa | Broj radnika |
| | | | 4 kom | 40 s | 40 s | 1 / 1 |

Standardna operacija je operacija bezbedna za obavljanje, sa svim zadacima organizovanim na najbolji poznati način i uz korišćenje najefikasnije kombinacije resursa: ljudi, materijala, metoda i mašina.

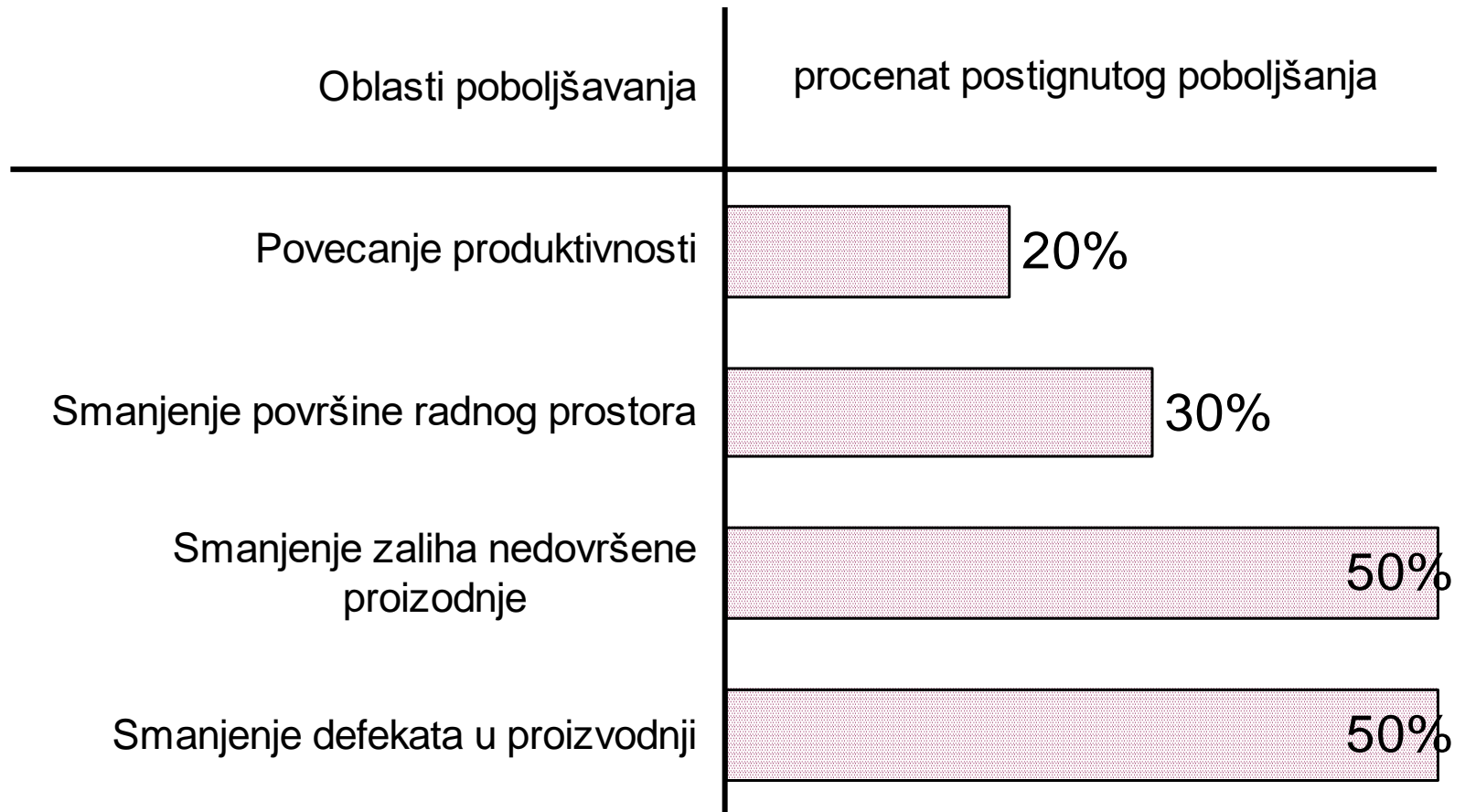
Postupak standardizovanja operacija



Postupak petodnevnog Kaizen Blica

| | | |
|-----|-----|---|
| I | Dan | Obuka u učionici - učenje novih koncepata i alata, grupno i individualno. |
| II | Dan | Posmatranje, analiza i postavljanje jednokomadnog toka proizvodnje. |
| III | Dan | Tim počinje sa primenom promena. |
| IV | Dan | Poboljšanja u usklađivanju proizvodnje i dovršetak Kaizena. |
| V | Dan | Prezentacija ostvarenih rezultata |

Efekti petodnevnog Kaizen Blica



Toyota sistem je uspešno primenjen u SAD, u zajedničkom postrojenju NUMMI

With workers defining their own job standards, quality and productivity at the Fremont plant went from worst to best.

Time-and-Motion Regained



by Paul S. Adler

Faktori uspeha preduzeća NUMMI

- **DRUŠTVENI KONTEKST**
zajednički rad menadžmenta i zaposlenih na rešavanju problema u odnosima međusobnog poverenja i uvažavanja
- **PROUČAVANJE RADA**
primena proučavanja rada kao sredstva za standardizaciju i stalno unapređivanje proizvodnje, poboljšavanjem metoda rada

Ostvareni efekti preduzeća NUMMI

| | GM Framingham | Toyota Takaoka | NUMMI Fremont |
|--|------------------|-------------------|------------------|
| Usklađeni časovi montaže | 31 | 16 | 19 |
| Greške u montaži na 100 automobila | 130 | 45 | 45 |
| Prostor za montažu - kvadratnih stopa po automobilu godišnje | 8.1 | 4.8 | 7.0 |
| Prosečne zalihe delova | 2 nedelje | 2 sata | 2 dana |