



Lean proizvodnja

Prof. Dr. sc. Nedeljko Štefanić
Nataša Tošanović, dipl.ing.

Povijest pojma Lean

Lean proizvodnja  Toyota production system =
Toyotin proizvodni sustav = TPS

Pojam “lean” prvi je put primijenjen u knjizi „***The machine that changed the world***“ J.P.Womack-a i D.T.Jones-a.

Lean = engl. Vitak → znači manje svega, manje pogona, manje skladišta, manje vremena, manje ljudskog napora, manje investicija, napora i kapitala.

Povijest – Lean thinking- Toyota Production System (TPS)

- Postratni Japan – Kochiro Toyoda: “Sustići Ameriku za 3 godine – jedina nada za opstanak”
- Taichi Ohno: Benchmark sa Fordom – odlazak u Michigan
- identificirali ključ Fordovog uspjeha:
 - velike proizvodne količine, velike serije, veliko tržište, ogromna skladišta (ekonomija obujma!)
- Stanje u Japanu
 - malo tržište, mali dobavljači, ograničenja vezano za zemljište, malo novca za ulaganje...
 - **NUŽNOST**: isporučivati različite modele, cjenovno prihvatljive u relativno malim serijama na tržište koje jako polaže na pouzdanost proizvoda – nastanak TPS

Povijest – Lean thinking- Toyota Production System (TPS)

Ohno: KANBAN (Supermarket), Pull, SMED, Just in time

.....

KANBAN u Toyoti – 1 krug 1950. – 1962. (ljevanje ,
kovanje)

- 2. krug – 10 godina kasnije – KANBAN u potpunosti

KAIZEN!!

25 god nakon prvog posjeta Fordu, PONOVI POSJET:

“The plant was exactly the same as it had been 25 years ago!!”

Povijest pojma Lean

IMVP (International Motor Vehicle Program)

Pojam “lean” prvi je put primijenjen u knjizi „*The machine that changed the world*“ J.P.Womack-a i D.T.Jones-a, koja je bila rezultat istraživanja IMVP-a (**International Motor Vehicle Program**), a gdje su autori prvi put opisali razlike između Japanske i zapadne automobilske industrije i prvi put predstavili izraz “lean” za Toyotin način proizvodnje.

Usporedba 'Lean'-'Masovna' – '80-tih

Metrika	Japan	USA
Output:		
•Produktivnost (sati/vozilo)	16.8	25.1
•Kvaliteta (pogreške/100 vozila)	60.0	82.3
Radna snaga:		
•% radnika u timovima	69.3	17.3
•Broj vrsta poslova	11.9	67.1
•Prijedlozi/Zaposleniku	61.6	0.4
Layout:		
•Prostor (m2/vozilo/godišnje)	5.7	7.8
•Prostor za dorade i popravke (% prostora za montažu)	4.1	12.9
•Zalihe (dani)	0.2	2.9

Izvor: "*The Machine that Changed the World*", Womack, Jones & Roos

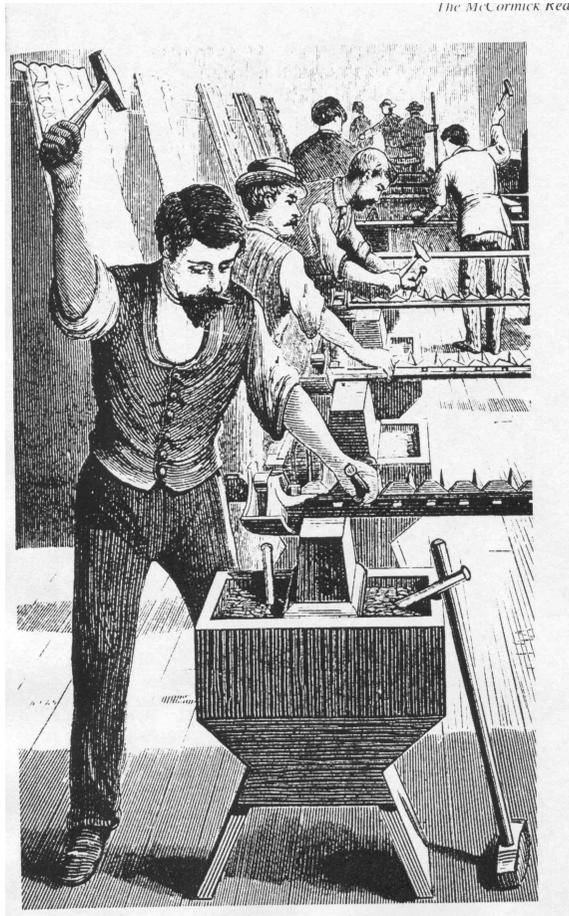
Usporedba 'Lean'-'Masovna' – '80-tih

Razvoj proizvoda

	Japan	USA
■ Br. utrošenih sati u konstr. - prosječno (milijuni)	1.7	3.1
■ Br. utrošenih sati u razvoju (mjeseci)	46.2	60.4
■ Br. zaposlenih u razvojnim timovima	485	903
■ Udio dobavljača u inženjeringu	51%	14%
■ Udjel u kašnjenju s isporukom	1 in 6	1 in 2
■ Vrijeme izrade prototipa (mjeseci)	6.2	12.4
■ Vrijeme od početka proizvodnje do prodaje prvog vozila (mjeseci)	1	4

Izvor: "*The Machine that Changed the World*", Womack, Jones & Roos

Obrtnička proizvodnja

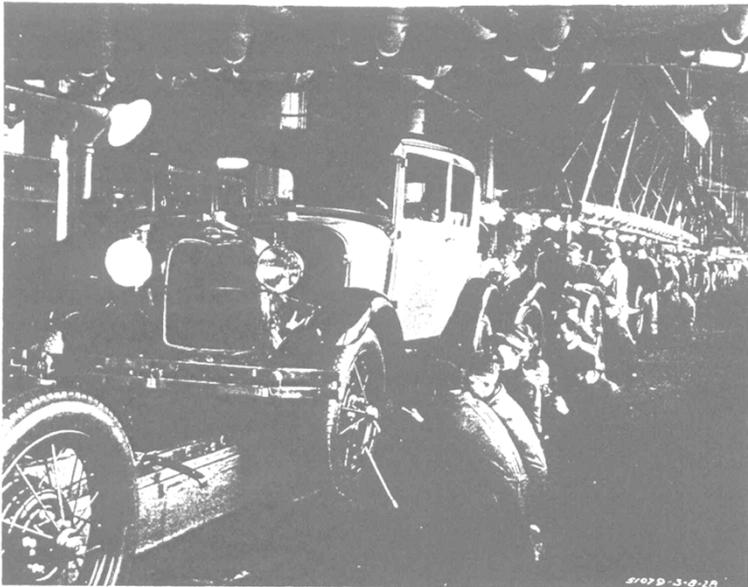


- Izrada prema zahtjevima kupaca
- Pojedinačna proizvodnja, svaki proizvod različit
- Visoko-kvalificirani radnici
- Nestalna kvaliteta
- Male zalihe
- Veliki troškovi

Izvor: *The Machine that Changed the World* by Womack, Jones & Roos

Lean proizvodnja 18. 04. 2012.

Masovna proizvodnja (Ford)



- Podjela poslova
- Velike serije
- Mala raznolikost
- Niski troškovi
- Zamjenjivi dijelovi
- Velike zalihe
- “Dovoljno dobra” kvaliteta
- Automatizirani strojevi

Izvor: *The Machine that Changed the World* by Womack, Jones & Roos

Lean proizvodnja 18. 04. 2012.

Toyota Production System (Lean)



- Velika varijabilnost proizvoda
- Male serije
- Mala količina zaliha
- Fleksibilna proizvodnja
- Visoka kvaliteta

Izvor: *The Machine that Changed the World* by Womack, Jones & Roos

Lean proizvodnja 18. 04. 2012.

Nasljeđe masovne proizvodnje

- Zamijenila zanatsku proizvodnju
- Dramatično sniženje cijene proizvoda
- Dramatično brža proizvodnja (pokretna traka, T-model Ford itd.)
- Zamjenjivost dijelova
- Jednolična ponuda proizvoda

Masovna vs. Lean proizvodnja

Toyota Production System

Zašto u Japanu ne masovna već “lean” proizvodnja?

- ✓Malo tržište
- ✓Poslijeratna kriza
- ✓Nezadovoljni radnici

“**Lean**” je proizvodna filozofija koja kada je implementirana skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, **eliminirajući** sve izvore **rasipanja (gubitaka)** u proizvodnom procesu.

Osnovno načelo Lean proizvodnje je da se proizvodi točno ono što **kupac ili klijent želi**, tj. vrstu, kvalitetu i količinu proizvoda izravno diktira potražnja tržišta.

Kako bi se to postiglo potrebno je organizirati proizvodne pogone i procese tako da budu veoma fleksibilni i učinkoviti, što se postiže skraćivanjem vremena proizvodnog procesa, izbacivanjem svih nepotrebnih aktivnosti, odnosno eliminiranjem ili smanjenjem svih oblika rasipanja.

Glavni cilj je isporuka usluge ili proizvoda koji se potpuno podudara sa željama kupaca, sa što manje gubitaka.

“Lean”

“Becoming ‘lean’ is a process of eliminating waste with the goal of creating value.”

Izvor: Lean Enterprise Value: Insights from MIT’s Lean Aerospace Initiative, grupa autora

Lean proizvodnja 18. 04. 2012.

Rasipanje (engl.waste, jap.muda) - su elementi, proizvodnog procesa, koji ne sadrže nikakvu vrijednost, tj.to su aktivnosti koje ne donose direktnu vrijednost proizvodu.

Poluispunjena čaša?

Pesimist: Čaša je poluprazna!

Optimist: Čaša je polupuna!!

Lean razmišljanje: Zašto je čaša tako velika?!!



Prevelika čaša = gubitak, otpad, rasipanje (waste, muda)

Sedam vrsta gubitaka

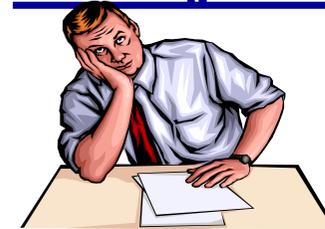
Prekomjerna proizvodnja



Transport



Čekanje/zastoji



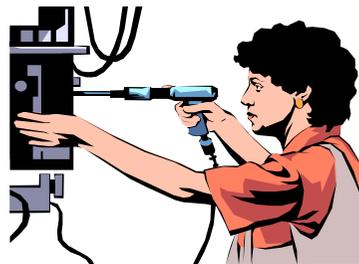
Nepotrební pokret



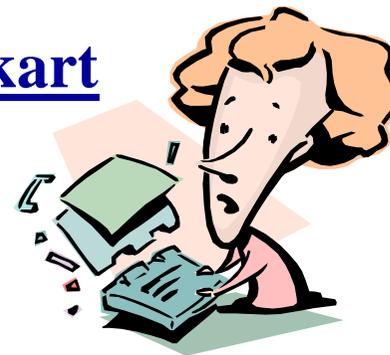
Zalihe



Prekomjerna obrada



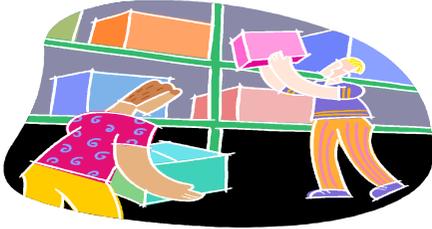
Škart



RASIPANJE	Opis
<p data-bbox="398 391 750 502">1.Prekomjerna proizvodnja</p> 	<ul data-bbox="795 582 1892 1069" style="list-style-type: none">• Stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati natržištu• Izvođenje operacija koje nisu neophodne• Stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva ili koja uopće neće kasnije koristiti (!!prekomjerna administracija)• Loše predviđanje (procjena) prodaje, tj. zahtijeva tržišta• Slanje uputa prema previše ljudi (ili obratno)• Proizvodnja “za svaki slučaj”!!!

RASIPANJE	Opis
<p data-bbox="338 293 629 341">2. Transport</p> 	<ul data-bbox="752 336 1827 863" style="list-style-type: none"> • Nepotrebno kretanje materijala (obradaka) između operacija ili između skladišnih površina • Korištenje starih, neučinkovitih layouta (Layout – eng. raspored, razmještaj) kretanja materijala - Potrebno napraviti racionalnije layoute ili bolji međusobni raspored pojedinih operacija (npr. proizvodna ćelija) <p data-bbox="837 660 1451 703">Neučinkovit transport informacija</p> <p data-bbox="837 724 1659 863">Neuspješna komunikacija: gubitak podataka, nekompatibilnost, nepouzdanost informacija</p>
<p data-bbox="338 963 600 1011">3. Čekanje</p> 	<ul data-bbox="752 963 1827 1315" style="list-style-type: none"> • vrijeme čekanja materijala između operacija, čekanje radnika na strojevima ili na materijal. (loše planiranje proizvodnje). Potrebno je detaljno proučiti pokrete u operacijama, sinkronizirati i ujednačiti proizvodnju. Čekanje na podatke, rezultate testova. Informacije, odluke, potpis, odobrenje i sl. • Čekanje na isporuku (npr. kasni sirovina i sl.)

RASIPANJE	Opis
<p data-bbox="367 608 719 711">4.Prekomjerna obrada</p> 	<ul data-bbox="763 699 1839 1086" style="list-style-type: none">•predimenzionirani strojevi, kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno-završno vrijeme, čišćenje između obrade•Previše procesa obrade•Predetaljna obrada•Loš design (konstrukcija) proizvoda, koja zahtijeva previše koraka obrade (prekompleksan proizvod)

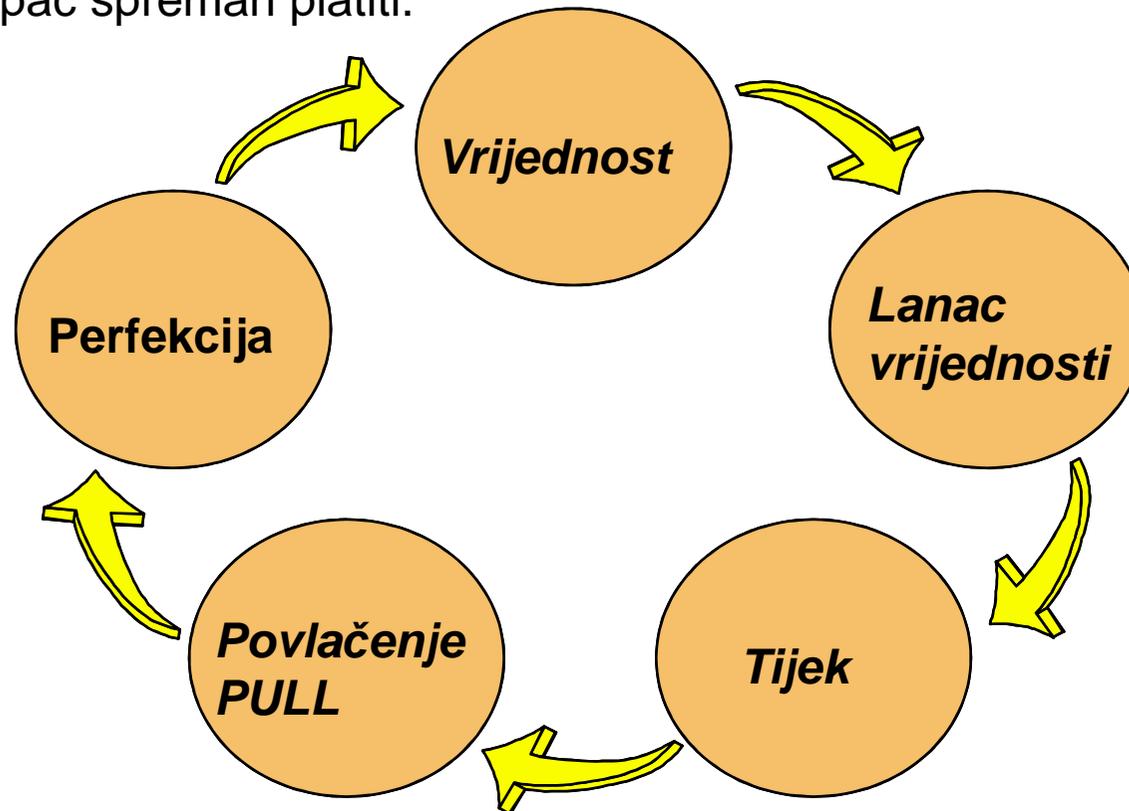
RASIPANJE	Opis
5. Zalihe	<p>visoke zalihe povezane su sa prekomjernom proizvodnjom („zamrznuti kapital“ u skladištima)</p> 
6. Nepotrebni pokreti	<ul style="list-style-type: none"> • loš raspored strojeva - nepotrebno gibanje radnika • ljudi se trebaju micati kako bi došli do informacija • ručni rad kako bi se kompenzirali neki nedostaci u proizvodnji 
7. Škart	<ul style="list-style-type: none"> • prekid toka zbog grešaka, nepotrebna vremena, troškovi i prostor za analizu i otklanjanje. • Nepotpune, netočne, nepravodobne informacije 

Pet osnovnih principa Lean-a

Prvi i osnovni princip lean-a je „ **vrijednost i gubitak**“ (value&waste).

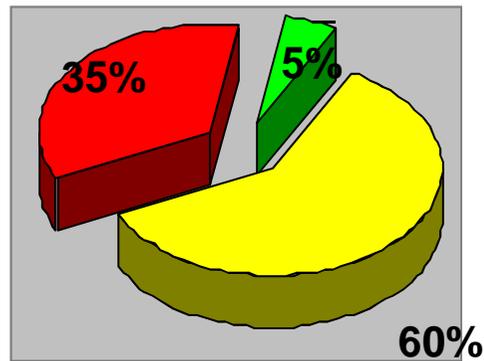
Što je vrijednost za kupca?

Ono što je kupac spreman platiti.



Izvor: „Lean thinking“, James P. Womack, Daniel T. Jones;

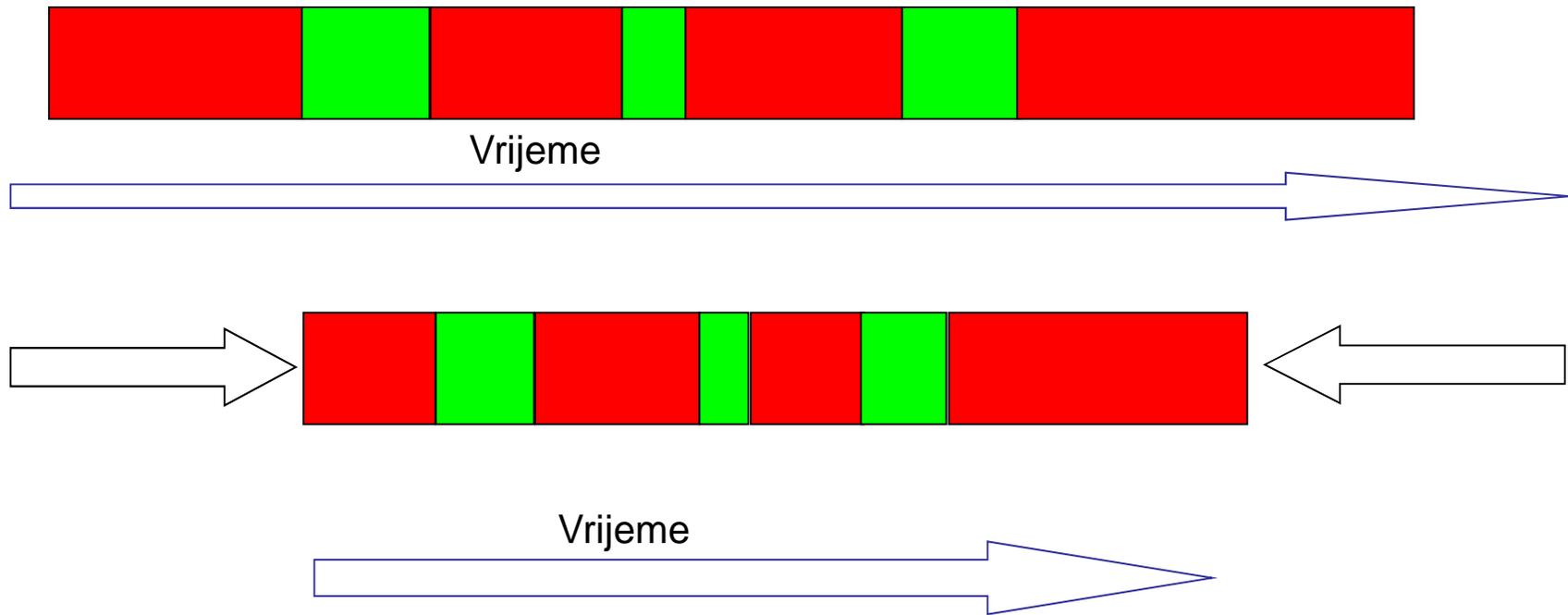
Lean proizvodnja 18. 04. 2012.



- Aktivnosti koje donose vrijednost
- Aktivnosti koje ne donose vrijednost ali su neophodne
- Aktivnosti koje ne donose vrijednost i mogu se odmah eliminirati

Sve aktivnosti u lancu vrijednosti mogu se podijeliti u 3 skupine:

- Aktivnosti koje dodaju vrijednost (Value-added activities)
- Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, ali su neophodne (Non-Value-added activities – 1. type muda)
- Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, i nisu neophodne (Non-Value-added activities – 2. type muda)



Aktivnosti koje ne donose (stvaraju) vrijednost

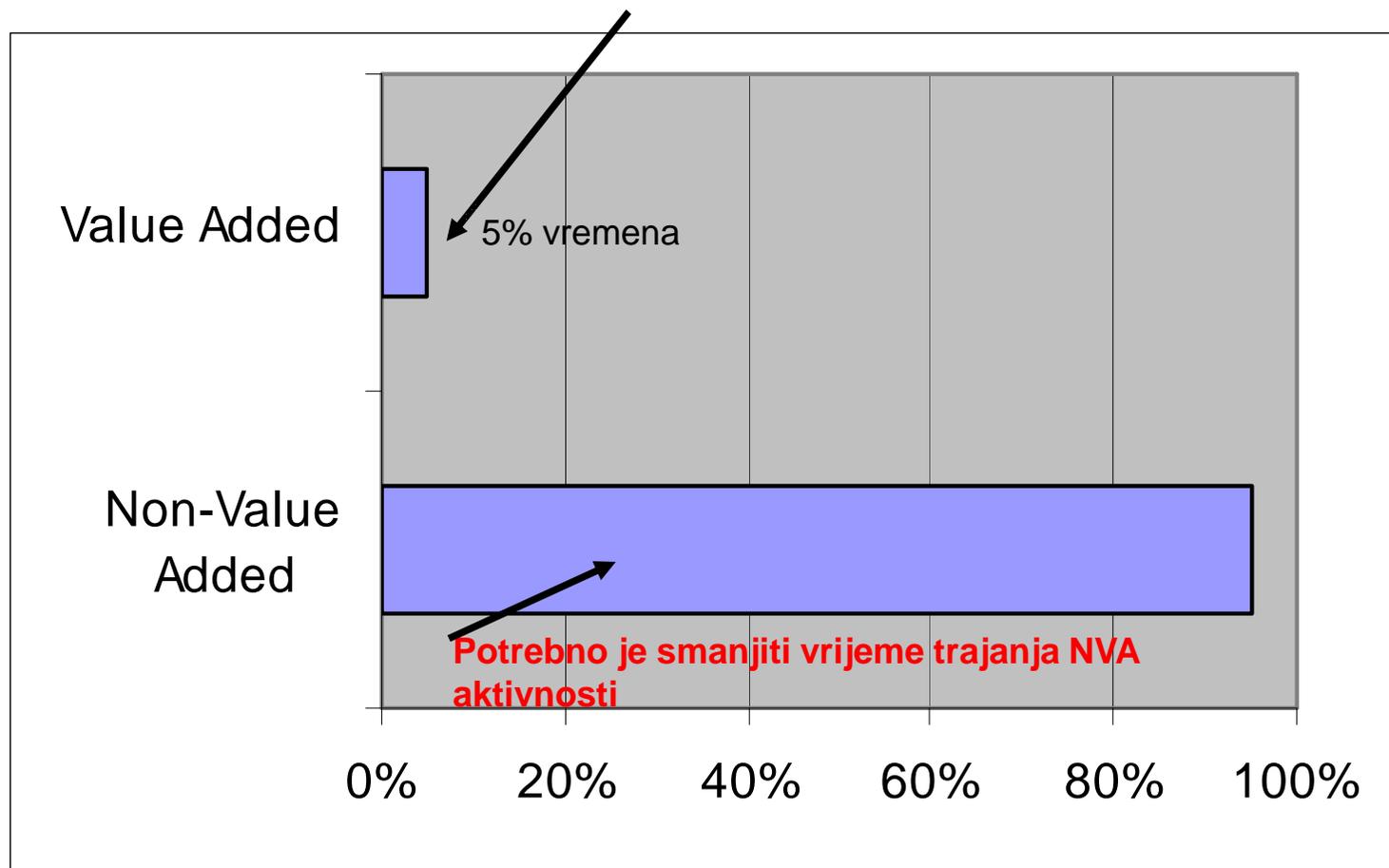


Aktivnosti koje donose (stvaraju) vrijednost

“The longer an article is in the process of manufacture, the greater is its ultimate cost.”, Henry Ford, 1926

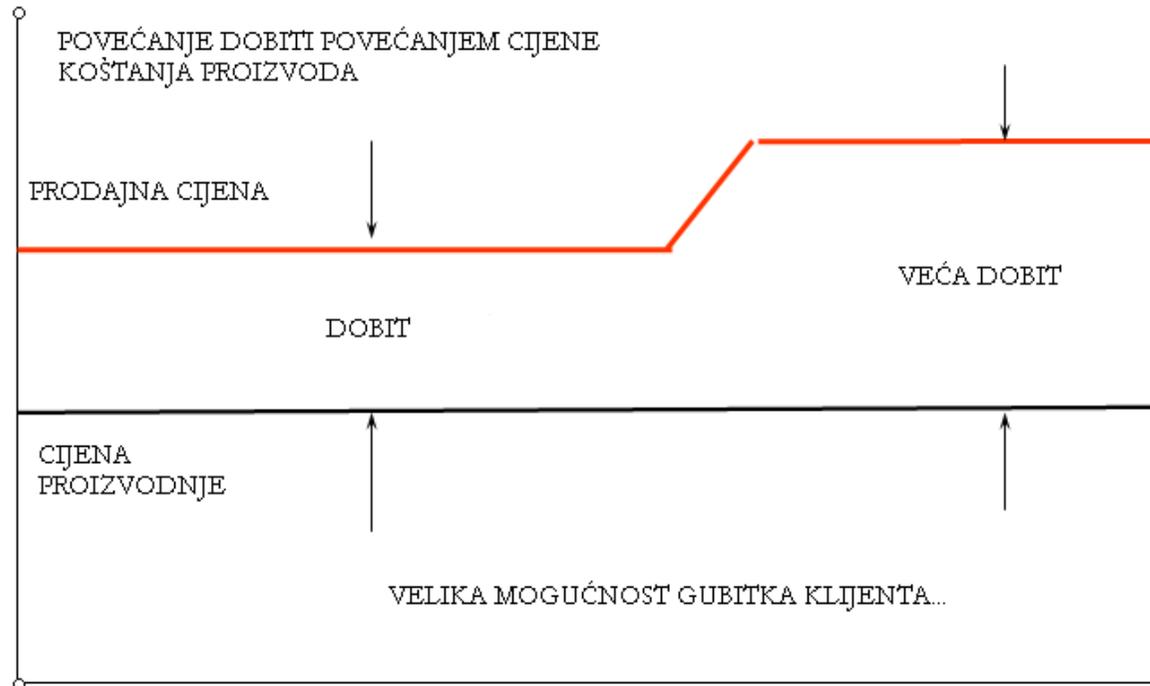
Tradicionalni pristup unapređenju proizvodnog procesa

Fokus na poboljšanje VA aktivnosti



U vrijeme razvoja Lean filozofije, zapadni svijet je na slijedeći način kreirao cijenu proizvoda:

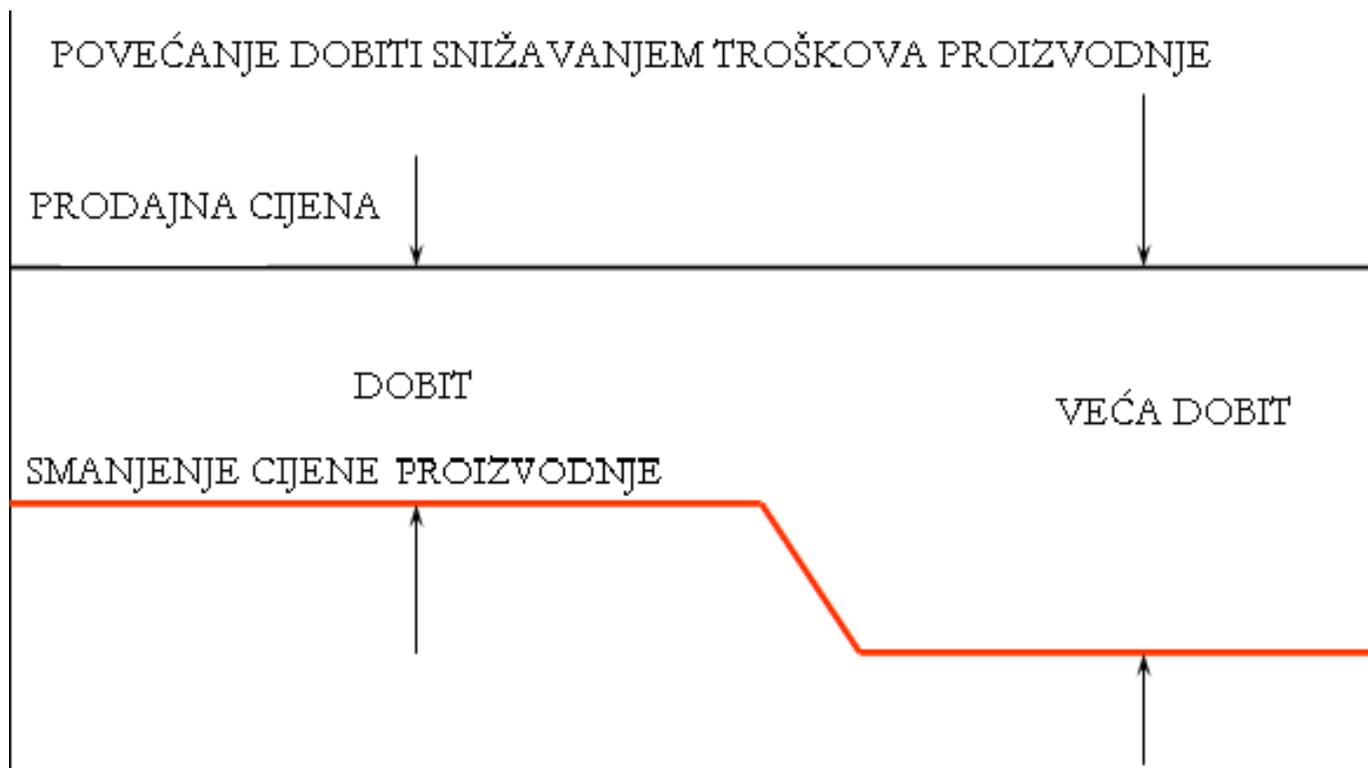
$$\text{Cijena} = \text{troškovi} + \text{dobit}$$



U gore navedenoj formuli, ako se poveća cijena proizvodnje , najbolji način zadržavanja dobiti je podizanje cijene proizvoda, tako da dobit po jedinici proizvoda ostane ista.

U Japanu, uglavnom misleći na Toyotu, kreirana je cijena proizvoda na slijedeći način:

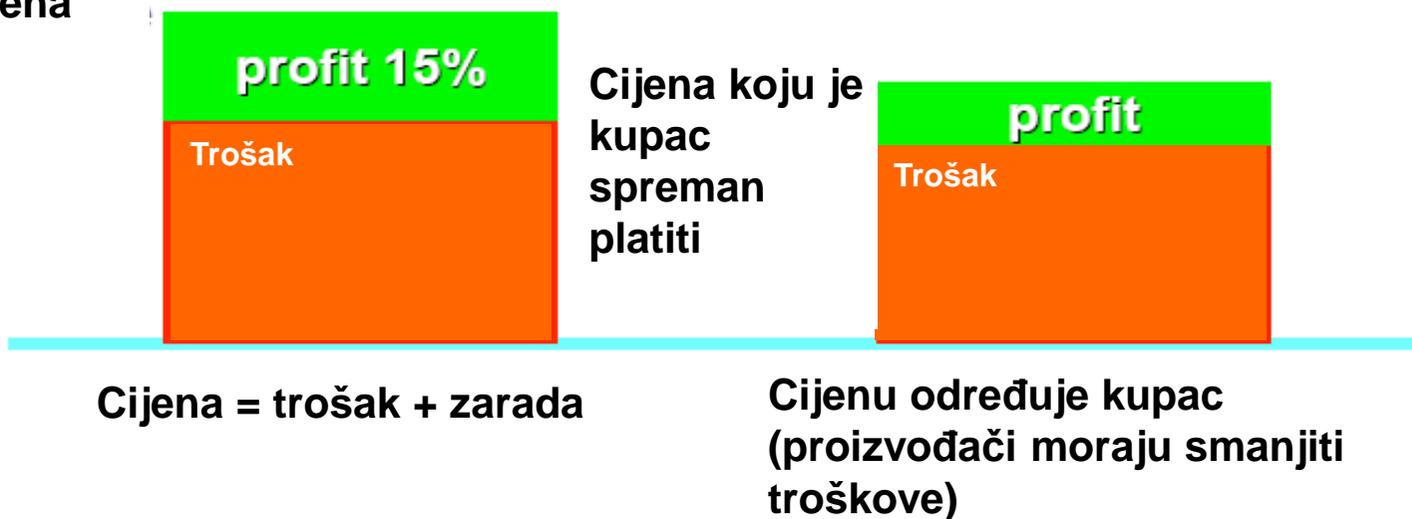
$$\text{Dobit} = \text{cijena} - \text{troškovi}$$



U ovom slučaju, ako je cijena proizvoda fiksna, jedini način povećanja profita je snižavanje troškova proizvodnje. Danas se ova formula koristi širom svijeta, ali prije mnogo godina ovo je bio revolucionarni način vođenja kompanije.

Fundamentalni troškovni princip se promijenio još početkom 90-tih!

Cijena



Sedam vrsta gubitaka

1. **Proširenje procesa** – uvođenje/prisutnost nepotrebnih aktivnosti u proces
2. **Transport** – nepotreban transport zbog pogrešnih dijelova, transport vozila
3. **Kretanja** – nepotrebno kretanje radnika u procesu
4. **Skladište** – propusti u komunikaciji između skladišta i radione
5. **Čekanja** – radni nalog, direktni prijem, završna kontrola
6. **Greške u radu** – reklamacije (netočno izvedena operacija, neispravni zamjenski dijelovi)

Lean proizvodnja – alati i principi



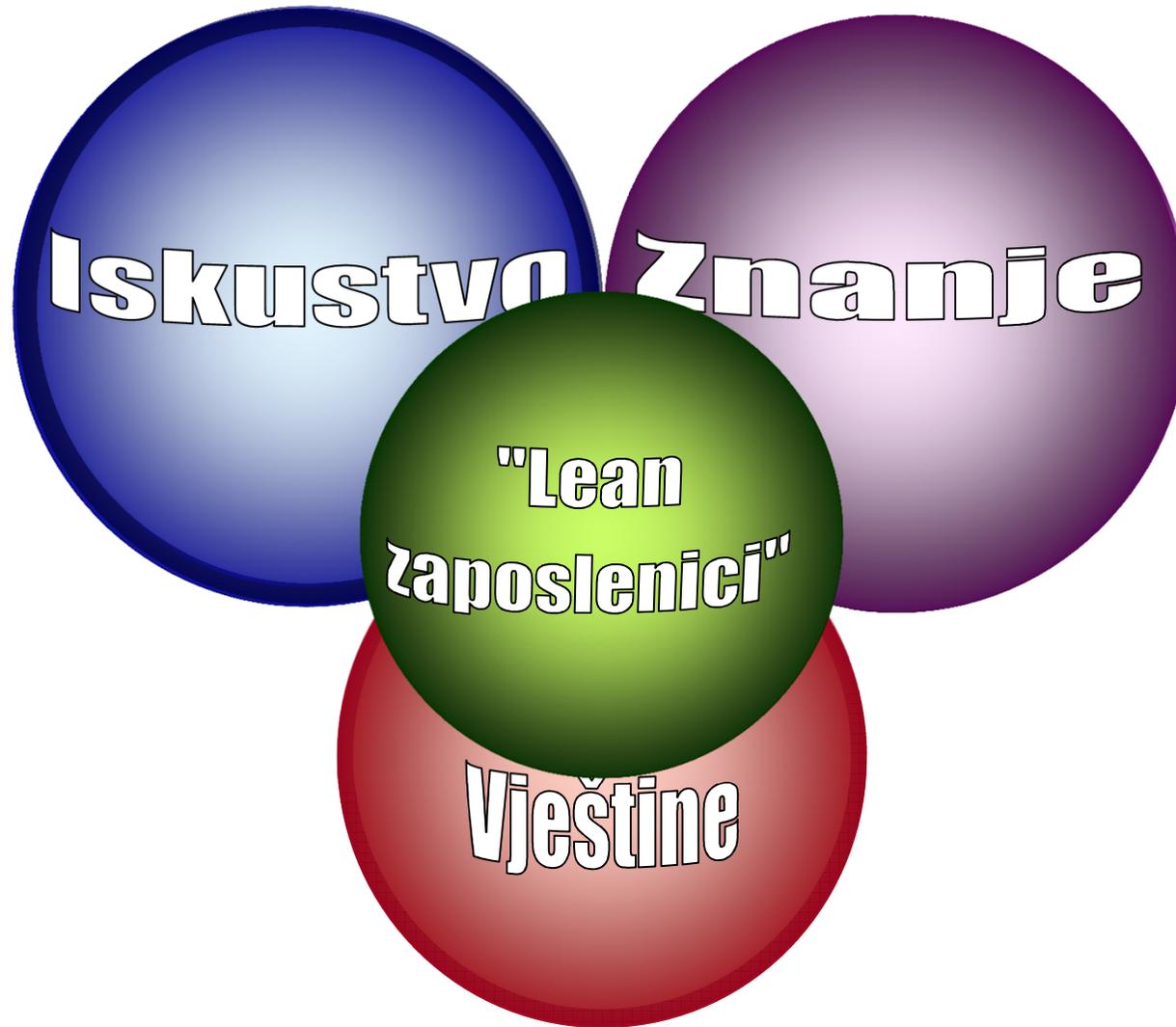
Lean proizvodnja – upravljanje znanjem i promjenama?

- Poduzeće = ljudi (zaposlenici)
- Lean poduzeće – “Lean zaposlenici”
- Zaposlenici moraju “postati Lean” prije nego poduzeće postane Lean

Što to znači?



“Lean zaposlenici”



Znanje, vještine

- Lean principi
- Lean alati
- Posebne vještine
- Inicijativa
- Inovacija
- Suradnja



- Lean poduzeće treba osigurati ljude sa znanjem, iskustvom, vještinama
- Iskustvo se stječe s vremenom, ali mora postojati podrška
- Znanje i vještine dolaze sa **edukacijom** i **treningom** (uvježbavanjem)

Učenje nije obvezno ...

ali nije ni opstanak.

Dr. Deming

•Kaizen i Toyota

•→ Radnici su u središtu sustava



Zapad vs Japan

Kaizen – razlike između kulture Zapada i Japana.

Zapad daje značaj velikim idejama, velikim i značajnim doprinosima pojedinaca, dok je za Japan karakterističan timski rad, te mala svakodnevna poboljšanja.

ZAPAD – velike ideje i poboljšanja dolaze od menadžmenta, inženjera..

JAPAN - velika poboljšanja dolaze od konstantnih malih poboljšanja od strane radnika iz pogona. Poboljšanje – samo novi početak za promjenu.

Kaizen

Sustav uključivanja svih zaposlenika tako da ih se potiče na svakodnevna mala poboljšanja, bilo gdje je to moguće, kao i aktivno uključivanje u radionice gdje se radi na rješavanju konkretnih problema.

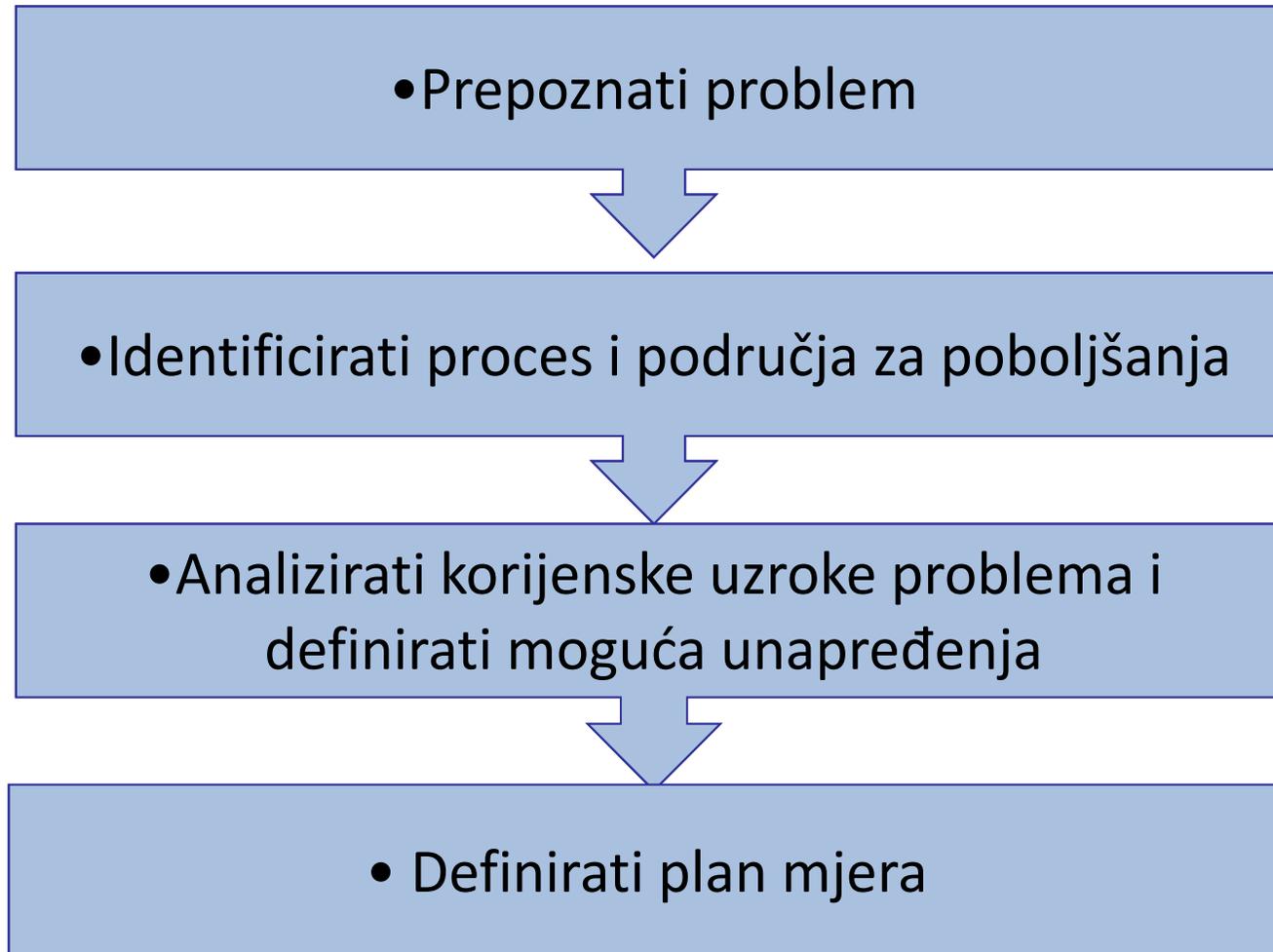


- Kontinuirana mala poboljšanja
- Poboljšanja se odmah implementiraju
- Svi su uključeni

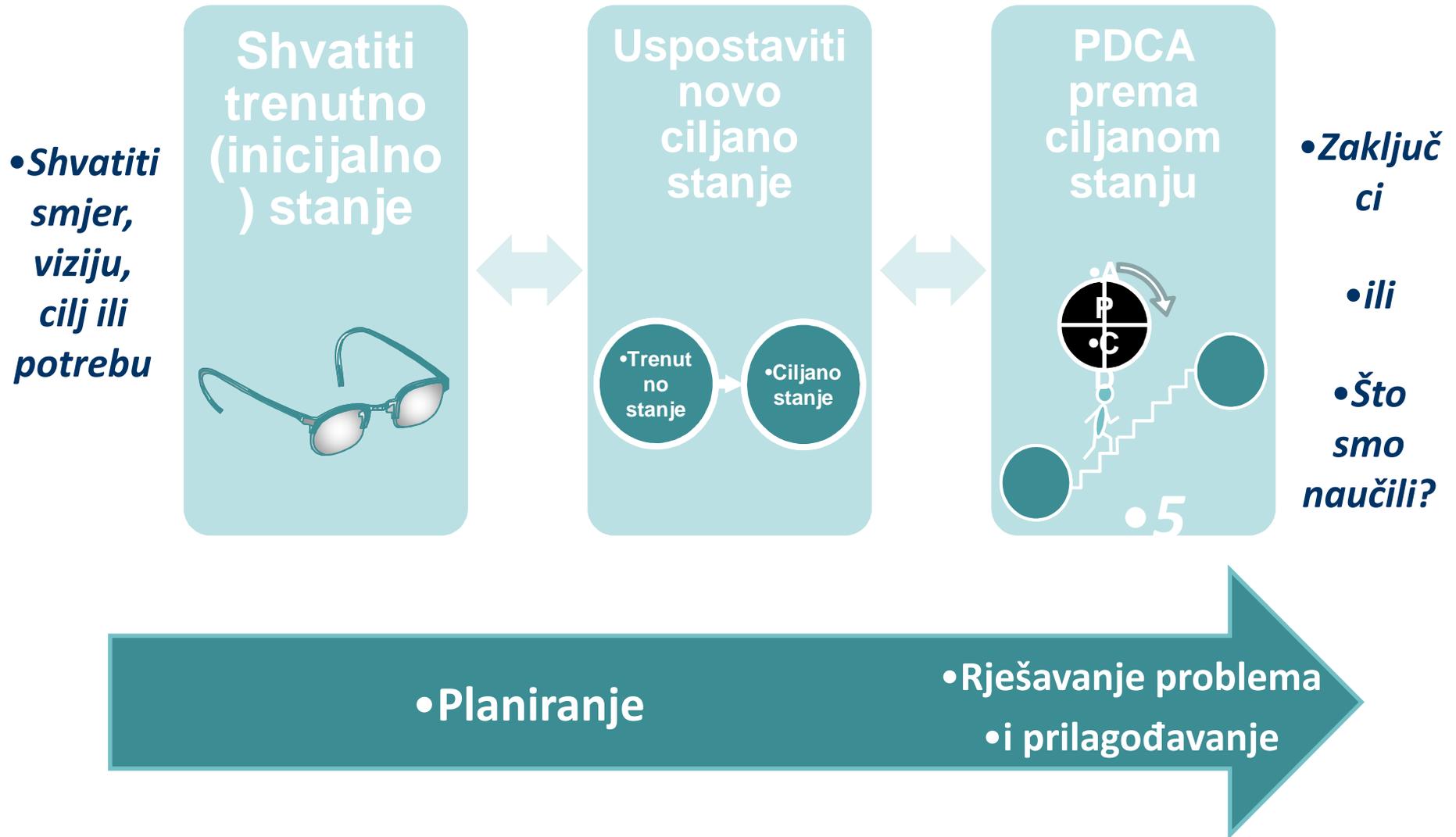
Kaizen radionice

- konkretan problem
- mala grupa zaposlenika
- podrška menadžmenta
- interdisciplinarnosti timova.....
- Jedan od fundamentalnih aspekata Kaizena je sudjelovanje zaposlenika na svim razinama organizacije.
- Kaizen – ozračje u kojem svaki zaposlenik može slobodno ukazati na probleme i priznati pogrešku
 - Ne traži se krivac!!
 - Rješavaju se problemi!!!

Kaizen radionica - koncept



Kaizen



5 S – koncept koji potiče iz Toyotinih pogona a glavni mu je cilj poboljšanje načina rada unutar tvornice ili bilo kakve druge organizacije

- *Seiri* – Sort - sortiranje
- *Seiton* – Straighten - red
- *Seiso* – Scrub - čišćenje
- *Seiketsu* – Standardite - standardizacija
- *Shisuke* – Sustain - samodisciplina

Seiri – sortiranje

- *Potrebno je identificirati sve stvari nepotrebne za rad, odnosno proizvodnju i eliminirati ih iz radnog prostora!*
- *Odabrati alat neophodan za rad*
- *Alat i materijali koji nisu često korišteni u zasebna spremišta (“Red Tag”!!)*
- *Stvari koje se uopće ne koriste baciti!*

Nakon ovog koraka lako pronalazimo stvari koje nam trebaju, a također dobivamo i slobodni prostor!!!



Seiton – red

- *Stvari koje koristimo trebaju biti sistematski posložene, tako da ih možemo jednostavno koristiti te da ih svatko može lako pronaći!*
- *Stvari moramo organizirati tako da svaki predmet ima određeno mjesto gdje pripada. Sljedeće smjernice će zasigurno minimizirati uzaludno kretanje zaposlenika:*
 - *često korišten alat mora biti smješten u blizini mjesta gdje se koristi;*
 - *alati koji se koriste zajedno moraju biti i smješteni zajedno;*
 - *alat treba biti spremljen prema onom redoslijedu kojim se i koristi*

- Etiketiranje : bez označavanja se vrlo lako zaboravlja gdje stvari stoje!
- Ergonomija: često korišten alat treba biti smješten na lako dostupnom mjestu i da se izbjegne nepotrebno saginjanje, istežanje ili pretjerano hodanje!
- stvari kasnije treba biti jednostavno vratiti na njihovo mjesto – posebno je bitno da označavanje bude razumljivo i jednostavno. Često korištena oprema, alat i materijali, a naravno i njihovo mjesto skladištenja moraju biti jasno označeni.

Seiso – čišćenje

- *Stvari i radni prostor treba održavati i čistiti; otpad i prljavština na radnom prostoru su neprihvatljivi!*
- *Nije dovoljno jednom očistiti i urediti radni prostor i pribor !*
- *Nužno je redovito čišćenje, obično na dnevnoj bazi, jer se u suprotnom sve vraća na staro !*

Seiketsu – standardizacija

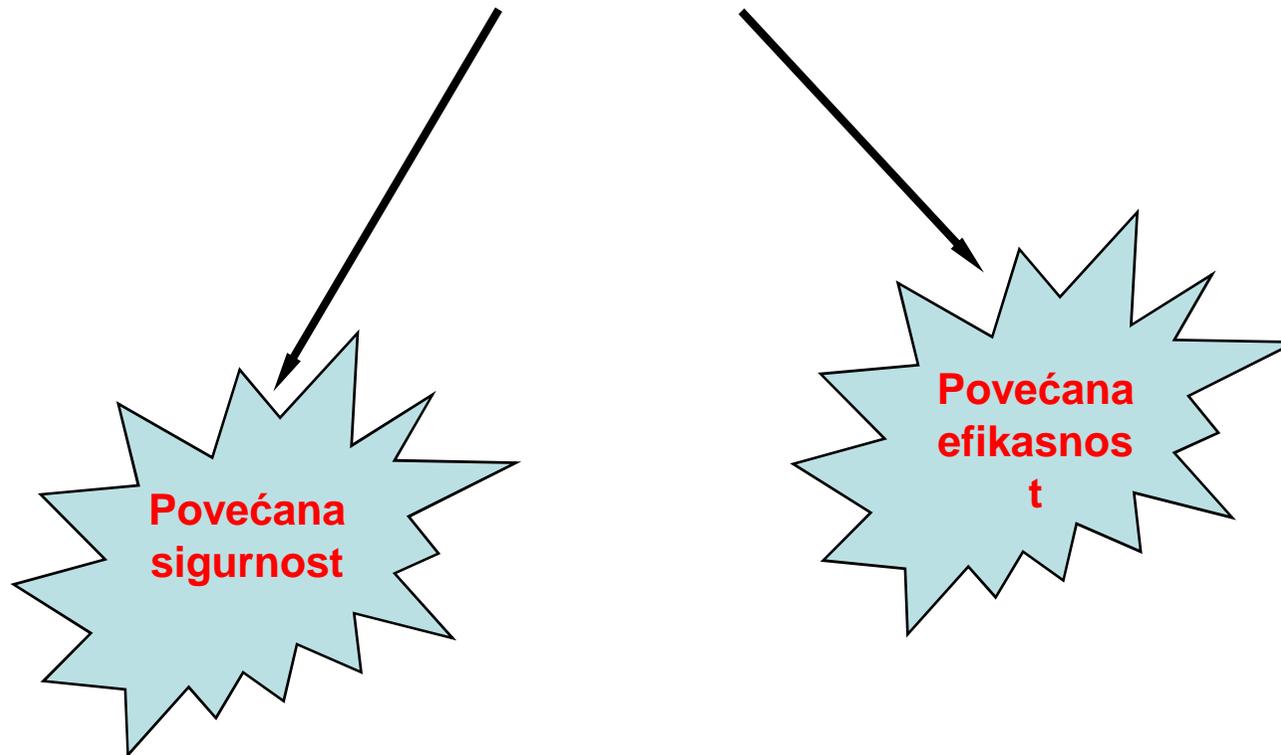
- *U ovom koraku uspostavljamo standardne rutine i pretvaramo ih u navike*
- *Jedan od najvećih problema je kako izbjeći vraćanje starim navikama*
- *Za početak je dobro postaviti pisane standarde i procedure na plakatima (uočljivi natpisi)*



Shisuke – samodisciplina

- *Sustain ili samodisciplina najkompleksniji je zadatak jer nije dovoljno povremeno počistiti radno mjesto kako bi odali dojam organizacije i čistoće, već je potrebno održavati taj red i prilagođavati se novonastalim uvjetima!!!!*

Što se postiže primjenom 5S-a?



Čisto i sistematično organizirano radno mjesto povećava sigurnost na radnom mjestu te radnu učinkovitost.

PULL vs. PUSH

Tipično za masovnu proizvodnju:

Svaka operacija je "izolirani otok", funkcionira sama za sebe, proizvodi prema rasporedu (nalogima) dobivenim iz odjela planiranja proizvodnje, nevezano što operacija koja slijedi nakon treba

Kako odjel planiranja planira proizvodnju? – prema prognozama koje su često netočne.

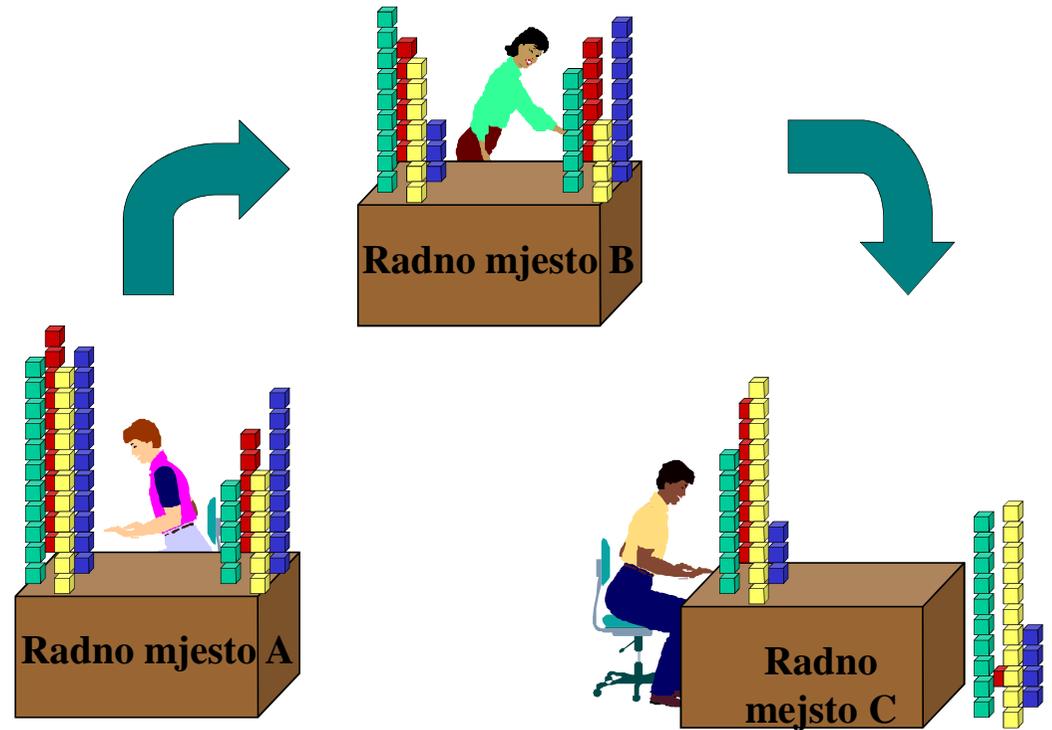
Proizvodnja se "gura" prema kupcu (push) umjesto da se iz proizvodnje "izvlači" (pull) upravo ono što kupac želi

Kako to rješava Lean?

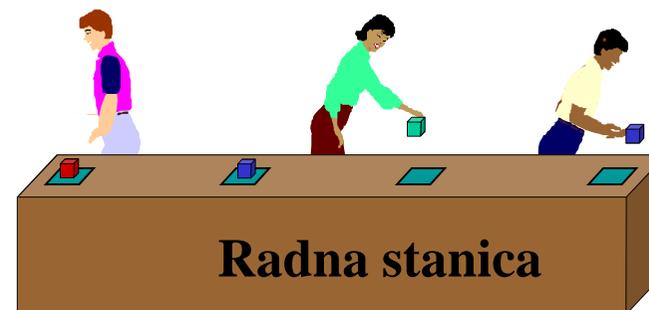
Proizvodi se točno ono što kupac želi, sa što je moguće manje gubitaka, tj. rasipanja.

Serijska i jednokomadna proizvodnja

Push – proizvodnja u serijama



Pull – proizvodnja teče; proizvodnja u taktu



Zašto manje serije proizvodnje?

- Brži odgovor na neočekivane potrebe u potražnji
- Smanjuju se zalihe gotovih proizvoda , te zalihe između pojedinih operacija (WIP – Work in Process)

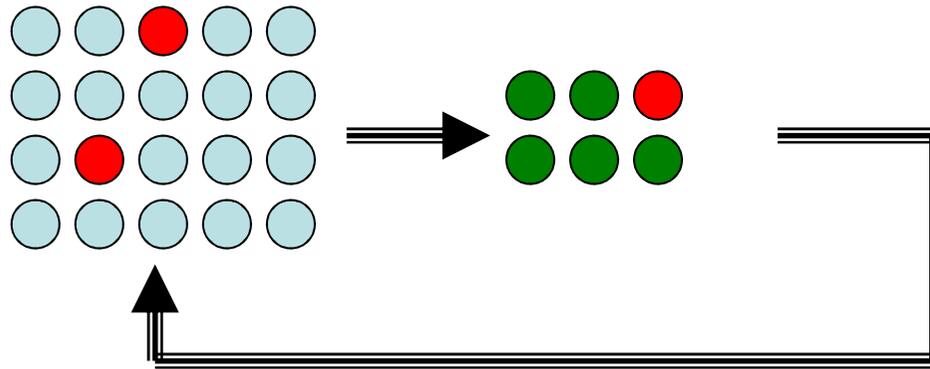
Osnovni preduvjeti za manje serije proizvodnje:

- Visoka pouzdanost i efikasnost strojeva
- Proizvodnja bez grešaka
- Standardizirane operacije i procedure
- Brza izmjena i namještanje alata
- Dobar razmještaj strojeva
- Proizvodnja u taktu

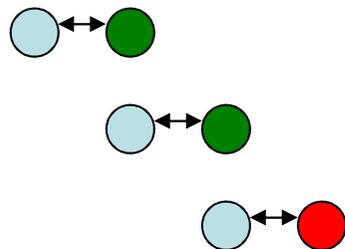
Proizvodnja u serijama

Kontrola

Povratna informacija sa zakašnjenjem



Jednikomadni tok – Pravodobna povratna informacija



● Ulaz

● Ispravan izlaz

● Neispravan izlaz (škart)

Literatura:

1. James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos; **"The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production"**, Seamon & Schuster UK Ltd, 2007
2. Jeffrey K. Liker; **"The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer"**, McGraw-Hill 2004.
3. James P. Womack, Daniel T. Jones; **„Lean thinking“**, Free Press, NY, 2003

.....