



Савремени менаџмент и мрежна
организација предузећа

Проучавање рада и управљање радном средином производних система – део II

проф. др Весна Спасојевић Бркић

Ергономски ризици и антропометрија у радној средини

RULA

Datum: _____		Zadatak: _____	
Kompanija: _____		Supervisor: _____	
Odeljenje: _____		Evaluator: _____	

Položaj nadlaktice		Levo	Desno
Dodatna razmatranja +1 ako je ruka savijena +1 ako je ruka savijena +1 ako je ruka savijena			
Položaj podlaktice		Levo	Desno
Dodatna razmatranja +1 ako ruka prelazi srednju liniju tela ili osu			
Položaj zgloba		Levo	Desno
Dodatna razmatranja +1 ako je zglob savijen od srednje linije			
Uvijanje zgloba		Levo	Desno
Položaj vrata		Levo	Desno
Dodatna razmatranja +1 ako se uvrta +1 ako je bočno savijen			
Položaj leđa		Levo	Desno
Dodatna razmatranja +1 uvrten +1 bočno savijen			
Položaj nogu		Levo	Desno
Dodatna razmatranja +1 ako je dobro podržan i ravnomerno izbalansiran +1 ako nije			

Ocena opterećenja tela	Opis
0	Bez opterećenja tela; Težina <= 2,4 kg ili sila - povremeno
1	Težina od 2 do 10 kg ili sila 20 do 100 N - sa prekidima
2	Težina od 2 do 10 kg ili sila 20 do 100 N - statički
3	Težina >= 10 kg ili sila >= 100 N - povremeno
4	Težina >= 10 kg ili sila >= 100 N - statički
5	Težina >= 10 kg ili sila >= 100 N - ponavljajući se
6	Prevelika težina ili sila (> 100 N)

L	D	L	D	L	D	L	D
0	0					0	0
Ocena A	Rad mešica	Snaga	Ocena C				

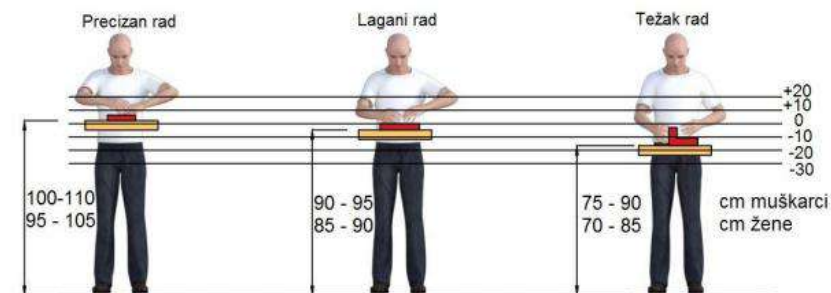
Beleška

--

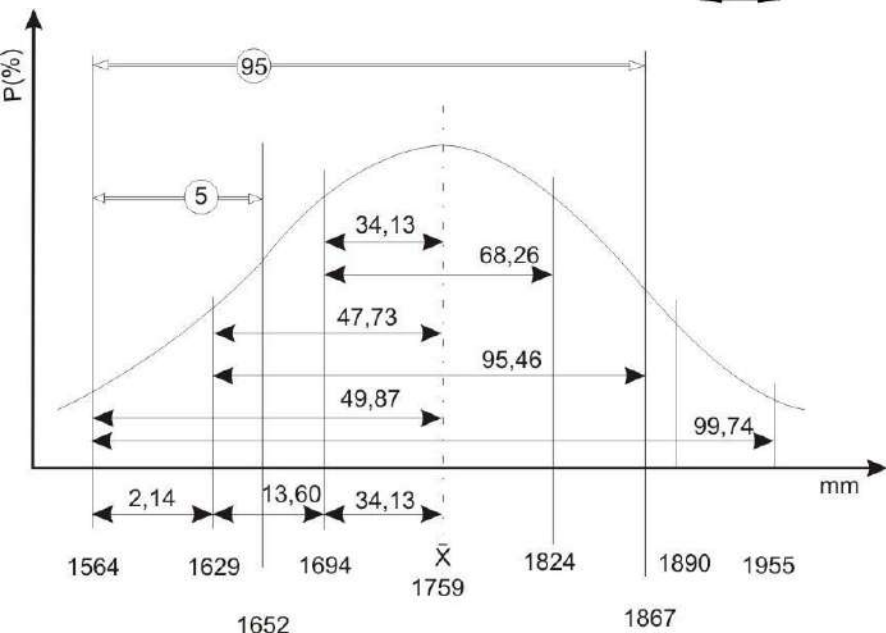
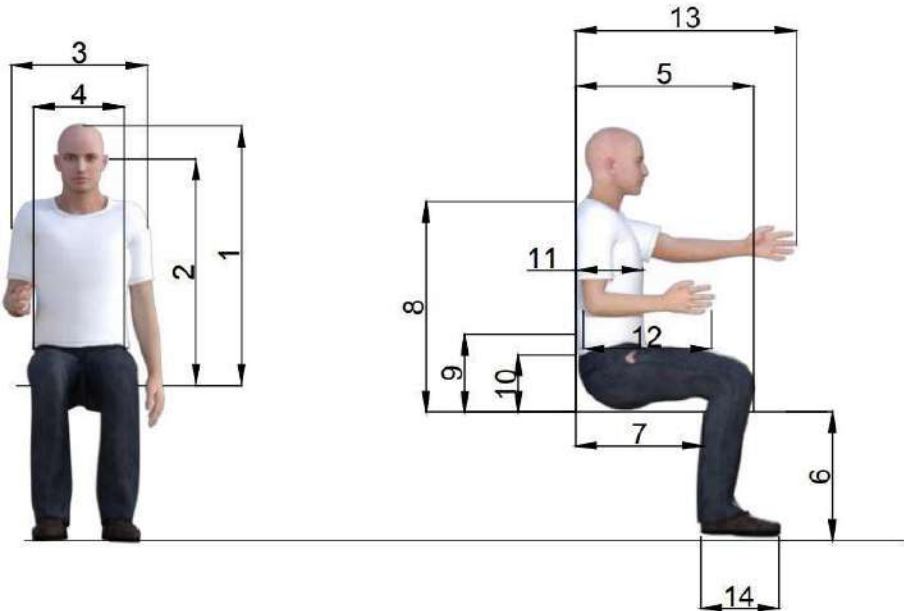
L	D	L	D	L	D	L	D
0						0	
Ocena B	Rad mešica	Sila	Ocena D				

1-2	Nema ergonomske rizika	položaj tela prihvatljiv; preoblikovanje radnog mesta nije potrebno
3-4	Nizak ergonomske rizik	nisko opterećenje položaja tela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mesta možda potrebno
5-6	Srednji ergonomske rizik	srednje opterećenje položaja tela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mesta potrebno u doglednom vremenu
7-8	Visok ergonomske rizik	visoko opterećenje položaja tela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mesta potrebno odmah

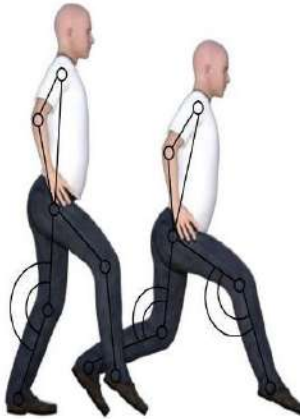
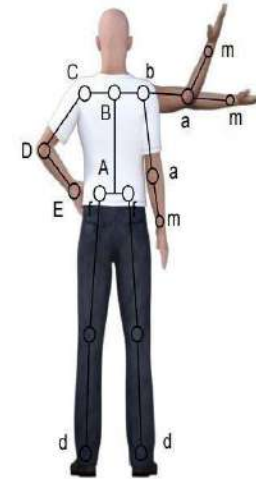
- Ергономија (грчки: Ергон = рад и Номос = закон, правило) користи биомеханичке анализе покрета тела и студију времена за анализу обављања радних задатака.
- Ергономске методе за процену ризика су настале као одговор на потребу за сигурнијим и здравијим радним окружењем.
- Најчешће коришћене методе за процену ергономских ризика су:
 - **NIOSH Lifting Equation** - процењује ризике код радњи подизања и спуштања.
 - **Rapid Entire Body Assessment (REBA)** – процењује ризике код радњи за чије обављање користи цело тело.
 - **Rapid Upper Limb Assessment (RULA)** – процењује ризике код радње за чије извођење су ангажовани врат, труп и горњи екстремитети
 - **Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)** - за процену ризика физичког напрезања изазваног различитим положајима током рада. За разлику од других метода процене положаја, као што су RULA или REBA, које се фокусирају на појединачне положаје, OWAS процењује све положаје усвојене током задатка.



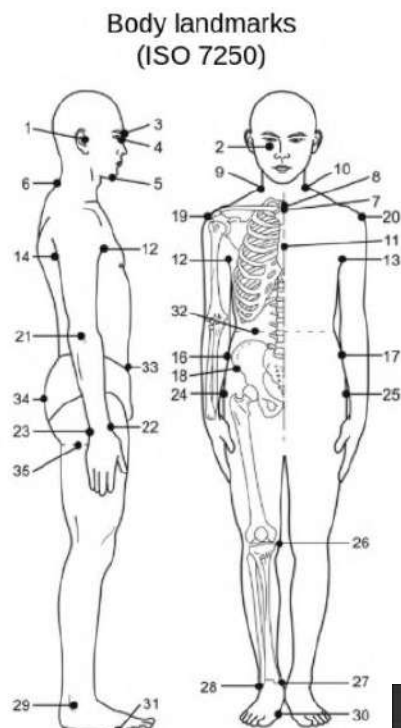
Антропометрија и радна средина



- Антропометрија је метод мерења морфолошких карактеристика људског тела и његових сегмената.
- Статички и динамички антропометријски подаци се користе за одређивање просторних услова на радним местима, који чине основу за одговарајући дизајн радног места, методе рада и конструкцију машина или радне опреме.
- Приликом пројектовања радних места и одређивања радних простора и локација користе се вредности 5. и 95. перцентила, које су у границама од $x \pm 1,65SD$, што покрива 90% популације, као на слици.
- За одговарајуће пројектовање радног места и метода рада, статички антропометријски подаци се допуњују кинематичким антропометријским подацима са циљем прилагођавања димензија радног стола, седишта, алата и радне опреме особи.
- Динамичка антропометрија је потребна за описивање кретања и израчунавање сила и момената који делују на људско тело.

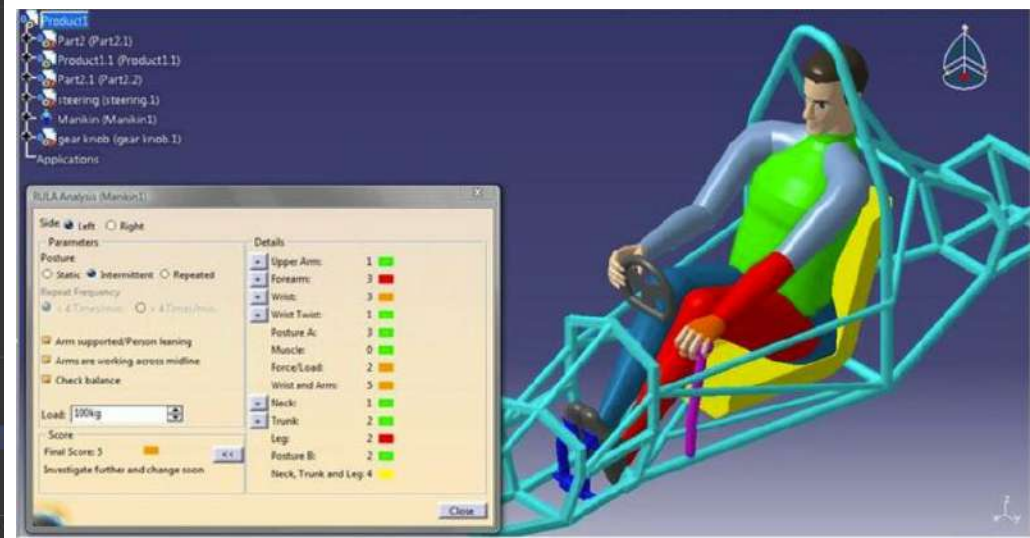
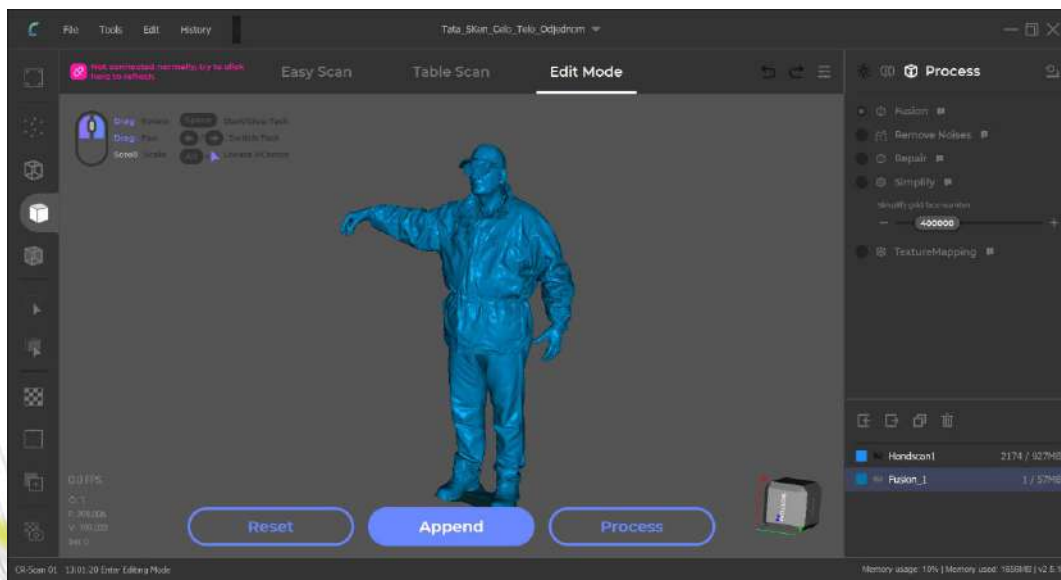


Прикупљање антропометријских података



3д скенер CreaLity CR-Scan 01

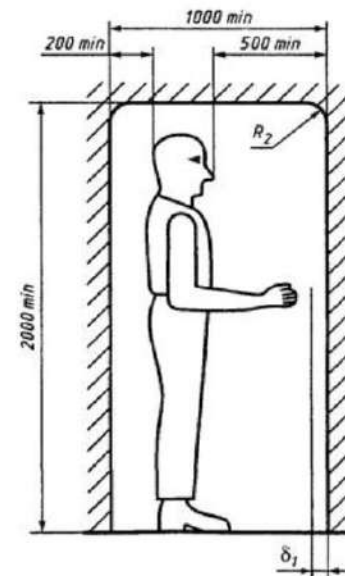
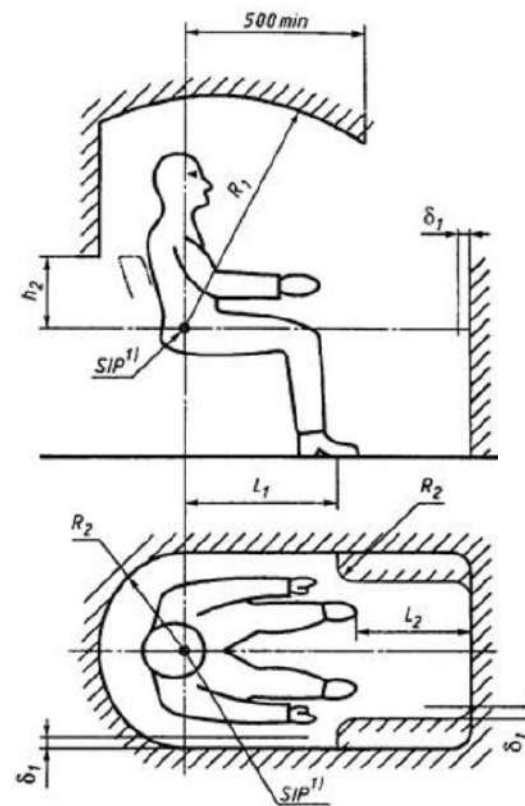
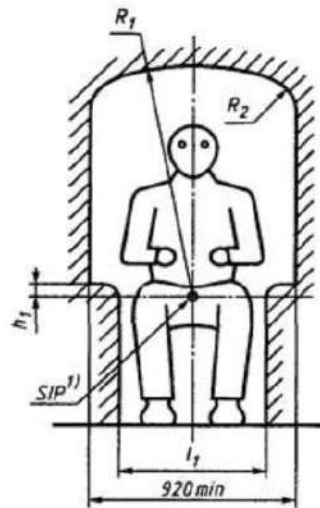
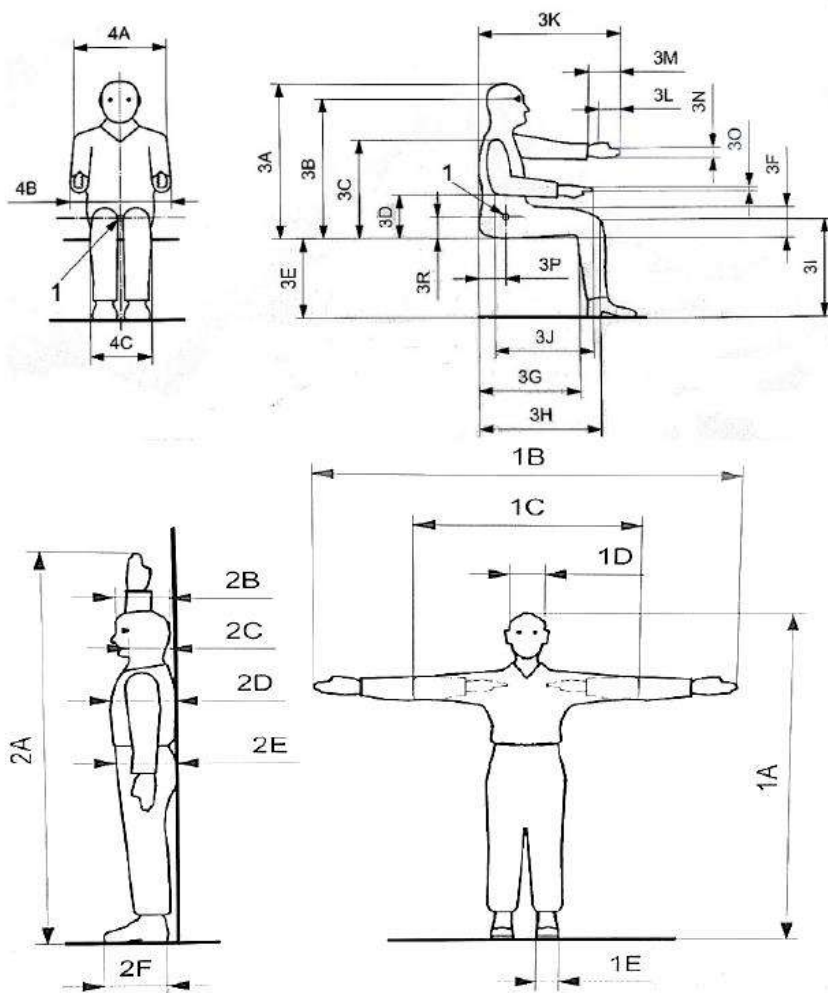
- Антропометријски 3Д скенер је неинвазивна технологија која користи светлосне (оптичке или ласерске) или сензоре дубине за снимање детаљног 3Д модела људског тела, из којег се могу извући стотине прецизних, аутоматизованих антропометријских мерења.
- Примена 3д скенера CreaLity CR-Scan 01 за прикупљање прецизних, аутоматизованих антропометријских мерења.
- Примена софтвера нпр. Catia за даље моделовање (подаци за неколико земаља).



Прорачун антропометријских података



Додатно се могу користити и ИСО стандарди нпр. СРПС ИСО 7250-1:2017 Основне мере људског тела за технолошко пројектовање - Део 1: Дефиниције мера тела и репери, СРПС ИСО 3411:2010 Рударске и грађевинске машине - Физичке мере руковалаца и најмањи простор за руковаоца и др.



Прорачун антропометријских података

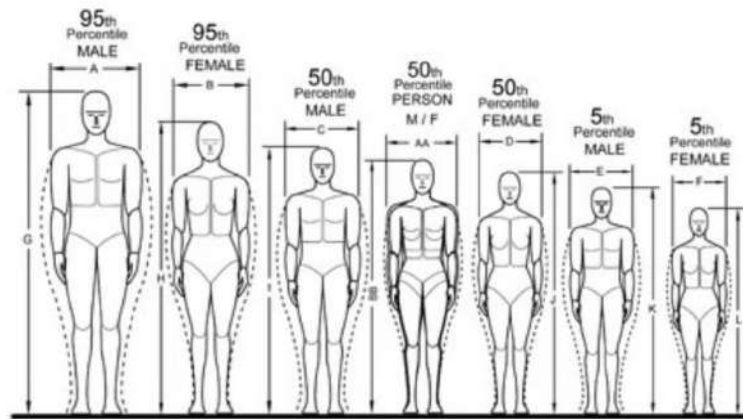


- **Униваријантни и мултиваријантни прорачун модела** ради пројектовања радног места
- **Униваријантни прорачун – ПЕРЦЕНТИЛИ**
- Перцентил је мера која се користи у статистици за показивање вредности испод које дати проценат опсервација у групи опсервација пада.
- Перцентилом се изражава проценат популације који сигурно има мању вредност антропометријске величине од оне која припада датом центилу.
- Дакле, 5-ти перцентил, за нпр. дужину руке, означава да 5 % људи има дужину руке која је иста или мања од вредности која је израчуната за овај перцентил.

$$C_x = \bar{X} \pm k_x \sigma$$

аритметичка
средина
променљиве x

стандардна
девијација
променљиве на
датом узорку



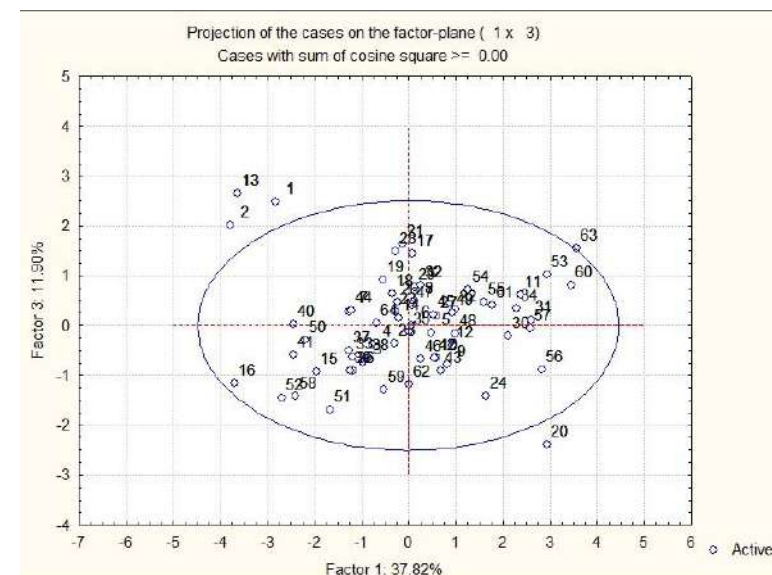
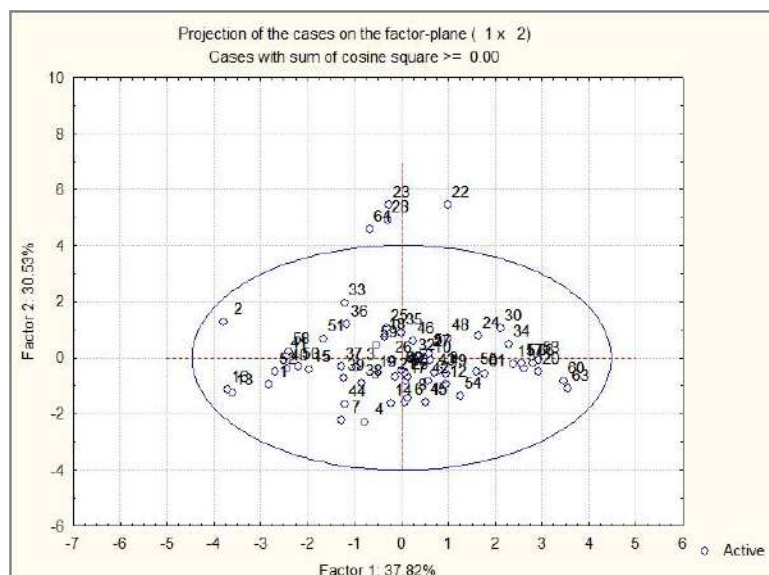
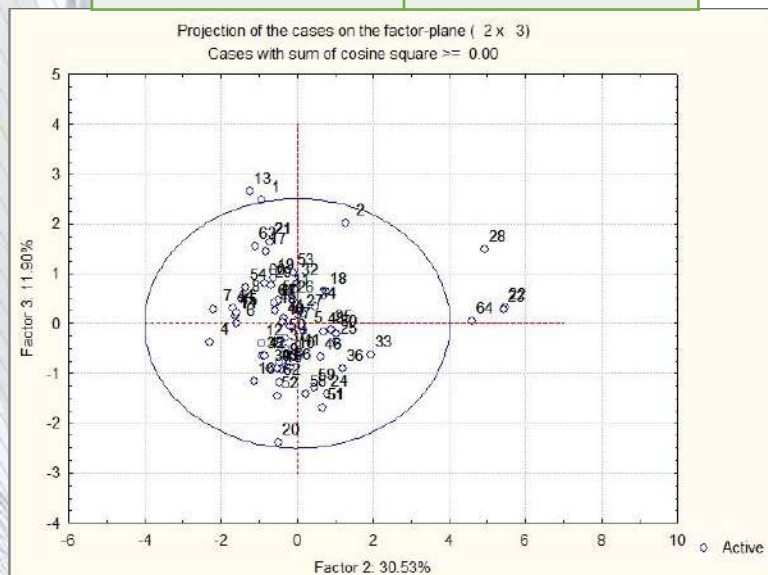
Cx	Kx
1.	-2,33
5.	-1,64
10.	-1,28
25.	-0,67
75.	+0,67
90.	+1,28
95.	+1,64
99.	+2,33

Прорачун антропометријских података



Антропометријске варијабле	Удео варијансе сваке варијабле
Висина	21.97
Ширина кука	19.25
Висина седећа	16.31
Дужина руку	13.17
Ширина рамена	12.55
Дужина натколенице	9.37
Висина потколенице	5.80
Дужина стопала	0.01
Укупно	100 %

- Мултиваријантни прорачун модела ради пројектовања радног места
- Примена методе главних компонената
- Анализа главних компоненти (енгл. Principal component analysis - PCA) је статистички поступак који користи ортогоналну трансформацију да претвори скуп опажања евентуално корелисаних променљивих (ентитета од којих сваки поприма различите нумеричке вредности) у скуп вредности линеарно некорелисаних променљивих које се називају главним компонентама.
- Ова трансформација је дефинисана на такав начин да прва главна компонента има највећу могућу варијансу (то јест, обухвата што је могуће више варијабилности података), а свака следећа компонента затим има највећу преосталу могућу варијансу под ограничењем да је ортогонална на претходне компоненте.
- Резултирајући вектори (сваки од којих је линеарна комбинација променљивих и садржи n опажања) су некорелисани ортогонални базни скуп.



Прорачун антропометријских података



Модел O, који је лоциран у центру елипсоида, представља особу која има све процесне димензије.

Модел U, представља особу са великом укупном висином, а просечном ширином и дужином стопала.

Модел V, представља особу са малом укупном висином, а просечном ширином и дужином стопала.

Модел X, представља особу са великом ширином, а просечном висином и дужином стопала.

Модел Z, представља особу са малом ширином, а просечном висином и дужином стопала.

Модел Y, представља особу са великом дужином стопала, а просечном висином и ширином.

Модел W, представља особу са малом дужином стопала, а просечном висином и ширином.

Модел A, представља особу са релативно великом ширином, али малом висином и малом дужином стопала.

Модел G, насупрот моделу A, представља особу са релативно малом ширином, али великом укупном висином и великом дужином стопала.

Модел B, представља особу са релативно малом укупном висином, али великом ширином и великом дужином стопала.

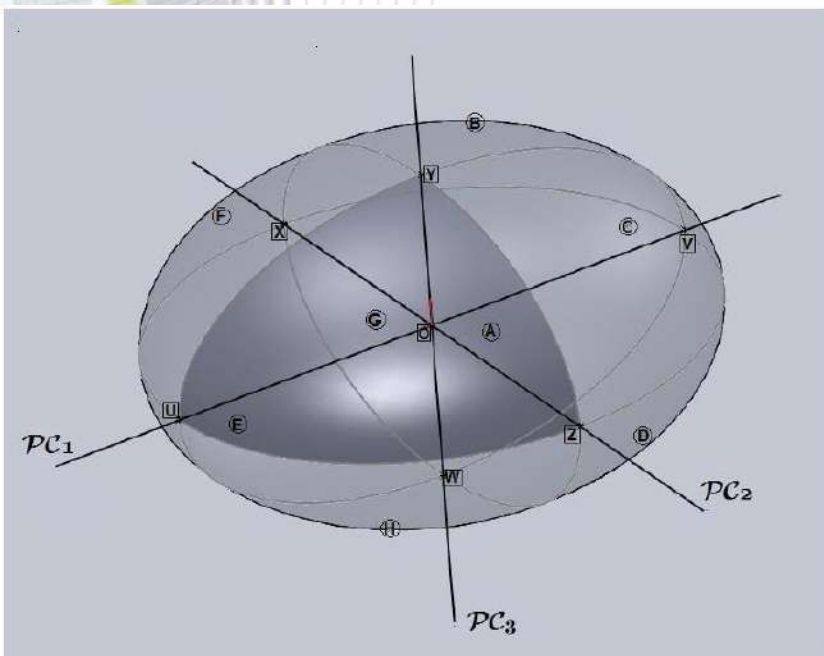
Модел H, насупрот моделу B, представља особу са релативно великом укупном висином, али малом ширином и малом дужином стопала.

Модел C, представља особу са малом укупном висином и малом ширином, али релативно великом дужином стопала.

Модел E, насупрот моделу C представља особу са великом укупном висином и великом ширином, али релативно малом дужином стопала.

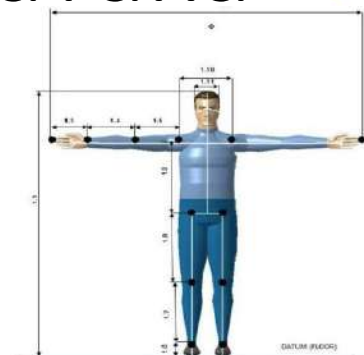
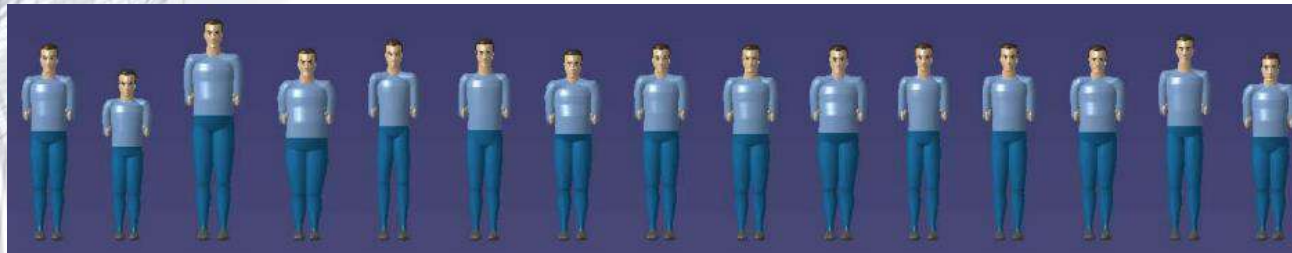
Модел D, представља свеукупно малу особу.

Модел F, насупрот моделу D, представља свеукупно велику особу.

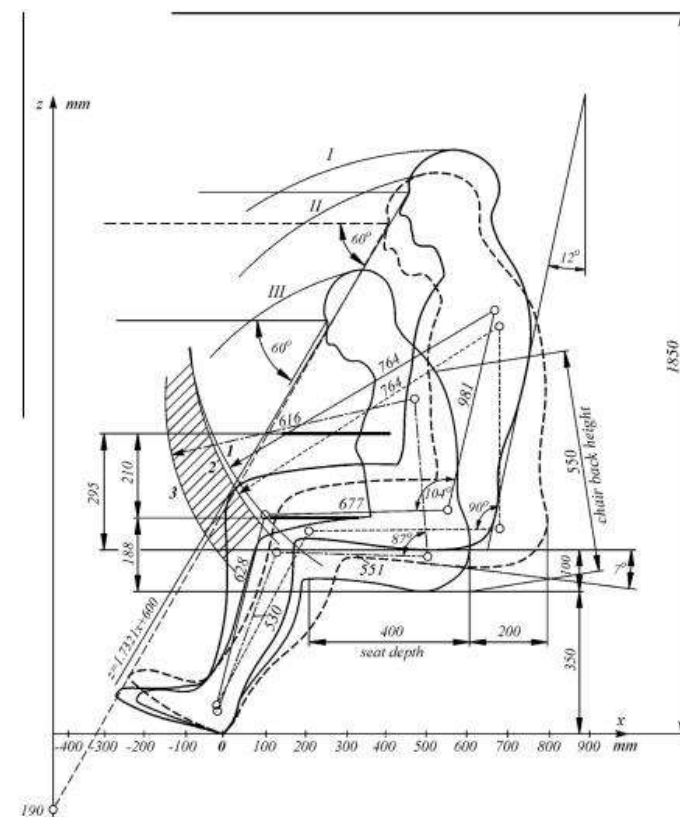
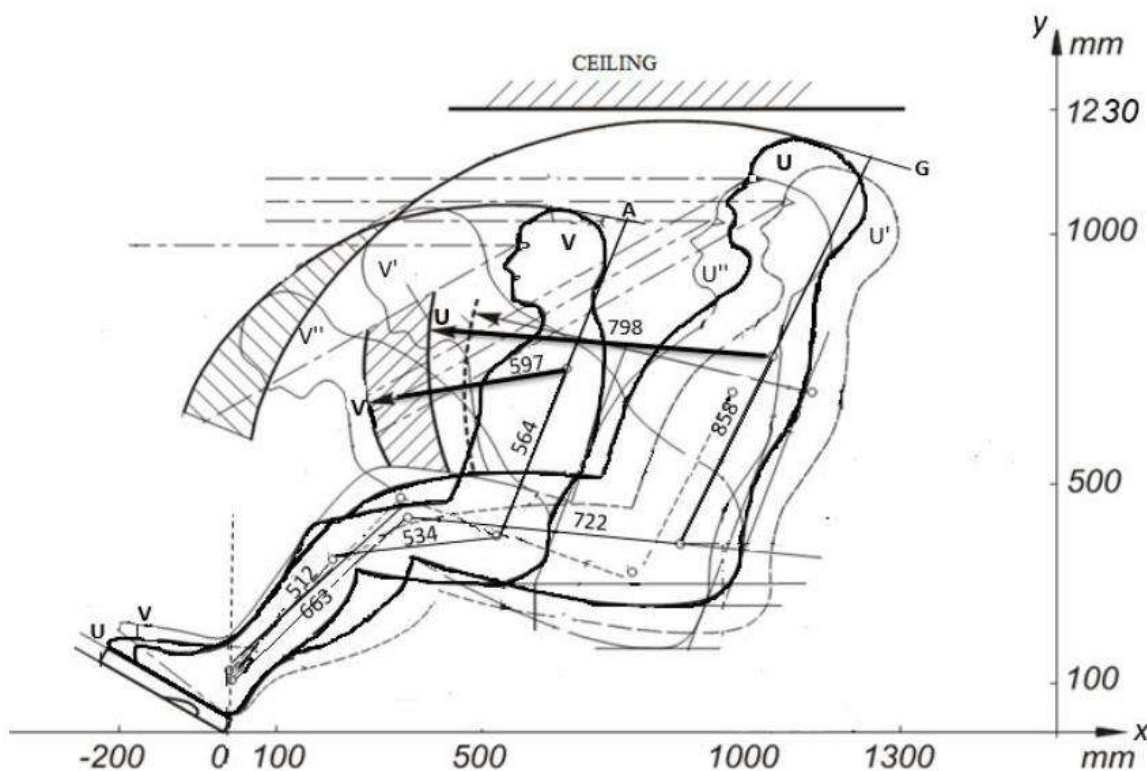


Прорачун антропометријских података

- Мултиваријантни прорачун модела ради пројектовања радног места

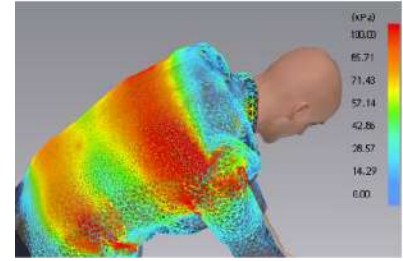


- Пример моделирања унутрашњег простора аутомобила / пример моделирања кабине крана



Динамичка антропометрија

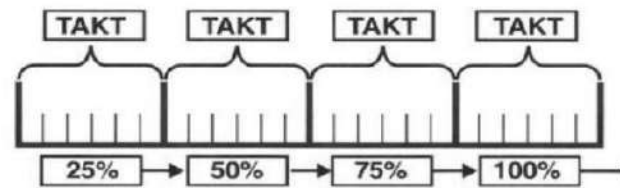
- захвати и покрети



Редослед захвата		
Питања за	Сврха	Начин
Постојеће стање	Шта се ради?	Како се ради?
Разлог	Зашто се то ради?	Због чега се тако ради?
Могуће алтернативе	Шта би се могло елиминисати?	Како би се могло радити?
Избор алтернатива	Шта би требало елиминисати?	Како би требало радити?
Правила	1. Кад год је могуће елиминисати захват. 2. Кад год је могуће спојити захват са претходним или наредним. 3. Кад год је могуће радити скуп захвата на више делова истовремено. 4. Кад год је могуће ослободити руке а захвате извршавати ногама. 5. Променити редослед захвата кад год то доводи до ефикаснијег рада, смањеног напора и скраћења времена. 6. Оптерећење захвате треба да извршају они делови тела чије карактеристике оптимално одговарају.	
Начин побољшавања	1. Испитати могућност да се елиминише део. 2. Испитати могућност да се елиминише операција. 3. Елиминисати захват. 4. Спојити више захвата. 5. Поделити захват на више захвата. 6. Променити ток обављања захвата.	
	РАЦИОНАЛИЗОВАТИ РАСПОРЕД ОПРЕМЕ И КОМАНДИ НА РАДНОМ МЕСТУ	
Циљ	УКОЛИКО СЕ: 1. Скраћује потребно време за операцију. 2. Повећава продуктивност. 3. Побољшава хуманизација. 4. Смањује садржај рада. 5. Снижавају трошкови.	

- Проучавање редоследа **захвата** приликом извођења операција на радном месту значајно је јер се поред претходно дефинисаних активности којима се повећава вредност предмета рада (обрада и контрола – технолошки захвати), проучавају и организациони захвати (складиштење, транспорт, руковање материјачом) и дефинише оптималан редослед свих захвата који омогућава најлакше и најефикасније извођење операција.
- Проучавање **међузависности захвата** приликом извођења операције на радном месту је важно јер се другачијом поделом рада између више ресурса (радника и машина) и њиховом синхронизацијом може скратити трајање циклуса операције и на тај начин значајно повећати продуктивност без додатних иновација.
- **Покрет** представља процену положаја неког дела тела (руке, ноге...) или мисаону радњу радника у процесу рада. Проучавање операције на нивоу покрета важно је јер се на тај начин препознају и елиминишу непотребни покрети (расипања због којих се губи време), као и опасни или штетни покрети који због велике фреквенције понављања могу довести до професионалних обољења или повреда. Истовремено се врши и синхронизација покрета радника како би се трајање операције смањило на минимум.
- **Динамичка антропометрија** – информације о динамичким антропометријским варијаблама када је тело у кретању. Подаци о динамичким димензијама тела, односно информације о међузависности антропометријских података везаних за динамику кретања при обављању сложених производних задатака - информације о амплитудама покрета у зглобовима, дохватном пољу, мишићној снази и кинематским ланцима, а у вези са различитим положајима тела (опсег покрета за различите зглобове, сила ногу, снага прста и сл.).

Време такта



- **Време такта (време трајања појединих циклуса у оквиру производње и дистрибуције) је производно време којим располажемо подељено жељеном количином у јединицама излазног готовог производа (односно захтевима купаца).**
- Све операције је потребно свести на време приближно времену такта и одредити оптималан број радника за сваки процес.
- Да би балансирали производну линију користећи време такта:
 - Израчунајте време такта на основу расположивог радног времена и стопе потражње купаца.
 - Направите мапу/карту тока вредности (value stream map) тренутног стања која приказује времена циклуса за сваки корак процеса.
 - Идентификујте уска грла где време циклуса прелази време такта. Ови кораци уских грла морају се побољшати путем каизена, спречавања грешака или других техника оптимизације процеса.
 - За кораке са временима циклуса мањим од времена такта, покушајте да равномерно оптеретите посао поновним балансирањем операција међу запосленима.
 - Одредити оптималан број радника за сваки процес. Стандардизована упутства за рад могу помоћи у обезбеђивању конзистентних времена циклуса.
 - Циљ је да сваки корак процеса ради на или мало испод брзине времена такта, са минималним обимом незавршене производње између станица и минималним бројем запослених.
- У Lean производњи се тактно време свих фаза производње прати и контролише, да би се успоставио континуирани ток производње.

Време такта као део стандардизованог рада



- Стандардизовани рад је назив дат, у производњи базираној на Lean принципима, за документовање корака задатка посла и редоследа по коме би их требало изводити.
 - Дефинише се: ко обавља задатак, када га ради и како се ради.
 - Документација стандардизованог рада треба да се ради у сарадњи са људима који заправо обављају тај посао као део свог посла, укључујући инжењере и супервизоре.
-
- Постоје три елемента стандардизованог рада:
1. **Време такта**
 - Да бисте одредили време такта, једноставно узмите расположиво време за производњу и поделите то према броју јединица које захтевају ваши купци. У креирању и документовању стандардизованог рада, желећете да уравнотежите време такта, које долази од купца, са временом циклуса из ваше производње
 2. **Редослед и опис радних операција**
 - Израда детаљних описа радних процедура, дефинисање начина рада и његовог трајања
 3. **Залихе у процесу**
 - Пошто су залихе препознате као један од 7 отпада, по Lean методологији, циљ је да се он смањи на свим радним станицама, да се обезбеди ефикасан „one piece flow“, уз примену Pull sistema и Kanbana.

Време такта у Lean производњи



10 начина на које стандардизовани рад користи организацијама које га примењују:

1. Осигурава да се сав посао обавља у складу са тренутном најбољом праксом

Када постоји стандардизовани рад, свака особа која обавља задатак ради га на начин који је најбољи за то.

2. Поједностављује и убрзава обуку и пријем

Када је сваки задатак документован и јасно дефинисан, довођење нових запослених и њихово подизање брзине је безболно. Нема двосмислености, а резултати су доследни.

3. Унапређује квалитет и повећава задовољство купаца

Конзистентност је суштински елемент квалитета. Када се посао ради по стандарду, квалитет је сигуран, а купци добијају управо оно што очекују.

4. Смањује недостатке и отпад

Грешке и непотребно расипање често су резултат рада који се обавља без примене пажљиво конструисаног стандарда.

5. Чини резултате предвидљивим и мерљивим

Ако исти процес или задатак даје исти исход сваки пут, можете предвидети резултате и контролисати ток посла и ставки кроз ланац вредности. Такође добијате основне метрике које се могу користити за мерење будућих побољшања.

6. Помаже у прецизном финансирању трошкова и цена тимова

Отпад, грешке и недоследни резултати отежавају одређивање колико одређени процес кошта, а самим тим и коју цену производ мора да добије да би био профитабилан.

7. Ставља фокус на процес, а не на особу

Када људи обављају своје послове према стандардном раду, лако је кривицу за кварове и грешке пребацити са особе на процес. На крају крајева, проблеми процеса, а не проблеми људи, спречавају организације да остваре своје циљеве.

8. Чини побољшање лакшим и бржим

Тешко је побољшати процес који није добро схваћен или доследно примењен. Када се стандардизовани рад успостави, прилике за побољшање постају очигледне, а постоји једноставан начин да их примените.

9. Олакшава решавање проблема

Стандардизовани рад не отклања све проблеме, али олакшава њихово решавање јер тачно знате како тренутно стање изгледа.

10. Омогућава менаџерима да се фокусирају на стратешке циљеве

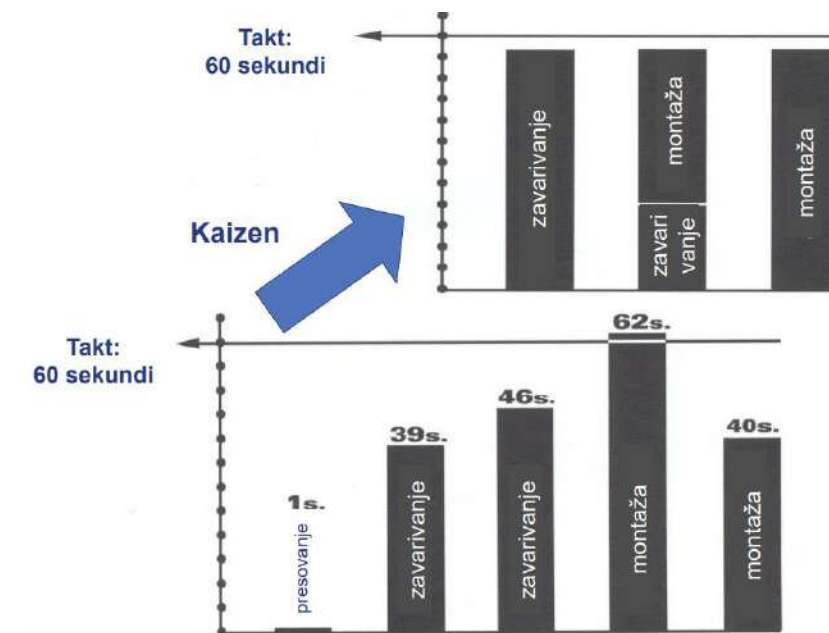
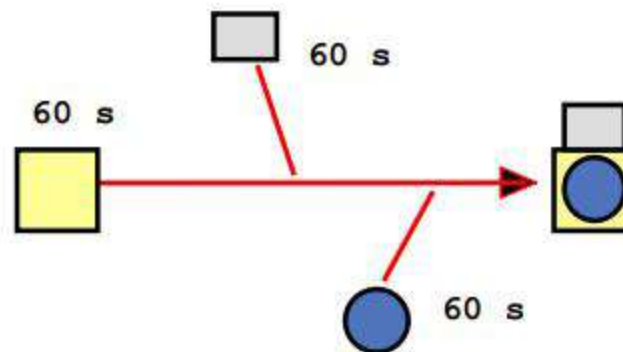
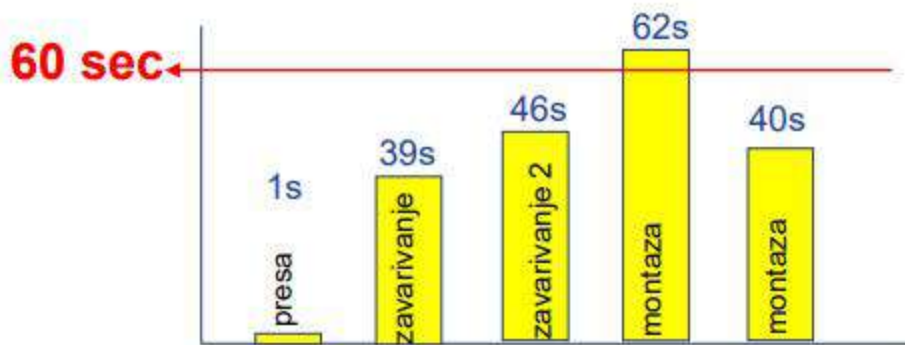
Смањење проблема, грешака и недоследних исхода омогућава менаџерима и супервизорима даје вишак времена. Тачније омогућава им да се усредсреде на задовољење потреба запослених и да додају вредност послу.

Vreme takta – primer prorachuна

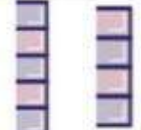
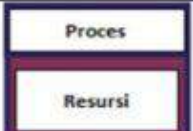
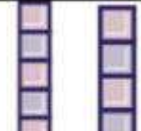
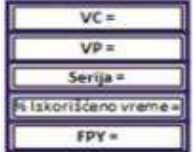
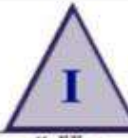


- 8 sati po smeni $= 8 \times 60 \times 60 = 28,800 \text{ sec/smeni}$
- Dve 10 - minutne pauze $= 60 \times 2 \times 10 = 1200 \text{ sec/smeni}$
- Raspoloživo vreme za rad $= 28,800 - 1200 = 27,600 \text{ sec/smeni}$
- Zahtev kupca/smeni $= (18,400 \text{ kom/mes.}) / (20 \text{ dana/mes}) / (2 \text{ smene/dan}) = 460 \text{ kom/smeni}$

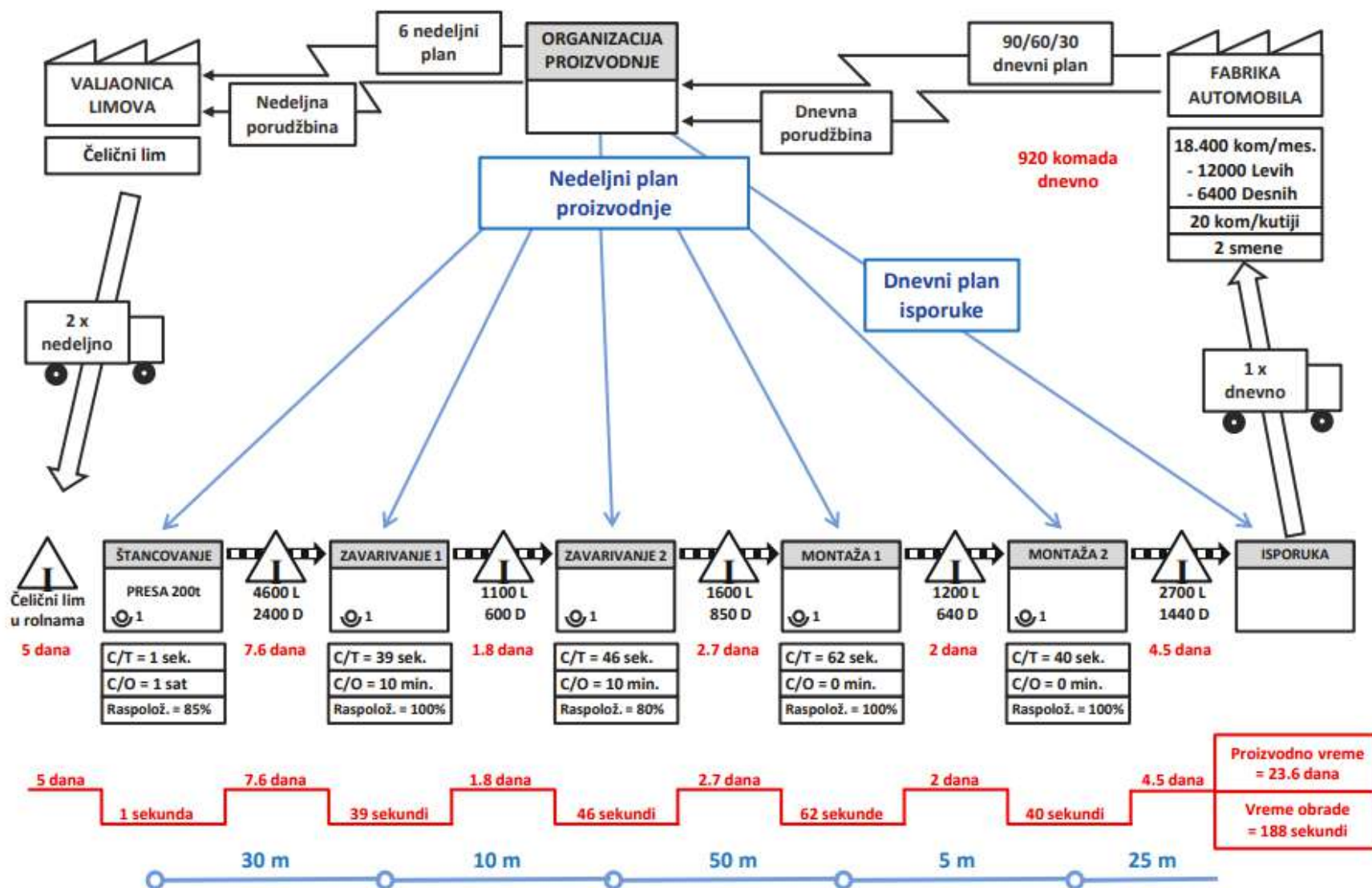
$$\text{Takt} = 27,600 \text{ sec} / 460 \text{ kom/smeni} = \mathbf{60 \text{ sec}}$$



Симболи мапе/карте тока вредности - VSM

Proces, Tok materijala & Opšti simboli		
Kupac & Isporučilac  Organizacija Isporučilac kada je stavljen u gornjem levom uglu karte toka vrednosti; Kupaca kada je u gornjem desnom uglu	Spoljna pošiljka  Učestalost Spoljna pošiljka od isporučilaca ili kupaca (kombi, kamion, železnica ili brod)	Supermarket - centralna apoteka  Mala zaliha korišćenja kada konituirani tok nije praktičan
Proces  Proces Resursi Proces, odeljenje, operacija ili uređaj / mašina, kroz koji protiče materijal	Spoljna pošiljka (Avion)  Učestalost Pošiljka avionom od isporučilaca ili kupcima	Bezbednosna zaliha  Privremena bezbednosna zaliha
Boks sa podacima  VC = VP = Serija = % Iskorišćeno vreme = FPY = Tipični podaci obuhvataju: Vreme ciklusa (VC), Vreme ciklusa operatora, Automatsko vreme ciklusa, Vreme promene (VP), Veličina serije, % Iskorišćeno vreme, Raspoloživ kapacitet, First Pass Yield (FPY) - dobit prvog prolaza, Rolled Throughput Yield (RTY) - dobit propusne moći, Value Added Time (VA), Stopa škarta,	Zaliha  Količina Iznos zalihe	Vučenje materijala  Fizičko premeštanje iz supermarketa / centralne apoteke
Boks sa podacima  Podaci Razni podaci ili druge informacije	Strelica guranja  Kretanje materijala koji se "gura" od procesa proizvodnje / pružanja usluge, bez obzira na potrebe nizvodnog procesa	Skladište / centralna apoteka  Skladištenje zalihe (cilj treba da bude da se smanji ili eliminiše)
Radna ćelija  Višestruki procesi integrisani u radnoj ćeliji	Kretanje materijala  Kretanje finalnih dobara ili sirovog materijala	Kaizen eksplozija  Kaizen Istaknuta oblast za poboljšanje, da se reši u Kaizen blic događaju
Operatori/Ljudi  1 Broj operatora ili zaposlenih zahtevanih da izvrše operaciju	FIFO (prvi uđe prvi izađe) staza  Maksimalna količina First-In First-Out zaliha	VA/NVA linija vremena  VA vreme NVA Ističe vreme ciklusa koje dodaje vrednost (VA) naspram vremena ciklusa koji ne dodaje vrednost (NVA), odnosno vreme čekanja

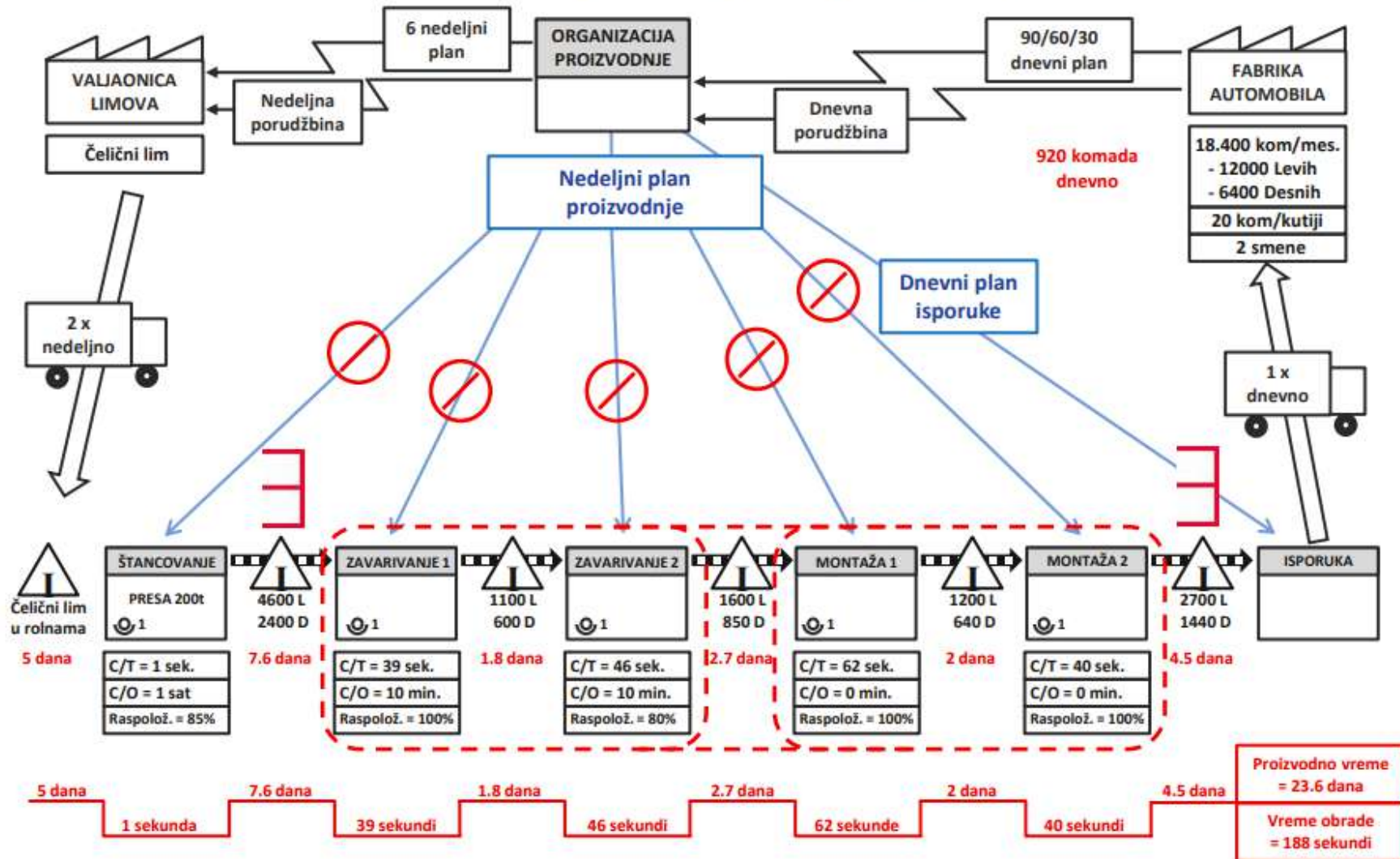
Мапа/карта тока вредности – сада



Stanje AS – IS (kakvo je sada)

Мапа/карта тока вредности – интегрисање

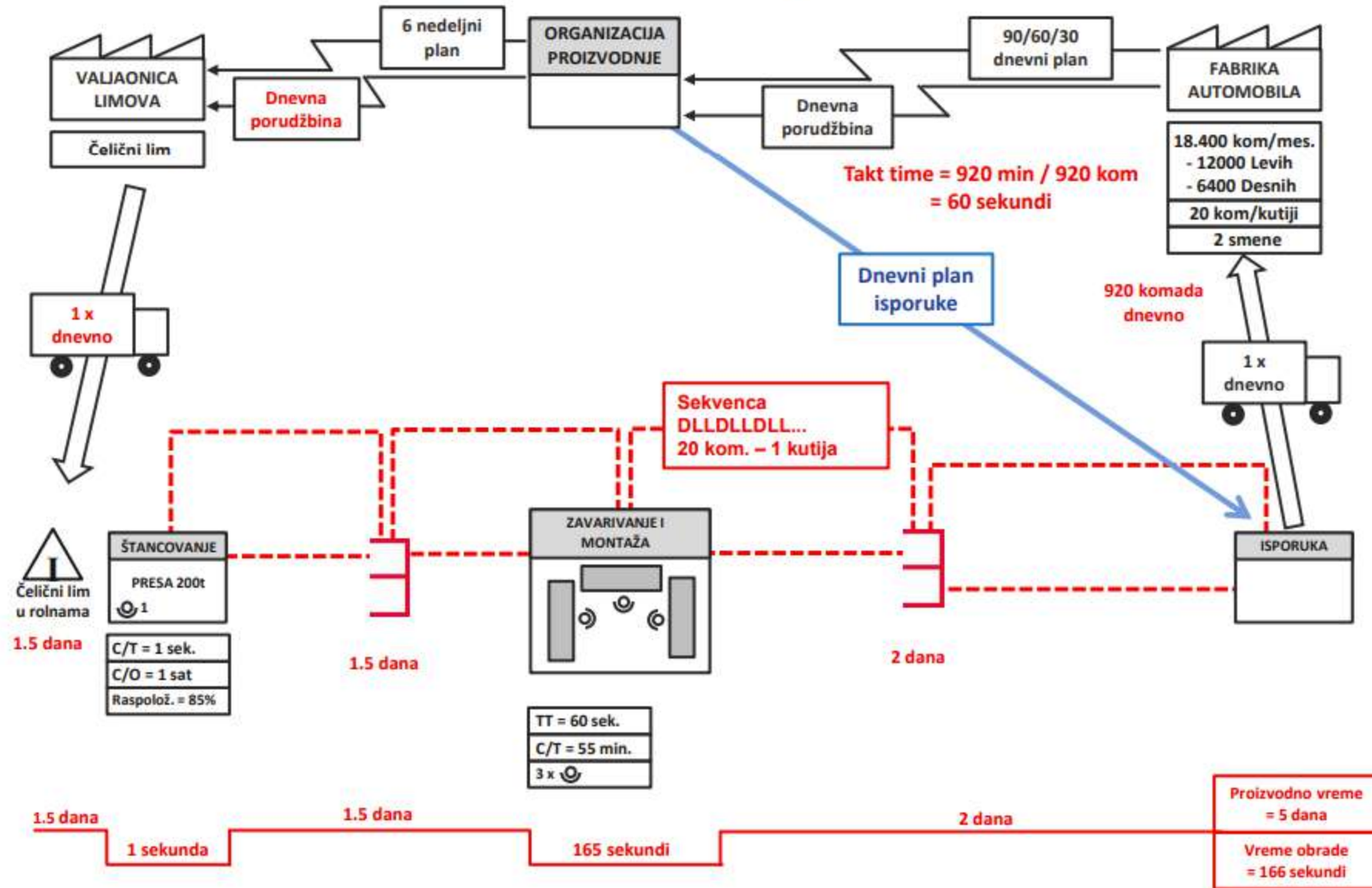
Buduće stanje: Integrisanje operacija



$$\text{Takt time} = \text{raspoloživo vreme} / \text{zahtev kupca} = 2 \times 460 \text{ min} / 920 \text{ kom} = 920 \text{ min} / 920 \text{ kom} = 1 \text{ min} = 60 \text{ sek}$$

Мапа/карта тока вредности – будуће стање

Buduće stanje





Мапа/карта тока вредности – результат примене и увођења времена такта

	Пресовани делови	Заваривање /монтажа WIP	Готови производи	Lead време производње	Број обрта годишње
ПРЕ	5 дана	6.5 дана	4.5 дана	23.6 дана	10
ПОСЛЕ	1.5 дан	0 дана	2 дана	5 дана	48

Синергија Lean-а и ергономије у производним системима

