

# Управљање ризиком

ДРАГАНА МАКАЈИЋ-НИКОЛИЋ

ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ОПЕРАЦИОНА ИСТРАЖИВАЊА „ЈОВАН ПЕТРИЋ“

# Зашто је повећано интересовање за ризик?

- ▶ ISO 9001
  - ▶ Основни (кровни) стандард за све остале стандарде за системе менаџмента
  - ▶ Имплементиран је у преко милион организација у преко 170 земаља света
  - ▶ Сертификат ИСО 9001 доказ квалитета пословања и пропусница за улазак на светско тржиште које диктира и задаје одређене стандарде
  - ▶ Први пут је објављен 1987. године од стране Међународне организације за стандардизацију (ИСО)
- ▶ ISO 9001:2015 – експлицитно захтева размишљање засновано на ризику

# Врсте ризика у предузећу

- Кредитни ризик
- Инвестициони ризик
- Трошкови капитала
- Подршка банака
- Ликвидност
- ....

- Стратегија раста
- Промена делатности
- Конкуренција
- Политичко окружење
- Демографска кретања
- ...



- Пословни процеси
- Технички ризик
- Инфраструктура
- Безбедност на раду
- ...

- Повреде/болест/смрт запослених
- Природне катастрофе
- Оштећење имовине
- Утицај треће стране
- ...

# ПЛАН РАДА

- ▶ Ризик – основни појмови
- ▶ Управљање ризиком
- ▶ Процена ризика
  - ▶ HAZOP
  - ▶ Матрица ризика
  - ▶ FMEA
  - ▶ Анализа стабла неисправности
  - ▶ Анализа стабла догађаја
- ▶ Финансијски ризици – оптимизација портфолија

# Појам ризика

- ▶ Етимологија: риза - риџа (подморске стене, хриди).  
Метафорично – опасност која прети свим бродовима  
када се отисну на море.
- ▶ Термин ризика и многе технике за процену ризика  
промовисане кроз WASH-1400, '*The Reactor Safety Study*',  
извештај Нуклеарне регулаторне комисије, 1975  
(*Rasmussen*).
- ▶ Активна процена ризика – Острво три миље



# Дефиниција ризика

- ▶ Ризик је мера вероватноће и озбиљности нежељених догађаја. (Kaufmann, 1976.)
- ▶ Ризик зависи од три променљиве ( $s_i$ ,  $p_i$ ,  $c_i$ ), где је  $s_i$  сценарио,  $p_i$  вероватноћа  $i$ -тог сценарија и  $c_i$  последица  $i$ -тог сценарија,  $i=1,2,\dots,N$ . (Kaplan, 1981.)
- ▶ Ризик је комбинација вероватноће догађаја и његових последица. (A Risk Management Standard, ISO/IEC Guide 73, 2002.)
- ▶ Ефекат неизвесности на циљеве. (ISO31000 "Risk management – Principles and guidelines" standard, 2009.)

# Дефиниција ризика

- ▶ Ризик:
  - ▶ Могућност (вероватноћа) дешавања нежељеног догађаја.
  - ▶ Интензитет неповољног исхода.

- ▶  $R(A)$  – ризик неког догађаја  $A$ ,
- ▶  $P = Prob(A)$  - вероватноће појављивања догађаја  $A$ ,
- ▶  $C = Cons(A)$  - последица коју догађај може изазвати

$$R(A) = f(P, C)$$

- где је  $f(*)$  нека функција агрегације, врло често математичко очекивање, тј.
  - $f(P, C) = P \cdot C$ .

# Дефиниција ризика

- ▶ Дакле, када анализирамо ризик, тражимо одговор на три питања:
  - ▶ Шта може да се деси?
  - ▶ Колика је могућност да се то деси?
  - ▶ Какве су последице ако се деси?



# Неизвесност и ризик

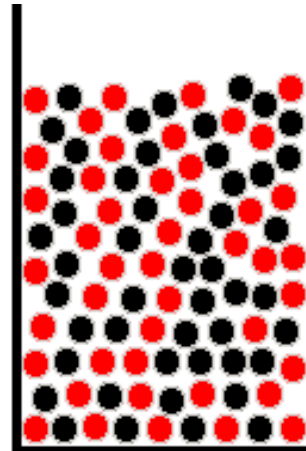
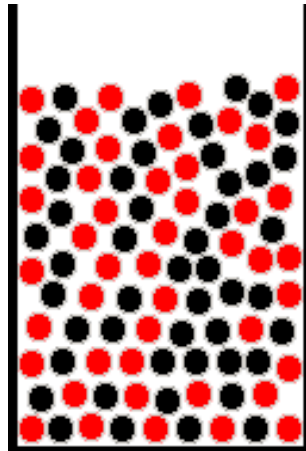
- Колика је вероватноћа да се извуче црна куглица?

Изложен  
ризик

У неизвесности  
и незнању

На сваку црвену  
долазе 3 црне  
куглице.

75%



50%

# Неизвесност и ризик

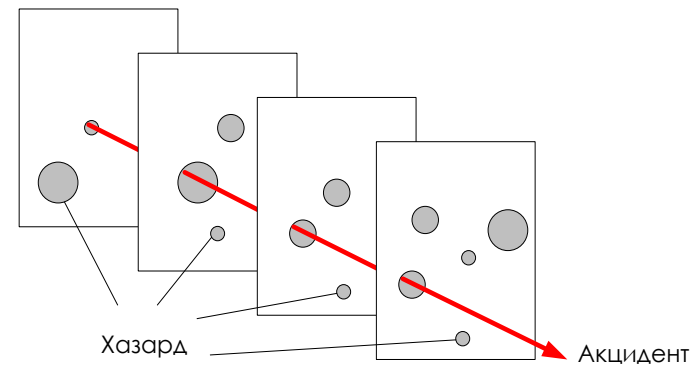
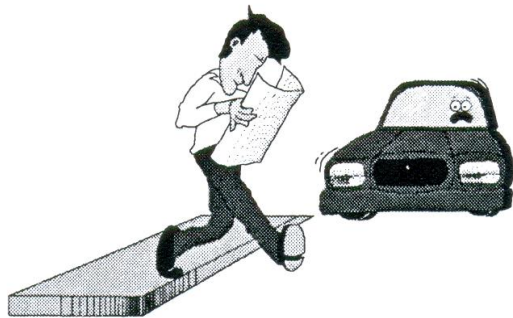
- ▶ Неизвесност (*uncertainty*) је основни **узрок** ризика.
- ▶ Извори неизвесности:
  - ▶ на макронивоу: неизвесности окружења, система, процеса у оквиру којих се доносе одлуке.
  - ▶ на микронивоу: неизвесност информација, знања и модела којима располаже доносилац одлуке у доношењу конкретне одлуке.
- ▶ „Неизвесност се мора посматрати радикално различито од појма Ризик, од кога никада није био правилно раздвојен... Термин ризик треба користити за мерљиву неизвесност која се може квантитативно изразити.“  
*Knight, F.H., 1921.*

# Ризик (*Risk*) и прилика (*Opportunity*)

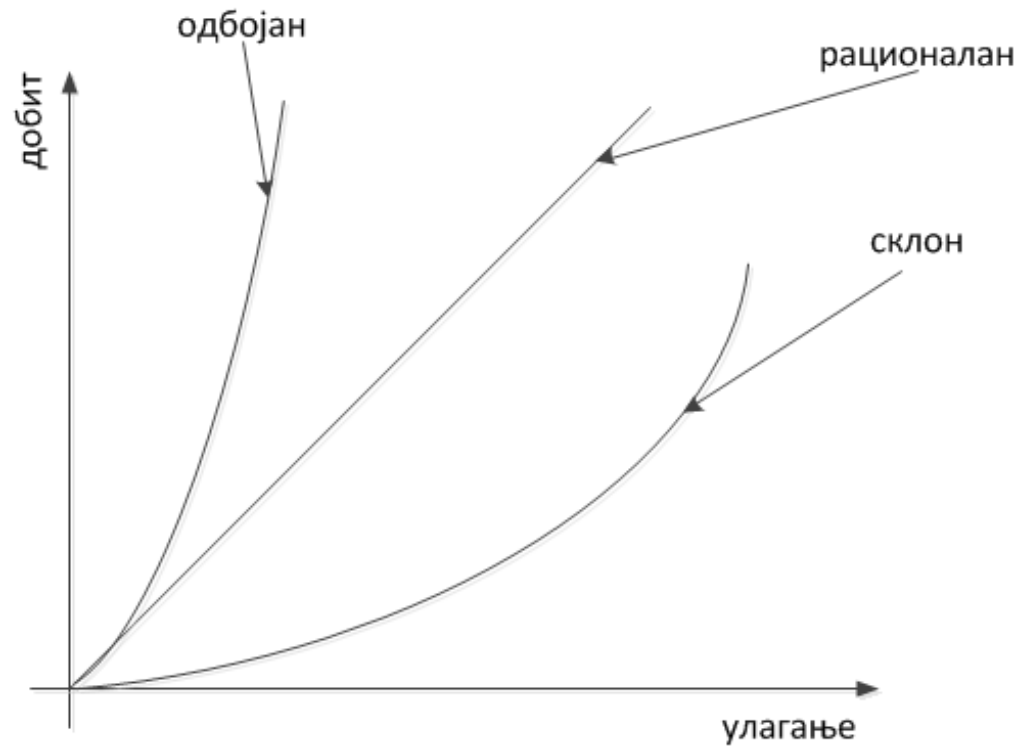
- ▶ Ризик је случајни догађај који се може десити и, ако се деси, има **НЕГАТИВАН** утицај на циљеве.
- ▶ Прилика је случајни догађај који се може десити и, ако се деси, има **ПОЗИТИВАН** утицај на циљеве.
- ▶ Три елемента: догађај (сценарио), вероватноћа појављивања и последица.
- ▶ Две стране истог новчића.

# Још неки појмови

- ▶ Акцидент (*accident*) - непланирани догађај или серија догађаја које резултирају смрћу, повредама, професионалним обољењима, оштећењем или губитком опреме или имовине, или угрожавањем околине (MIL-STD-882D 2000).
- ▶ Хазард (*hazard*) – свака реално или потенцијално стање која може изазвати повреду, болест или смрт људи, оштећење или губитак система, опреме или имовине или угрозити околине (MIL-STD-882D 2000). **Стање које представља предуслов за акцидент.**



# Однос према ризику



# Врсте ризика у предузећу

- Кредитни ризик
- Инвестициони ризик
- Трошкови капитала
- Подршка банака
- Ликвидност
- ....

- Стратегија раста
- Промена делатности
- Конкуренција
- Политичко окружење
- Демографска кретања
- ...



- Пословни процеси
- Технички ризик
- Инфраструктура
- Безбедност на раду
- ...

- Повреде/болест/смрт запослених
- Природне катастрофе
- Оштећење имовине
- Утицај треће стране
- ...

# Оперативни ризици

- ▶ Нефинанасијски ризици
- ▶ Постоје у свим врстама предузећа
- ▶ Ризик од губитака изазваних неадекватним или погрешним интерним процесима, запосленима и системом или спољним утицајима (*The Basel Committee on Banking Supervision*\*)

\* Young, B., & Coleman, R. (2010). *Operational risk assessment: the commercial imperative of a more forensic and transparent approach* (Vol. 563). John Wiley & Sons. Chichester.

# Оперативни ризици

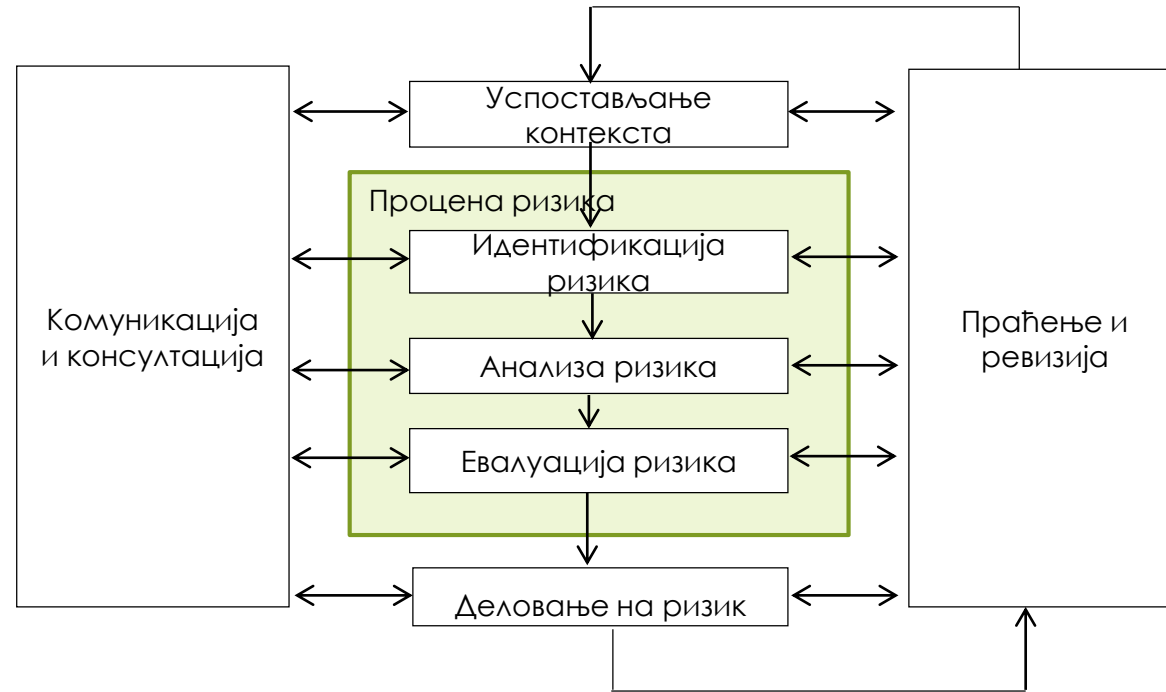
- ▶ Раних деведесетих је термин први пут званично коришћен у финансијској индустрији (индетификовање лажних финансијских извештаја).
- ▶ Од друге декаде 21. века, добија шири опис: могућност да нешто крене лоше у било ком типу операција.
  - ▶ Нуклеарна катастрофа у Фокушими
  - ▶ Повећани ниво афлатоксина у млеку
  - ▶ Кашњење испоруке од добављача
  - ▶ Погрешна инсталација ЕРП-а
  - ▶ Крађа тестова за малу матуру 2013. године
  - ▶ Плагирање завршног рада



# Стандарди везани за управљање оперативним ризиком

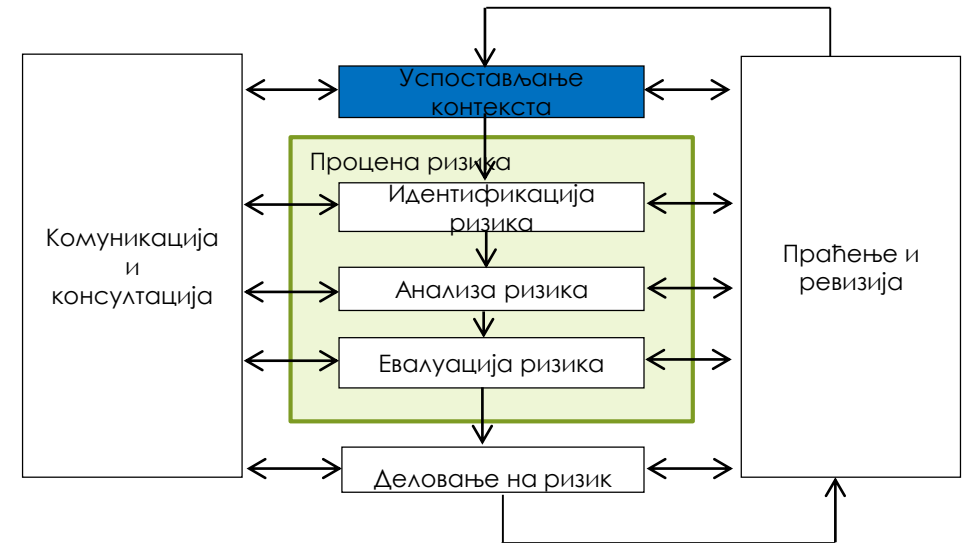
- ▶ ISO 31000:2009, Risk management – Principles and guidelines
- ▶ Повезани стандарди
  - ▶ ISO Guide 73:2009, Risk management – Vocabulary
  - ▶ ISO/IEC 31010:2009, Risk management – Risk assessment techniques

# Процес управљања ризиком



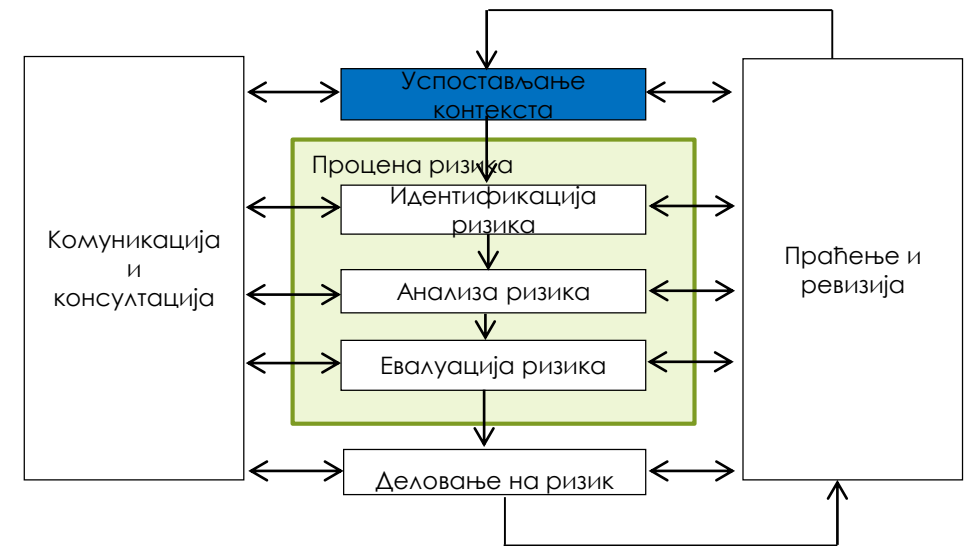
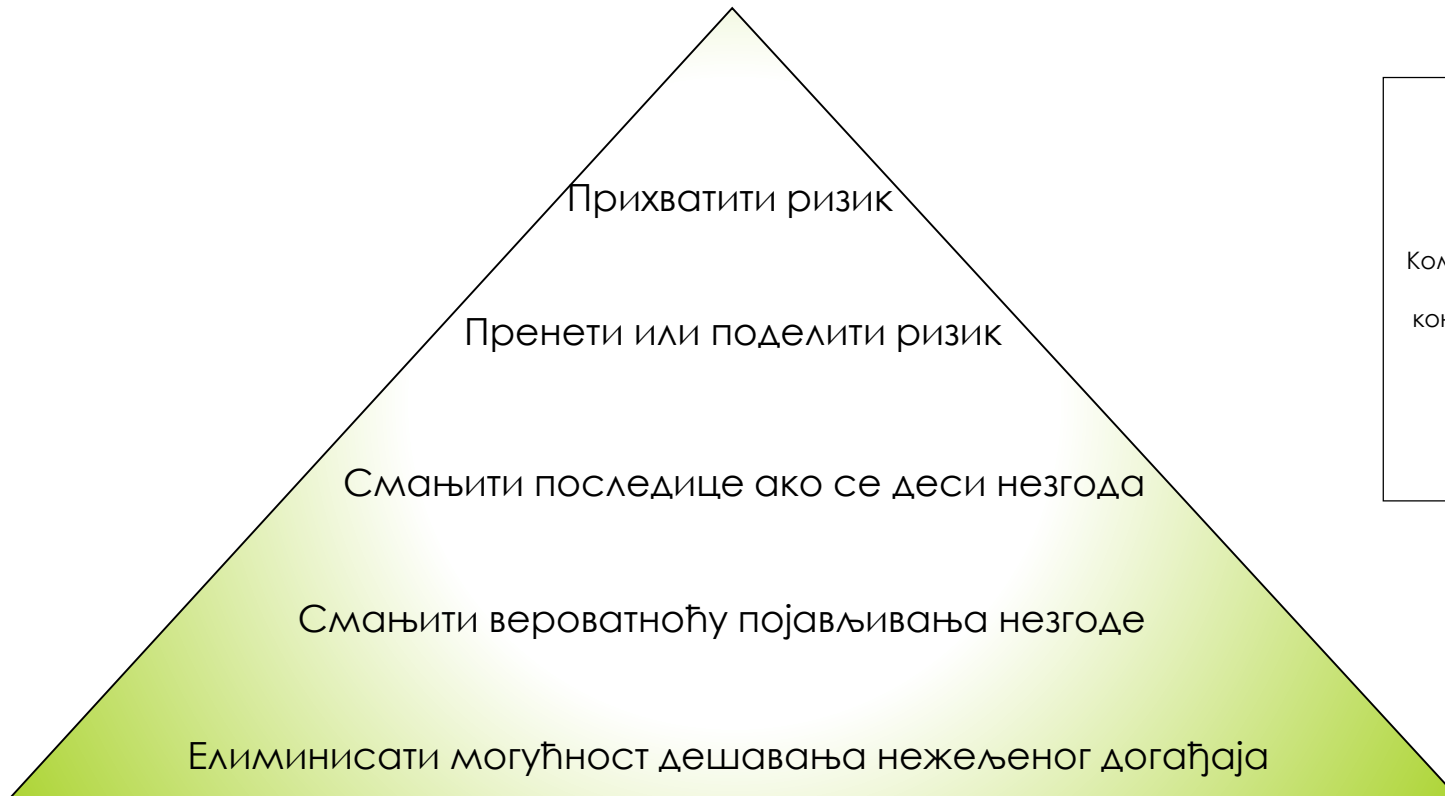
# Успостављање контекста

- ▶ Стратешки контекст – физичко и политичко окружење и интересне групе.
- ▶ Организациони контекст – евентуални сукоб циљева.
- ▶ Контекст управљања ризиком – утврђивање циљева и ограничења управљања ризиком.



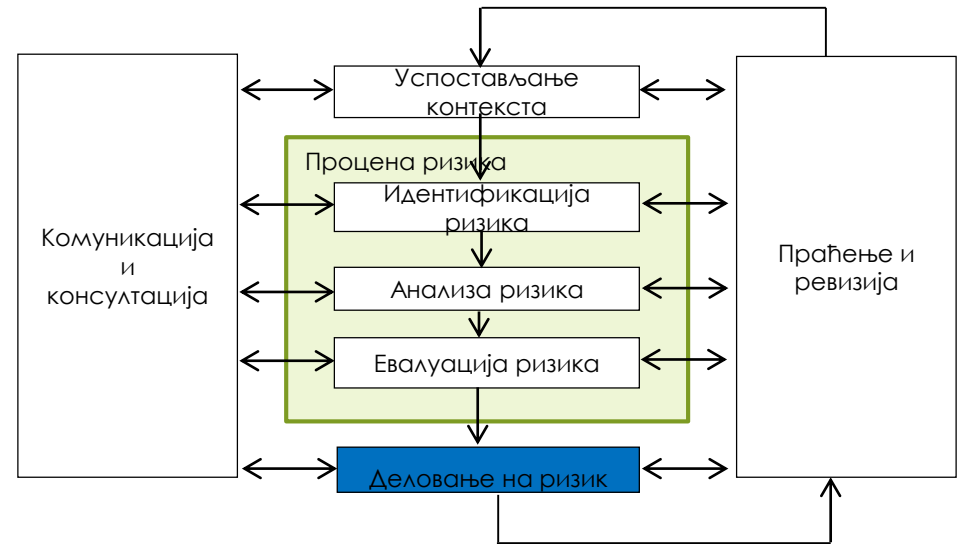
# Успостављање контекста

## ► Циљеви управљања ризиком



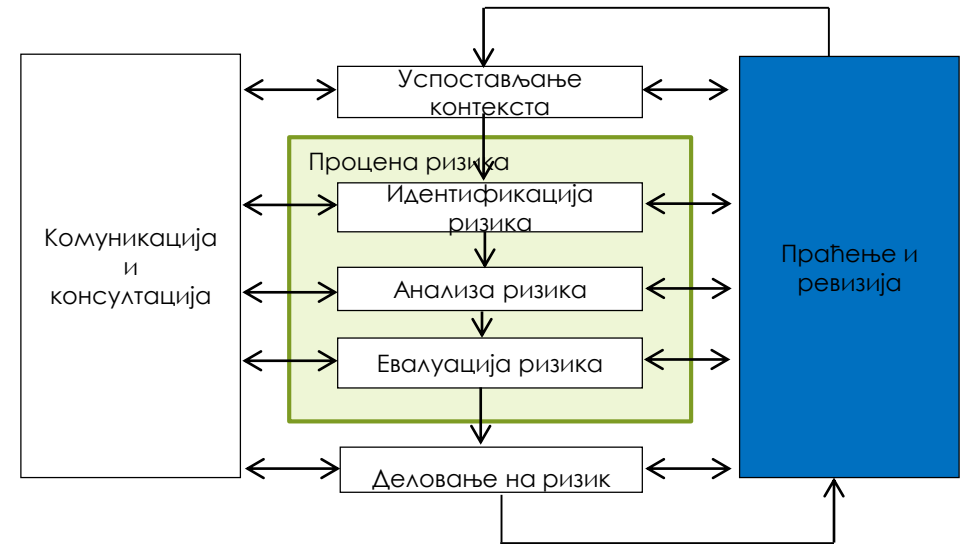
# Деловање на ризик

- ▶ Дефинисање одговора на ризик, односно врсте и нивоа мера које треба предузети у циљу редукције ризика.
- ▶ Један од приступа је тзв. 4Т који обухвата следеће опције:
  - ▶ Толерисати - прихватити/задржати (*Tolerate*)
  - ▶ Третирати - контролисати/смањити (*Treat*)
  - ▶ Пренети - осигурати/поделити (*Transfer*)
  - ▶ Укинути - избећи/елиминисати (*Terminate*)



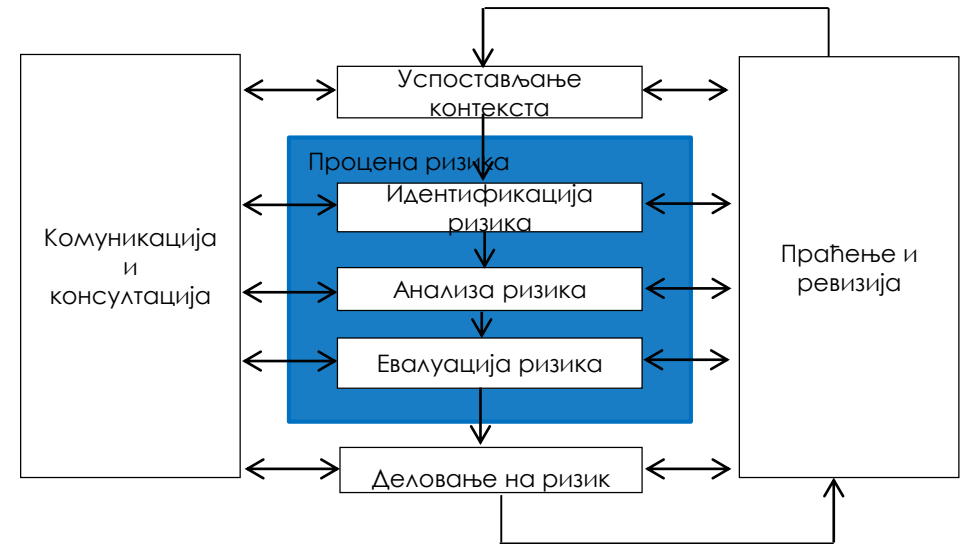
# Праћење и ревизија

- ▶ Контрола и поређење остварених перформанси са стандардима и плановима и ако је потребно, ревизија стандарда и планова.



# Процена ризика

- ▶ Идентификација ризика
- ▶ Анализа ризика
  - ▶ Анализа последица;
  - ▶ Процена вероватноће (квалитативна, полуквантитативна или квантитативна);
  - ▶ Оцена нивоа ризика;
- ▶ Евалуација ризика





<u>Tools and techniques</u>	Risk		<u>Risk analysis</u>		Risk evaluation
	Identification	Consequence	Probability	Level of risk	
Brainstorming	SA	NA	NA	NA	NA
Structured or semi-structured interviews	SA	NA	NA	NA	NA
Delphi	SA	NA	NA	NA	NA
Check-lists	SA	NA	NA	NA	NA
Primary hazard analysis	SA	NA	NA	NA	NA
Hazard and operability studies (HAZOP)	SA	SA	A	A	A
Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)	SA	SA	NA	NA	SA
Environmental risk assessment	SA	SA	SA	SA	SA
Structure « What if? » (SWIFT)	SA	SA	SA	SA	SA
Scenario analysis	SA	SA	A	A	A
Business impact analysis	A	SA	A	A	A
Root cause analysis	NA	SA	SA	SA	SA
Failure mode effect analysis	SA	SA	SA	SA	SA
Fault tree analysis	A	NA	SA	A	A
Event tree analysis	A	SA	A	A	NA
Cause and consequence analysis	A	SA	SA	A	A
Cause-and-effect analysis	SA	SA	NA	NA	NA
Layer protection analysis (LOPA)	A	SA	A	A	NA
Decision tree	NA	SA	SA	A	A
Human reliability analysis	SA	SA	SA	SA	A
Bow tie analysis	NA	A	SA	SA	A
Reliability centered maintenance	SA	SA	SA	SA	SA
Sneak circuit analysis	A	NA	NA	NA	NA
Markov analysis	A	SA	NA	NA	NA
Monte Carlo simulation	NA	NA	NA	NA	SA
Bayesian statistics and Bayes Nets	NA	SA	NA	NA	SA
FN curves	A	SA	SA	A	SA
Risk indices	A	SA	SA	A	SA
Consequence/probability matrix	SA	SA	SA	SA	A
Cost/benefit analysis	A	SA	A	A	A
Multi-criteria decision analysis (MCDA)	A	SA	A	SA	A

Легенда:

SA (*strongly applicable*) –

изузетно примењива

NA (*not applicable*) -

непримењива

A (*applicable*) - примењива



# Фактори који утичу на избор технике

- ▶ Сложеност проблема.
- ▶ Фаза процене ризика.
- ▶ Природа и степен неизвесности процене ризика заснованог на расположивим информацијама.
- ▶ Распоживи ресурси за спровођење технике: ниво експертизе, време, трошкови.
- ▶ Потреба за квантитативним резултатима.

# Избор технике за процену ризика

- ▶ Технике за утврђивање приоритета акција за спречавање ризичних догађаја (поређење више ризичних догађаја)
- ▶ Технике за утврђивање узрока ризичних догађаја
- ▶ Технике за утврђивање последица ризичних догађаја

# Избор технике за процену ризика - илустрација

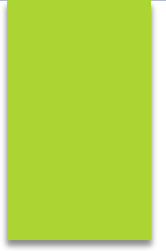
- ▶ У једном постројењу је избио пожар.
- ▶ Ако нас занимају могући узроци пожара користе се технике за утврђивање узрока ризичних догађаја: *Fault tree analysis, Root cause analysis, Cause and consequence analysis, Cause-and-effect analysis, Bow tie analysis, Markov analysis.*
- ▶ Ако нас занимају могуће последице пожара користе се технике за утврђивање последица ризичних догађаја: *Event tree analysis, Decision tree, Cause and consequence analysis, Cause-and-effect analysis, Bow tie analysis.*
- ▶ Ако нас занима који део постројења је највише угрожен, користе се технике за поређење више ризичних догађаја: *Failure mode effect analysis, Hazard and operability studies (HAZOP), Scenario analysis, Consequence/probability (risk) matrix.*

# Windchill Quality Solutions

- ▶ <http://www.ptc.com/product-lifecycle-management/windchill/product-risk-and-reliability>
- ▶ <http://www.ptc.com/Products/free-downloads>

The screenshot shows a web browser displaying the PTC website. The address bar shows the URL: [www.ptc.com/product-lifecycle-management/windchill/product-risk-and-reliability](http://www.ptc.com/product-lifecycle-management/windchill/product-risk-and-reliability). The page features a navigation menu with links for SOFTWARE & SOLUTIONS, SERVICES, SUPPORT, COMMUNITIES, ABOUT US, and HOW TO BUY. The main content area has a large image of a person working on a red motorcycle, with the text "Windchill Product Risk and Reliability" overlaid. Below this, there is a section titled "Managing Product Risk and Reliability: The Impact" with a sub-headline "Reducing the cost of quality is a top concern among nearly half of all CXO's in discrete manufacturing (LNS Research). Not only does poor quality result in scrap, rework, warranty costs and even product recalls that can deal a blow to your product's brand, maintaining high quality can be costly if it is done too late in the product lifecycle: engineering changes cost as much as three to". To the right of this text are three call-to-action buttons: "Contact a Windchill Expert >", "How to Buy >", and "Windchill Quality Solutions 30 Day Free Trial >". On the left side of the page, there is a sidebar with a blue background and a globe icon, containing the text "Windchill Extensions" and "Product Data Management".

ΧΑ3ΟΠ  
*Hazard and  
Operability Study*



- ▶ ХАЗОП је квалитативна, индуктивна, аналитичка метода за систематско испитивање добро дефинисаних (постојећих или планираних) процеса или операција.
- ▶ Ова анализа се често назива и “шта-ако” анализа (what-if), зато што је настала као проширење ове методе.
- ▶ Аутори Хазоп-а су *Rohm* и *Haas*, који су је први пут применили 1977. године у пилот студији која се односила на улогу хемијске индустрије у пољопривреди.
- ▶ Методологија спровођења Хазоп студије прописана је стандардом IEC International Standard 61882, *Hazard and Operability Studies (HAZOP) Application Guide*.

# ОСНОВНИ ПОЈМОВИ

- ▶ Хазард - Потенцијални извор штете. Одступања од пројектованих перформанси која могу представљати или произвести опасност. Једна опасност може потенцијално довести до више облика штете.
- ▶ Штета - Физичке повреде или оштећења здравља људи или оштећења имовине или животне средине. Штета је последица опасности која се јавила и може имати више облика: сигурност корисника, безбедност запослених, пословни ризици, правни ризици, еколошки ризици, итд.
- ▶ Девијација (одступање) – Начин на који елементи процеса могу одступити од своје дизајниране улоге или намере.

# Улога ХАЗОП

- ▶ Хазоп је техника која омогућује и подстиче креативно, маштовито и слободно размишљање о свим могућим оперативним и хазардним проблемима који се могу појавити у систему.
- ▶ С друге стране, она подразумева систематичност, што смањује шансу да се изоставе битни елементи и чињенице.



# Улога ХАЗОП

ХАЗОП је најпогоднији за процену опасности (хазарда) у објектима, опреми и процесима и омогућава процену система из више углова:

- ▶ Дизајн
  - ▶ Процена способности система да задовољи спецификације корисника и безбедносне стандарде
  - ▶ Идентификовање слабости у системима
- ▶ Физичко и оперативно окружење
  - ▶ Процена окружења како би осигурало да систем буде на одговарајући начин постављен, подржан, одржаван итд.
- ▶ Оперативне и процедуралне контроле
  - ▶ Процена пројектованих (предвиђених) контрола, низова операција, процесна контрола (људска интеракција) итд
  - ▶ Процена различите оперативних режима – старт система, стање приправности, нормалан оперативни режим, стабилна и нестабилна стања система, нормално заустављање рада, хитно заустављање рада система итд.

# Врсте ХАЗОП анализа

- ▶ Процесна ХАЗОП – за процену ризика у фабрикама и процесним системима,
- ▶ Људска ХАЗОП – група специјализованих ХАЗОП техника која је више фокусирана на људске грешке него на техничке отказе у системима,
- ▶ Процедурална ХАЗОП – обезбеђује преглед процедуралних и оперативних секвенци,
- ▶ Софтверска ХАЗОП – за идентификацију могућих грешака у развоју софтвера.

# Кораци ХАЗОП методе

- ▶ Спроводи се тимски, у циклусима кроз серије брејсторминг састанака.
- ▶ Захтева време да би била успешно спроведена.
  
- ▶ ХАЗОП процедура обухвата четири фазе:
  - ▶ дефинисање,
  - ▶ припрема,
  - ▶ испитивање и
  - ▶ извештавање и праћење.

# 1. Фаза дефинисања (1)

- ▶ Дефинисање оквира и циљева студије, одговорности и избор чланова тима.
- ▶ Тим чине вођа тима и чланови чији састав зависи од конкретне студије.
- ▶ **Вођа тима:**
  - ▶ не мора бити уско повезан са облашћу у оквиру које се пројекат спроводи,
  - ▶ мора бити обучен и искусан у вођењу ХАЗОП студија,
  - ▶ одговоран за комуникацију између менаџера пројекта и чланова ХАЗОП тима,
  - ▶ планира ток извођења студије (време и место одржавања сваког састанка) и води саму студију,
  - ▶ обезбеђује хардверску и софтверску подршку састанцима,
  - ▶ сугерише водеће речи (guidewords) које ће се користити у студији, комплетира документацију о студији.

# 1. Фаза дефинисања (2)

Члан тима	Улога и обавезе
Секретар или записничар	Води записник на састанцима. Припрема и ажурира документацију о напредовању пројекта.
Дизајнер (процесни инжењер, инж. контроле, машински инж. итд. зависи од природе пројекта)	Објашњава дизајн и структуру процеса или проивода. Објашњава како систем реагује на предложене девијације. Његово знање о систему је кључно али неговне претпоставке могу бити оспорене.
Пројектант (овај члан може бити и дизајнер)	Представља стање и интересе пројекта у смислу трошкова и прогреса. Овај члан зна утицај препоручених акција.
Корисник студије (менаџер продаје или производње)	Објашњава оперативни контекст делова који се проучавају.
Представник одржавања	Неопходан када је процес одржавања сложен или опасан.
Инжењер контроле	Представља технички и функционални аспект контроле система. Даје савете о систему контроле којим треба реаговати на девијације у систему и њихове узроке. Имплементира нове мере сигурности које се утврде у току пројекта.
Експерт за заштиту здравља и животне средине	Представља интерес за очување здравља људи и животне средине. Може да буде равноправни члан или независни посматрач који прати да ли се студија одвија у задовољавајућем смеру.
Остали специјалисти	Обезбеђују додатно експертско знање везано за конкретан систем. Могу бити привремено укључени у тим у периодима када је потребна њихова експертиза.
Клијенти или представници клијената	

## 2. Фаза припреме (1)

- ▶ У овој фази се:
  - ▶ формулише план рада,
  - ▶ прикупљају потребни подаци,
  - ▶ бира начин рада и снимања,
  - ▶ процењује потребно време за извођење студије и утврђује распоред рада,
  - ▶ утврђују се водеће речи (*guide words*) које ће бити коришћене у студији.
  
- ▶ Идентификација одступања система од дизајна постиже се преиспитивањем процеса помоћу водећих речи. Улога водећих речи је подстицање маштовитог размишљања, усредсређивање на студију и покретање идеја и дискусије.

## 2. Фаза припреме (2)

Водећа реч	значење
не ( <i>no or not</i> )	Ниједна од дизајнираних намера није достигнута
више ( <i>More</i> )	Квантитативно повећање
мање ( <i>Less</i> )	Квантитативно смањење
као и ( <i>As well as</i> )	Појављује се квалитативна модификација или додатна активност
део ( <i>Part of</i> )	Само неке од дизајнираних намера су достигнуте
супротно (од намере) ( <i>Reverse (of intent)</i> )	Постигнуто је супротно од дизајниране намере
друго ( <i>Other than</i> )	Потпуна замена – друга активност се обавља уместо пројектоване
пре ( <i>Before</i> )	Односи се на редослед секвенци
после ( <i>After</i> )	
рано ( <i>Early</i> )	Тренутак извршења одступа од пројектованог
касно ( <i>Late</i> )	
брже ( <i>Faster</i> )	
спорије ( <i>Slower</i> )	Корак се оавља брже или спорије од пројетованог

## 2. Фаза припреме (пример)

- ▶ Различите водеће речи које могу да се користе у брејнстормингу о девијацијама у вези контроле детерцента у операцији прања

Водећа реч	Девијација
не	Није стављен детерцент
више	Стављено је превише детерцента
више	Концентрација додатака у детерценту је превелика
мање	Стављено је премало детерцента
мање	Концентрација додатака у детерценту је премала
део	Изостављене су критичне компоненте детерцента
супротно	Детерцент је загађен опасним супстанцама
друго	Коришћен је погрешан детерцент
рано	Детерцент је стављен прерано у процесу прања
касно	Детерцент је стављен прекасно у процесу прања



# 3. Фаза испитивања (1)

- ▶ Кључна фаза ХАЗОП-а.
- ▶ Систем се декомпонује на елементе.
- ▶ Испитују се девијације елемената у односу на њихов дизајн.
- ▶ Идентификују могући узроци и последице девијација и заштитне мере.
- ▶ Утврђују акције које треба предузети у вези сваког елемента система.

# 3. Фаза испитивања (2)

## Елементи процеса

- ▶ Фаза испитивања почиње идентификацијом свих елемената (делова или корака) система или процеса који се испитује. На пример:
  - ▶ Физички систем може бити подељен у мање делове или
  - ▶ Процес може бити подељен у кораке или фазе или
  - ▶ Слични делови или кораци могу бити груписани у целине подобне за анализу итд.

## Параметри процеса

- ▶ Могући параметри система (процеса) су: проток, притисак, рН, редослед, температура, сигнал, време, почетак/завршетак, фаза, брзина, одржавање, ниво, величина, количина, концентрација, токсичност, услуга, вискозитет, мера, комуникација, реакција, контрола итд.

# 3. Фаза испитивања (3)

## Девиијације

- ▶ За сваки од параметара се примењују водеће речи. На овај начин се детаљна претрага одступања у систему врши на систематичан начин и добија се листа могућих одступања (девијација).
- ▶ Специјално, уколико у анализи процеса нема потребе за посебним дефинисањем параметара, девијације се могу добити као комбинације водећих речи и елемената.

водећа реч + параметар (елемент) → могућа девијација

- ▶ Није свака комбинације водећих речи и параметара.

Као опште се може усвојити правило да да се утврде све разумне комбинације водећих речи и параметара и затим испита њихова "кредибилност", односно да ли их треба проценити. Комбинације које не дају никаква уверљива одступања, нема потребе документовати.

# 3. Фаза испитивања (4)

## Узроци

- ▶ За сваку девијацију је потребно утврдити могуће узроке. Постоје три основна типа узрока девијација:
  - ▶ Људска грешка, која је резултат делања или неделања оператора, дизајнера, конструктора или друге особе која је везана за процес.
  - ▶ Отказ опреме као последица квала, лома или замора материјала или нека друга врста отказа која није изазвана људском грешком,
  - ▶ Спољни догађаји, догађаји који се дешавају изван система који се анализира али утичу на његов рад.

**Последице** За сваку девијацију је потребно утврдити која је њена директна последица на одвијање процеса.

# 3. Фаза испитивања (5)

## Мере предострожности

- ▶ Мере предострожности (постојеће) се могу дефинисати на један од следећих начина:
  1. Системи, дизајн или процедуре који спречавају појаву девијације или њене последице.
  2. Системе, дизајн или процедуре који детектују и дају рано упозорење на појаву појаву девијације или њене последице.
  3. Системи, дизајн или процедуре који ублажавају појаву девијације или њене последице.

У оквиру фазе испитивања је могуће дефинисати **ОКОЛНОСТИ** које омогућавају или онемогућавају спровођење мера предострожности. У ХАЗОП радном листу се ови закључци уносе у виду коментара.

## Акције

- ▶ Акције (нове) се могу дефинисати на један начина за дефинисање мера предострожности.

## Одговорне особе.

## 4. Фаза извештавања и праћења

- ▶ Формирање радних листова,
- ▶ Прављење извештаја,
- ▶ Праћење предложених акција,
- ▶ Понављање студије ако је потребно и
- ▶ Формулисање коначног извештаја.

Када је ХАЗОП анализа завршена, резултати студије и закључци треба да буду документовани сразмерно процењеном ризику .

Документација служи и за праћење и контролу извршења предложених акција.

# Пример дела радног листа у коме је приказана ХАЗОП анализа за процес прања

рб	Водећа реч	Елемент	Девијација	Могући узроци	Последице	Мере предострожности	Коментар	Захтевана акција	Задужена особа
1	Не	Средство за чишћење	Није стављен детерцент	Празан резервоар за снабдевање детерцентом	Објекат чишћења је остао прљав	Техничар проверава резервоар пре сваког циклуса прања	Претпоставља се да техничар може визуелно да провери стање резервоара	Размотрити увођење аларма за низак ниво детерцента	Инжењер
2	друго	Средство за чишћење	Коришћен је погрешан детерцент	Техничар је донео погрешан детерцент из магацина	Објекат чишћења може остати прљав због неодговарајућег детерцента	Увођење контроле детерцента који ће се користити. Обележавање детерцената.	Многу детерценти имају сличан изглед	Осигурати обученост техничара о својствима детерцената	Тренер

# Пример – процес набавке

Водећа реч x елемент процеса = девијација (ризични догађај)

Пример: активност слања наруџбенице као елемент процеса набавке

Слање наруџбенице	не	Наруџбеница није послата
	део	Није послата комплетна наруџбеница
	касно	Наруџбеница је касно послата
	друго	Послата је погрешна наруџбеница
	друго	Наруџбеница није послата на праву адресу



# Пример – процес набавке

## Пример: процес набавке

- ▶ Елементи процеса:
  - ▶ обрада захтева за набавку,
  - ▶ израда наруџбенице,
  - ▶ слање наруџбенице,
  - ▶ транспорт,
  - ▶ пријемна контрола нарученог материјала,
  - ▶ складиштење материјала.
- ▶ Водеће речи:
  - ▶ не
  - ▶ мање
  - ▶ део
  - ▶ касно
  - ▶ друго
  - ▶ спорије

# Пример – процес набавке

Елемент	Водећа реч					
	не	мање	део	касно	друго	спорије
Обрада захтева за набавку	x	x	x	x		x
Израда наруџбенице	x		x	x		x
Слање наруџбенице	x		x	x	x	
Транспорт	x		x	x	x	x
Пријемна контрола нарученог материјала	x		x	x		x
Складиштење материјала	x		x	x	x	

# Пример – процес набавке

Елемент	Водећа реч	Девиијација (ризични догађај)
Обрада захтева за набавку	не	Захтев за набавку није обрађен
	део	Обрађен је само део захтева за набавку
	касно	Касно су обрађени захтеви за набавку
	спорије	Обрада захтева се одвија споријим интензитетом
Израда наруџбенице	не	Наруџбеница није израђена
	део	Израђен је само део наруџбенице
	касно	Наруџбеница је касно израђена
	спорије	Израда наруџбенице се одвија споријим интензитетом
Слање наруџбенице	не	Наруџбеница није послата
	део	Није послата комплетна наруџбеница
	касно	Наруџбеница је касно послата
	друго	Наруџбеница није послата на праву адресу
Транспорт до стоваришта	не	Материјал није транспортован
	део	Транспортован је само део материјала
	касно	Материјал је касно транспортован
	друго	Материјал је транспортован до погрешног места
	спорије	Транспорт материјала се одвија спорије од планираног
Пријемна контрола нарученог материјала	не	Материјал није контролисан при пријему
	део	Само део материјала је контролисан
	касно	Касно је контролисан материјал
	спорије	Пријемна контрола материјала се врши спорије од планиране
Складиштење материјала	не	Материјал није одложен у складиште
	део	Само део материјала је одложен у складиште
	касно	Материјал је касно одложен у складиште
	друго	Материјал је одложен на погрешном месту



# Предности ХАЗОП методе

- ▶ Систематско испитивање система (процеса),
- ▶ Мултидисциплинарна студија,
- ▶ Користи брејнсторминг методологију,
- ▶ Покрива и оперативни и безбедносни аспект,
- ▶ Узима у разматрање људске грешке,
- ▶ Студију води независна особа,
- ▶ Резултати студије су забележени.

# Недостаци ХАЗОП методе

- ▶ Захтева време и може бити веома спора. Анализа потребног времена за ХАЗОП анализу уколико се не спроводи разумно:

Процес производње у постројењу има 625 активности.

Нека се посматра 5 параметара: притисак, температура, проток, редослед и функција

Нека се користи 6 водећих речи: не, више, мање, део и други

Број питања која треба поставити је  $625 \cdot 5 \cdot 6 = 18750$

5 минута за разматрање сваког питања

Укупно време за спорођење ХАЗОП студије је  $18750 \cdot 5 = 93750$  минута

250 минута – трајање једног састанка

5 дана недељно

Број седмица за ивођење ХАЗОП студије  $(93750 / 250 / 5) = 75$  седмица

# Недостаци ХАЗОП методе

- ▶ Превише фокусирана на решења,
- ▶ Дискусија на састанцима може се одужити непотребним расправама о детаљима,
- ▶ Неколико чланова тима може доминирати дискусијама,
- ▶ Фокусира се на појединачне узроке дивијација. Не разматра комбинацију отказа.

# Матрица ризика





# Матрица ризика (*risk matrix*)

Алтернативни називи:

- ▶ Матрица процене ризика (*Risk Assessment Matrix*)
- ▶ Матрица последица и вероватноћа (*Consequence/probability matrix*)
- ▶ Матрица извесности и последица (*Likelihood X Consequence matrix*)
- ▶ Матрица вероватноће и утицаја (*Probability – Impact Matrix*)
- ▶ ...
- ▶ Заснива се на оцени два основна елемента ризика:
  - ▶ Вероватноћи (могућности) појављивања,
  - ▶ Тежини последице.

# Матрица ризика – процена вероватноће

Како проценити вероватноћу?

- ▶ На основу историјских података. Примењиво и поуздано када постоји евиденција о догађајима који се анализирају и када се они не дешавају ретко.
- ▶ Предвиђањем вероватноће помоћу техника попут Анализе стабла неисправности, Анализе стабла догађаја, симулације итд.
- ▶ На основу мишљења и процене доменских експерата.

# Могуће категоризације вероватноће – заснованост

Оцена	Опис	Засновано на		
		Временској учесталости	Вероватноћи	Фреквенцији (Колико често може да се деси)
1	Врло ретко	1-10 пута годишње	0-0,0001	Вероватно се неће догодити / поновити
2	Мало вероватно	Једном месечно	0,0001-0,001	Не треба очекивати да ће се то догодити/поновити, али је могуће
3	Могуће	Једном седмично	0,001-0,1	Можда ће се десити или повремено поновити
4	Извесно	Једном дневно	0,1-0,6	Вероватно ће се десити / поновити, али то није трајна околност
5	Скоро сигурно	Више пута у току дана	0,6-1	Без сумње ће се догодити / поновити, вероватно често

# Могуће категоризације вероватноће – величина скале

Изложеност опасностима / штетностима током радног дана у % (недеље, месеца, године)	Квалитативни опис изложености опасностима / штетностима	Оцена
0 – 20 %	Врло ретко	1
21 – 40 %	Повремено	2
41 – 60 %	Често	3
61 – 80 %	Претежни део радног времена	4
81 – 100 %	Све радно време	5

Вероватноћа појављивања	Оцена
Немогуће	1
Вероватно	2
Сигурно	3

Појављивање	Оцена
Незнатно. Отказ је скоро невероватан.	1
Мало. Врло ретки откази.	2
Мало. Релативно мало отказа.	3
Умерено мало. Нечести откази.	4
Умерено. Повремени откази.	5
Умерено велико. Фреквентни откази.	6
Велико. Откази се јављају често.	7
Велико. Откази се понављају.	8
Велико. Откази и безотказни рад су скоро исти.	9
Веома велико. Отказ је скоро неизбежан.	10

# Матрица ризика – процена последица

- ▶ Подразумева одређивање типа, нивоа и интензитета штетног утицаја које неки догађај може да произведе.
- ▶ Процена последице може да се креће од једноставног описа последице до детаљне квантитативне анализе.
- ▶ Питања од којих треба кренути у утврђивању последица ризичних догађаја:
  - ▶ Шта изазову када се десе?
  - ▶ Колико су озбиљне последице?
  - ▶ Колико је тешко вратити се у претходно стање?
  - ▶ Колико то кошта?
  - ▶ Колико је тај износ трошка је значајан за организацију?

# Матрица ризика – процена последице

- ▶ Пример: Наручбеница није послата на праву адресу
  - ▶ **Шта изазове када се деси?** Добављач није добио захтев и неће извршити испоруку.
  - ▶ **Колико су озбиљне последице?** Озбиљне - застој у производњи, који може изазвати застој у испоруци купцу, што може довести до плаћања пенала или раскида сарадње.
  - ▶ **Колико је тешко вратити се у претходно стање?** Лако. Поновно слање на праву адресу.
  - ▶ **Колико то кошта?** Пенали, губитак профита у случају раскида сарадње.
  - ▶ **Колико је тај износ трошка је значајан за организацију?** Зависи од типа нарученог материјала, обима, вредности уговорене продаје итд.

# Могуће категоризације последице – ЗАСНОВАНОСТ

## Засновано на последицама по

Оцена	Ниво	Људе	Репутацију	Пословне процесе и системе	Финансије
1	Безначајна	Повреде и болести које не захтевају медицински третман	Интерна контрола	Мање грешке у системима или процесима које захтевају корективну акцију	1% буџета
2	Мала	Мале повреде које захтевају само прву помоћ	Посматрање од стране унутрашње контроле да би се спречила ескалација	Неиспуњење процедуре у процесу	2,5% буџета
3	Умерена	Озбиљне повреде које захтевају хоспитализацију	Спољна истрага	Захтеви за једну или више одговорности нису испуњени	>5% буџета
4	Озбиљна	Повреде које угрожавају живот	Интензивни јавни или политички значај	Стратегије нису у сагласности са националним планом	>10% буџета
5	Катастрофална	Смрт	Јавност	Критични пад система	>25% буџета

# Могуће категоризације последице – величина скале

Последица	Оцена
Занемарива	1
Прихватљива	2
Умерена	3
Велика	4
Катастрофална	5

Тежина последице	Оцена
Прихватљива	1
Умерена	2
Неприхватљива	3

Последица	Оцена
Никаква. Нема разлога да се очекује да ће отказ имати ефекат на сигурност, здравље, окружење или мисију.	1
Врло мала. Незнатни поремећај функционисања. Оправка може бити завршена чим се уочи отказ.	2
Мала. Незнатни поремећај функционисања. Оправка може трајати дуже али неће угрозити мисију.	3
Мала до умерене. Умерени поремећај функционисања. Неки делови мисије се морају прерадити или делови процеса одложити	4
Умерена. Умерени поремећај функционисања. Цела мисија се мора прерадити или цео процес одложити.	5
Умерена до велика. Умерени поремећај функционисања. Неки делови мисије су изгубљени. Умерено кашњење у обнављању система	6
Велика. Велики поремећај функционисања. Неки делови мисије су изгубљени. Значајно кашњење у обнављању система.	7
Веома велика. Велики поремећај функционисања. Цела мисија је изгубљени. Значајно кашњење у обнављању система.	8
Хазард. Потенцијална опасност за сигурност, здравље или окружење. Отказ се јавља са упозорењем.	9
Хазард. Потенцијална опасност за сигурност, здравље или окружење. Отказ се јавља без упозорења.	10



# Матрица ризика

## Последица:

- I Катастрофална
- II Критична
- III Маргинална
- IV Занемарљива

## Вероватноћа:

- A Често
- B Вероватно
- C Повремено
- D Незнатно
- E Немогуће

		вероватноћа				
		A	B	C	D	E
последица	I	IA	IB	IC	ID	IE
	II	IIA	IIB	IIC	IID	IIIE
	III	IIIA	IIIB	IIIC	IIID	IIIE
	IV	IVIA	IVB	IVC	IVD	IVE

	висок ризик - не може се толерисати
	средњи ризик – корисник процењује да ли се може толерисати
	мали ризик - може се толерисати

# Матрица ризика – могући облици

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
2	4	6	8	10
3	6	9	12	15
4	8	12	16	20
5	10	15	20	25

10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

7 + 7 Risk Matrix

	1	2	3	4	5	6	7
7	8	9	10	11	12	13	14
6	7	8	9	10	11	12	13
5	6	7	8	9	10	11	12
4	5	6	7	8	9	10	11
3	4	5	6	7	8	9	10
2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8

# Матрица ризика – пример (квантитативно)

## Вероватноћа:

- 1 Немогуће
- 2 Незнатно
- 3 Повремено
- 4 Вероватно
- 5 Често

## Последица:

- 1 Занемарљива
- 2 Маргинална
- 3 Умерена
- 4 Значајна
- 5 Критична

		вероватноћа				
		1	2	3	4	5
последица	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Догађај	Оцена вероватноће	Оцена последице	Оцена ризика
Наруџбеница није послата	2	4	8
Није послата комплетна наруџбеница	4	4	16
Наруџбеница је касно послата	3	3	9
Послата је погрешна наруџбеница	3	5	15
Наруџбеница није послата на праву адресу	1	3	3

# Матрица ризика

- ▶ Напомена: У системима у којима је катастрофална последица неприхватљива, боље је користити квалитативне оцене. У том случају, аналитичар увек може издвојити догађаје са потенцијално катастрофалним поседицама као високоризичне, без обзира на вероватноћу одигравања тих догађаја.

# Матрица ризика – пример (квалитативно)

## Вероватноћа:

- I Немогуће
- II Незнатно
- III Повремено
- IV Вероватно
- V Често

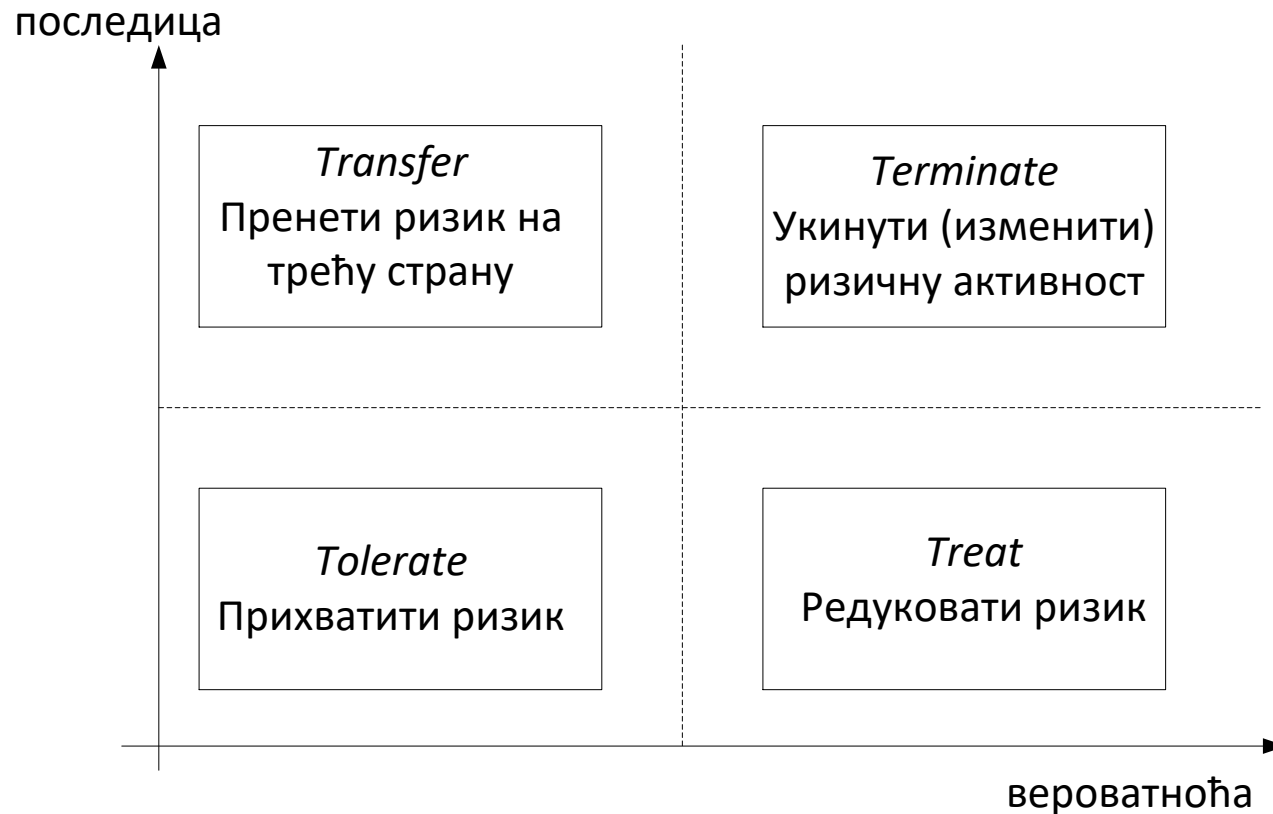
## Последица:

- A Занемарљива
- B Маргинална
- C Умерена
- D Значајна
- E Критична

		Вероватноћа				
		I	II	III	IV	V
Последица	A	IA	IIA	IIIA	IIVA	IVA
	B	IB	IIB	IIIB	IIVB	IVB
	C	IC	IIC	IIIC	IIVC	VC
	D	ID	IID	IIID	IIVD	VD
	E	IE	IIE	IIIE	IIVE	VE

Догађај	Оцена вероватноће	Оцена последице	Оцена ризика
Наруџбеница није послата	II	D	IID
Није послата комплетна наруџбеница	IV	D	IVD
Наруџбеница је касно послата	III	C	IIIC
Послата је погрешна наруџбеница	III	E	IIIE
Наруџбеница није послата на праву адресу	I	C	IC

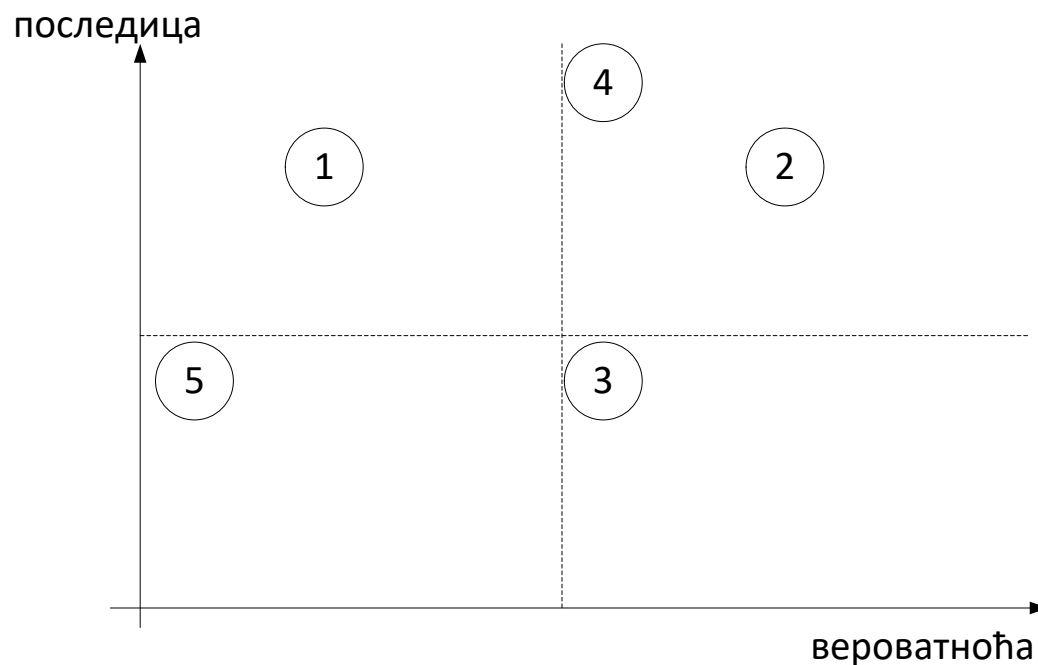
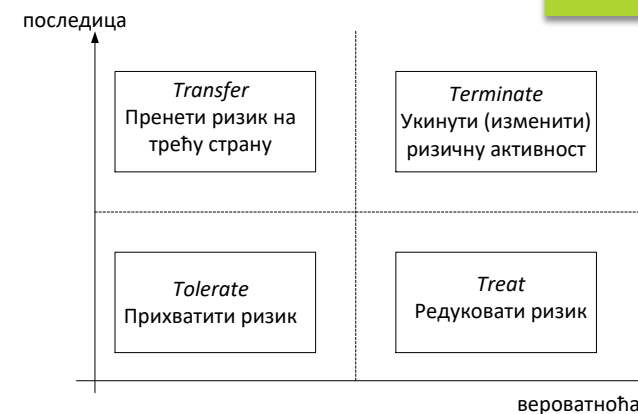
# Матрица ризика – одређивање мера за смањење ризика



- ▶ Мере за смањење ризика треба да буду усмерене на:
  - ▶ Смањење вероватноће и/или
  - ▶ Ублажавање последица.

# Матрица ризика – одређивање мера за смањење ризика

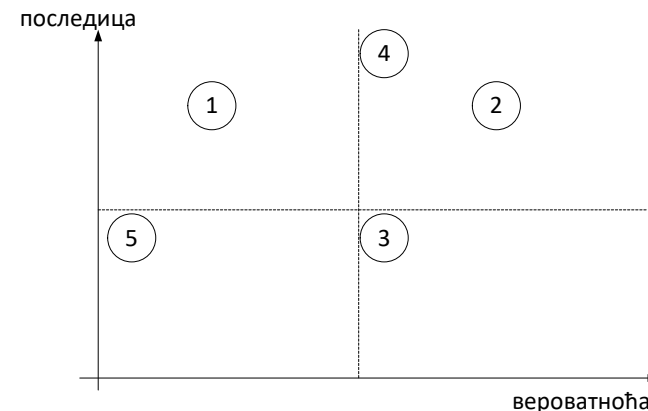
Р.б.	Догађај	Оцена вероватноће	Оцена последице	Оцена ризика
1	Наруџбеница није послата	II	D	IID
2	Није послата комплетна наруџбеница	IV	D	IVD
3	Наруџбеница је касно послата	III	C	IIIC
4	Послата је погрешна наруџбеница	III	E	IIIE
5	Наруџбеница није послата на праву адресу	I	C	IC



# Матрица ризика – пример (квалитативно)

Мере за смањење ризика треба да буду усмерене на смањење вероватноће и/или ублажавање последица.

Р.б.	Догађај	Оцена вероватноће	Оцена последице	Оцена ризика
1	Наруџбеница није послата	II	D	IID
2	Није послата комплетна наруџбеница	IV	D	IVD
3	Наруџбеница је касно послата	III	C	IIIC
4	Послата је погрешна наруџбеница	III	E	IIIE
5	Наруџбеница није послата на праву адресу	I	C	IC



- Догађај 1: утицати на последицу. Нпр. држати довољно сировине на залихама (дељење ризика са магацином).
- Догађај 2: утицати на смањење вероватноће појављивања догађаја и на ублажавање последица. Нпр. интерна контрола (укидање могућности одигравања догађаја) и довољно сировине на залихама.
- Догађај 3: утицати на смањење вероватноће појављивања догађаја и на ублажавање последица. Нпр. слање потврде производњи о наруџбеници, залихе сировина.
- Догађај 4: утицати на ублажавање последица (активност слања наруџбенице се не може укинути). Нпр. предвидети уговорима са добављачима о могућности враћања испоручене сировине.



Анализа начина и  
ефектата отказа

*Failure Modes and  
Effects Analysis  
(FMEA)*

- 
- ▶ Поплаве и земљотреси у Србији. Шта је ризичније?
- 

# FMEA za хемијску оловку



Deo	Funkcija	Način otkaza	Efekti otkaza	Ozbiljnost	Uzrok otkaza	Verovatnoća poj avljivanja	Kako otkaz može da se detektuje?	Detektovanje	RPN	Akcija
Plastični uložak	Čuva minu	Olovka ne može da se drži	Olovka ne može da se koristi	10	Polomljena plastika	4	KK materijala	2	80	Uvesti jaču KK
Zatvarač	Zatvara uložak	Ne zatvara se	Sušenje mastila	8	Polomljen zatvarač	3	KK materijala	3	71	Uvesti jaču KK
		Ne zatvara dovoljno čvrsto	Sušenje mastila	7	Preveliki prečnik zatvarača	5	Provera prečnika omotača i zatvarača	4	140	Uvesti jaču KK
Mina	Čuva mastilo i propušta	Blokiranje	Prestaje snabdevanje mastilom	7	Čestice u izlaznoj rupi	3	Provera čistoće izlazne rupe	5	105	Napraviti širu izlaznu rupu
Mastilo	Obezbeđuje materijal za pisanje	Pogrešna (mala) viskoznost	Veliki protok mastila	4	Previše rastvarača	2	KK snabdevanja mastilom	4	32	Uvesti jaču KK
		Pogrešna (velika) viskoznost	Mali protok mastila	4	Premalo rastvarača	2	KK snabdevanja mastilom	4	32	Ne preduzimati nikakve akcije

# FMEA

- ▶ Даје одговор на питања:
  - ▶ Шта може да откаже?
  - ▶ Како отказује?
  - ▶ Колико често ће да отказује?
  - ▶ Који су ефекти отказа?
  - ▶ Које су последице отказа по поузданост / сигурност?
- ▶ Алтернативни назив методе је FMECA (*Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis*). FMECA је у основи иста као метода FMEA, осим што укључује и анализу критичности отказа.
- ▶ Алат за процену начина и ефеката потенцијалних отказа подсистема, склопова, компонената или функција.
- ▶ Циљ - идентификовање и рангирање отказа који могу неповољно утицати на поузданост целог система.

# FMEA - историја

- ▶ FMEA је била развијена за војску САД као званична техника анализе. Војна процедура MIL-P-1629 (сада MIL-STD-1629A) названа “*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*” првобитно датира од 9.11.1949. године.
- ▶ *Ford Motor Company* користи FMEA у касним '70-тим приликом разматрања безбедности и контроле после вишеструке несреће када су експлодирани резервоари Пинто аутомобила.
- ▶ Осамдесетих година FMEA постаје алат за *Total Quality Management* а деведесетих *Six Sigma* алат.
- ▶ Индустрија моторних возила (*AIAG -Automotive Industry Action Group*) и америчко друштво за контролу квалитета (*ASQC - American Society for Quality Control*) у фебруару 1993. године. су заштитили ауторска права на FMEA стандарде који су били широко распрострањени у индустрији.

# FMEA

- ▶ FMEA је у пракси највише коришћена анализа. Најчешће се користи у почетним фазама развоја да би се осигурало да сви потенцијални откази буду уочени и елиминисани на време.
- ▶ FMEA је применљива на сваки систем, и на било који жељени ниво детаљности – систем, подсистем, склоп или компоненту.

# FMEA - примена

## ▶ Краткорочно:

- ▶ Даје листу потенцијалних отказа и идентификује озбиљност њихових ефеката.
- ▶ Одређује приоритет акција корекције.

## ▶ Дугорочно

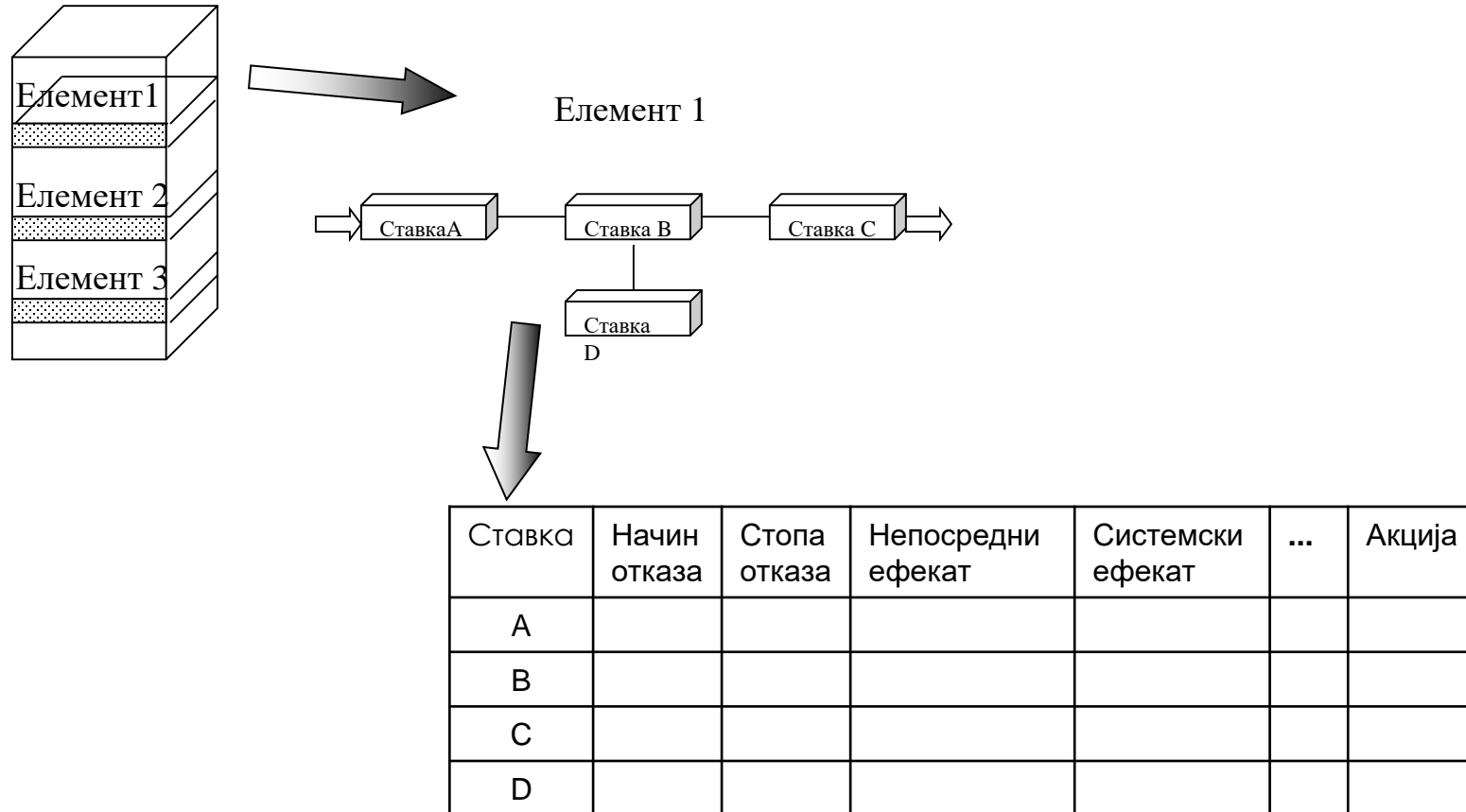
- ▶ Развија критеријум за планирање тестирања система.
- ▶ Обезбеђује документацију за будуће анализе поузданости у случају измене дизајна система.
- ▶ Обезбеђује основу за планирање одржавања.

# FMEA – ОСНОВНИ ПОЈМОВИ

- ▶ **Отказ (*Failure*)** - Одступање од планиране функције или понашања; немогућност система, подсистема или компоненте да обаве потребну функцију.
- ▶ **Начин (облик) отказа (*Failure mode*)** - начин на који елемент отказује; облик или стање елемента у коме се елемент налази после отказа.
- ▶ **Узрок отказа (*Failure cause*)** - процес или механизам одговоран за покретање отказа. Процеси који могу проузроковати отказ компоненте су нпр. физички отказ, мана у моделу, дефект у производњи, утицај околине итд.
- ▶ **Ефекат отказа (*Failure effect*)** - последица отказа на функционисање или статус елемента и система.



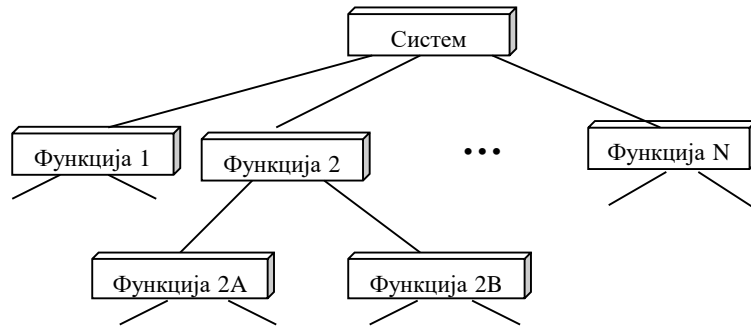
# FMEA – КОНЦЕПТ



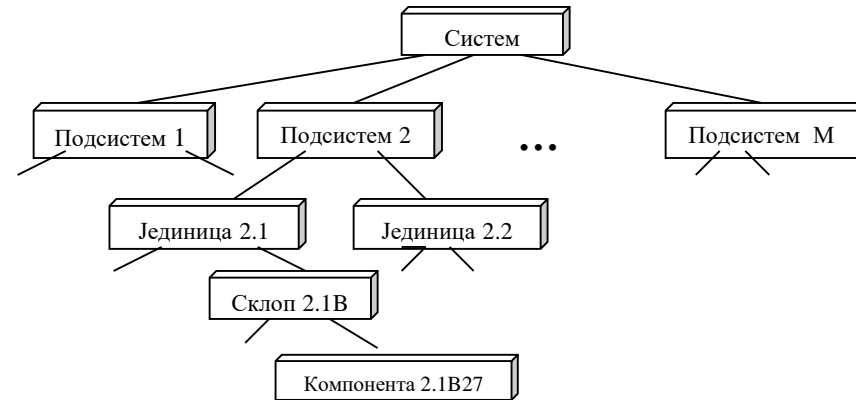
# FMEA – ТИПОВИ

- ▶ FMEA је класификована као производна FMEA или процесна FMEA , у зависности од примене.
  - ▶ Производна FMEA анализира пројекат производа или система испитивањем начина на који отказ елемента утиче на производ или систем.
  - ▶ Процесна FMEA анализира процесе укључене у производњу, коришћење и одржавање производа. Испитује начин на који откази у процесу утичу на производ или систем.

# FMEA – приступи



Функционални приказ



Структурни приказ

# FMEA – WBS дијаграми

У већини приступа препоручује се израда WBS дијаграма производа или процеса као корак у FMEA.

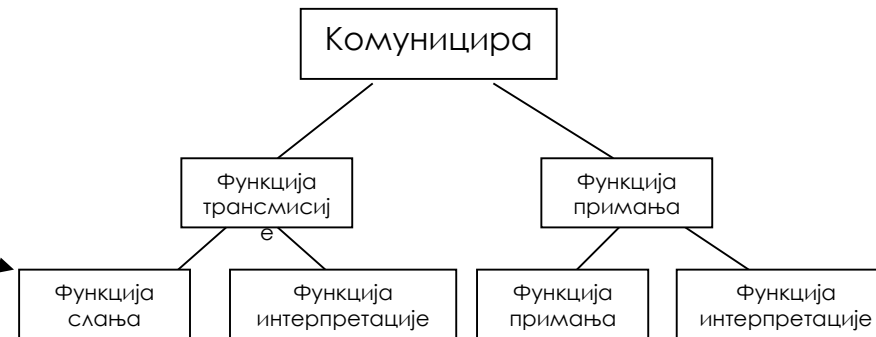
WBS дијаграм функционалног модела радио станице (шта ради)

Функција Слања – начини отказа:

Функција слања се не остварује

Функција слања се остварује са грешкама

Функција слања се остварује без команде



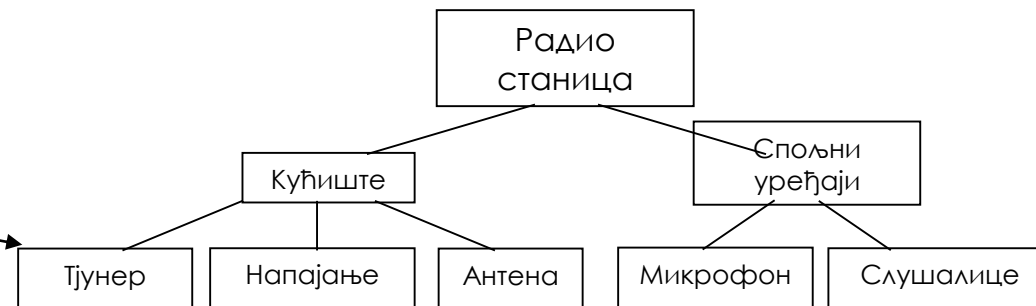
WBS дијаграм структурног модела радио станице (како ради)

Тјунер – начини отказа:

Јединица тјунера не ради

Јединица тјунера је превише статична

Јединица тјунера је изван толеранције



# FMEA радни лист

Могући изглед радног листа функционалне FMEA

FMEA											
Sistem:			Podsystem:					Faza:			
Deo	Funkcija	Način otkaza	Efekti otkaza		Ozbiljnost	Uzrok otkaza	Verovatnoća pojavljivanja	Kako otkaz može da se detektuje?	Detektovanje	RPN	Akcija
			Neposredni	Sistemi							
Analitičar:							Datum:				Strana:

# FMEA радни лист

## Могући изглед радног листа структурне FMEA

FMEA											
Sistem:				Podsystem:				Faza:			
Deo	Način otkaza	Stopa otkaza	Efekti otkaza		Ozbiljnost	Uzrok otkaza	Verovatnoća pojavljivanja	Kako otkaz može da se detektuje?	Detektovanje	RPN	Akcija
			Neposredni	Sistemi							
Analitičar:							Datum:				Strana:

# Структурна FMEA - пример



Deo	Funkcija	Način otkaza	Efekti otkaza	Ozbiljnost	Uzrok otkaza	Verovatnoća poj avljivanja	Kako otkaz može da se detektuje?	Detektovanje	RPN	Akcija
Plastični uložak	Čuva minu	Nemogućnost držanja olovke	Olovka ne može da se koristi	10	Polomljena plastika	4	KK materijala	2	80	Uvesti jaču KK
Zatvarač	Zatvara uložak	Nemogućnost zatvaranja	Sušenje mastila	8	Polomljen zatvarač	3	KK materijala	3	71	Uvesti jaču KK
		Ne zatvara dovoljno čvrsto	Sušenje mastila	7	Preveliki prečnik zatvarača	5	Provera prečnika omotača i zatvarača	4	140	Uvesti jaču KK
Mina	Čuva mastilo i propušta	Blokiranje	Prestaje snabdevanje mastilom	7	Čestice u izlaznoj rupi	3	Provera čistoće izlazne rupe	5	105	Napraviti širu izlaznu rupu
Mastilo	Obezbeđuje materijal za pisanje	Pogrešna (mala) viskoznost	Veliki protok mastila	4	Previše rastvarača	2	KK snabdevanja mastilom	4	32	Uvesti jaču KK
		Pogrešna (velika) viskoznost	Mali protok mastila	4	Premalo rastvarača	2	KK snabdevanja mastilom	4	32	Ne preduzimati nikakve akcije

# FMEA – процедура (шире)

- ▶ Формирати тим.
- ▶ Утврдити правила и улоге.
- ▶ Прикупити и проучити релевантне информације.
- ▶ Идентификовати компоненте или процесе који ће се анализирати.
- ▶ Идентификовати начине, ефекте, узроке и акције за сваку компоненту или процес.
- ▶ Оценити ризик компоненте (анализом).
- ▶ Одредити приоритет корективних акција.
- ▶ Извести корективне акције и поново оценити ризик.
- ▶ Проследити, направити извештај и повремено понављати поступак, ако је потребно.



# FMEA – процедура (уже)

- ▶ Идентификовати компоненте или процесе који ће се анализирати.
  - ▶ Определити се за функционални или структурни приступ.
- ▶ Идентификовати начине, ефекте, узроке и акције за сваку компоненту или процес.
  - ▶ Направити дијаграм производа или процеса.
  - ▶ Попунити FMEA радни лист.
- ▶ Оценити ризик компоненте (анализом).
  - ▶ Одредити елементе РПН (озбиљност, појављивање, детектовање).
- ▶ Одредити приоритет корективних акција.

# FMEA – процедура (Идентификовање начина отказа)

- ▶ Захтева добро познавање функционисања система.
- ▶ Врсте отказа
  - ▶ Не ради у потребном тренутку
  - ▶ Ради повремено
  - ▶ Не престаје са радом у потребном тренутку
  - ▶ Недостатак потребног излаза
  - ▶ Промењен излаз или смањен оперативни капацитет
- ▶ Врсте начина отказа:
  - ▶ Откази хардвера: Отворен циклус, Цурење, Врућа површина, Искривљен, Превелик/премали, Напукнут, Сломљен, Погрешно намештен, Нагрижен итд.
  - ▶ Откази софтвера: Не функционише, Производи нетачне резултате, Функција се извршава превремено, Непослате поруке, Поруке послате прерано или прекасно, Погрешна порука, Софтвер прекида или пада, Софтвер премашује унутрашње капацитете, Софтвер отказује при покретању, Софтверске функције споро одговарају итд.

# FMEA – процедура (Идентификовање ефеката отказа)

- ▶ Нивои ефеката:
  - ▶ Локални ефекти – односе се на ефекте које отказ има на јединице које су на истом нивоу као јединица која се посматра. Локални ефекат може бити и сам отказ посматране јединице.
  - ▶ Следећи виши ниво.
  - ▶ Крајњи (системски) ефекат – ефекат који подразумевају утицај отказа на функционисање целог система.
  
- ▶ Крајњи ефекат (ефекат на нивоу система) може бити:
  - ▶ Катастрофални ефекат на функционисање система.
  - ▶ Умањује функционисање система али мисија система и даље може бити испуњена.
  - ▶ Нема системског ефекта.

# FMEA – процедура (Risk Priority Number)

- ▶ Да би се одредио број за приоритет ризика (*Risk Priority Number - RPN*) потребно је:
  - ▶ Оценити **озбиљност** сваког ефекта отказа.
  - ▶ Оценити изгледност (вероватноћу) **појављивања** сваког ефекта отказа.
  - ▶ Оценити изгледност (вероватноћу) **детектовања** сваког ефекта отказа (Изгледност (вероватноћу) детектовања проблема пре него што производ стигне до крајњег потрошача).
- ▶ **RPN** представља производ ове три оцене:
$$\mathbf{RPN} = \text{озбиљност} \times \text{појављивање} \times \text{детектовање}$$
- ▶ **RPN** може да се користи за поређење отказа у току анализе и одређивања приоритета за предузимање корективних акција.

# FMEA – процедура (RPN - Оцена озбиљности ефеката отказа)

## Озбиљност

## Оцена

Никаква. Нема разлога да се очекује да ће отказ имати ефекат на сигурност, здравље, окружење или мисију.	1
Врло мала. Незнатни поремећај функционисања. Оправка може бити завршена чим се уочи отказ.	2
Мала. Незнатни поремећај функционисања. Оправка може трајати дуже али неће угрозити мисију.	3
Мала до умерене. Умерени поремећај функционисања. Неки делови мисије се морају прерадити или делови процеса одложити.	4
Умерена. Умерени поремећај функционисања. Цела мисија се мора прерадити или цео процес одложити.	5
Умерена до велика. Умерени поремећај функционисања. Неки делови мисије су изгубљени.	6
Умерено кашњење у обнављању система.	6
Велика. Велики поремећај функционисања. Неки делови мисије су изгубљени. Значајно кашњење у обнављању система.	7
Веома велика. Велики поремећај функционисања. Цела мисија је изгубљени. Значајно кашњење у обнављању система.	8
Хазард. Потенцијална опасност за сигурност, здравље или окружење. Отказ се јавља са упозорењем.	9
Хазард. Потенцијална опасност за сигурност, здравље или окружење. Отказ се јавља без упозорења.	10

# FMEA – процедура (RPN - Оцена појављивања ефеката отказа)

## Појављивање

## Оцена

Незнатно. Отказ је скоро невероватан.

1

Мало. Врло ретки откази.

2

Мало. Релативно мало отказа.

3

Умерено мало. Нечести откази.

4

Умерено. Повремени откази.

5

Умерено велико. Фреквентни откази.

6

Велико. Откази се јављају често.

7

Велико. Откази се понављају.

8

Велико. Откази и безотказни рад су скоро исти.

9

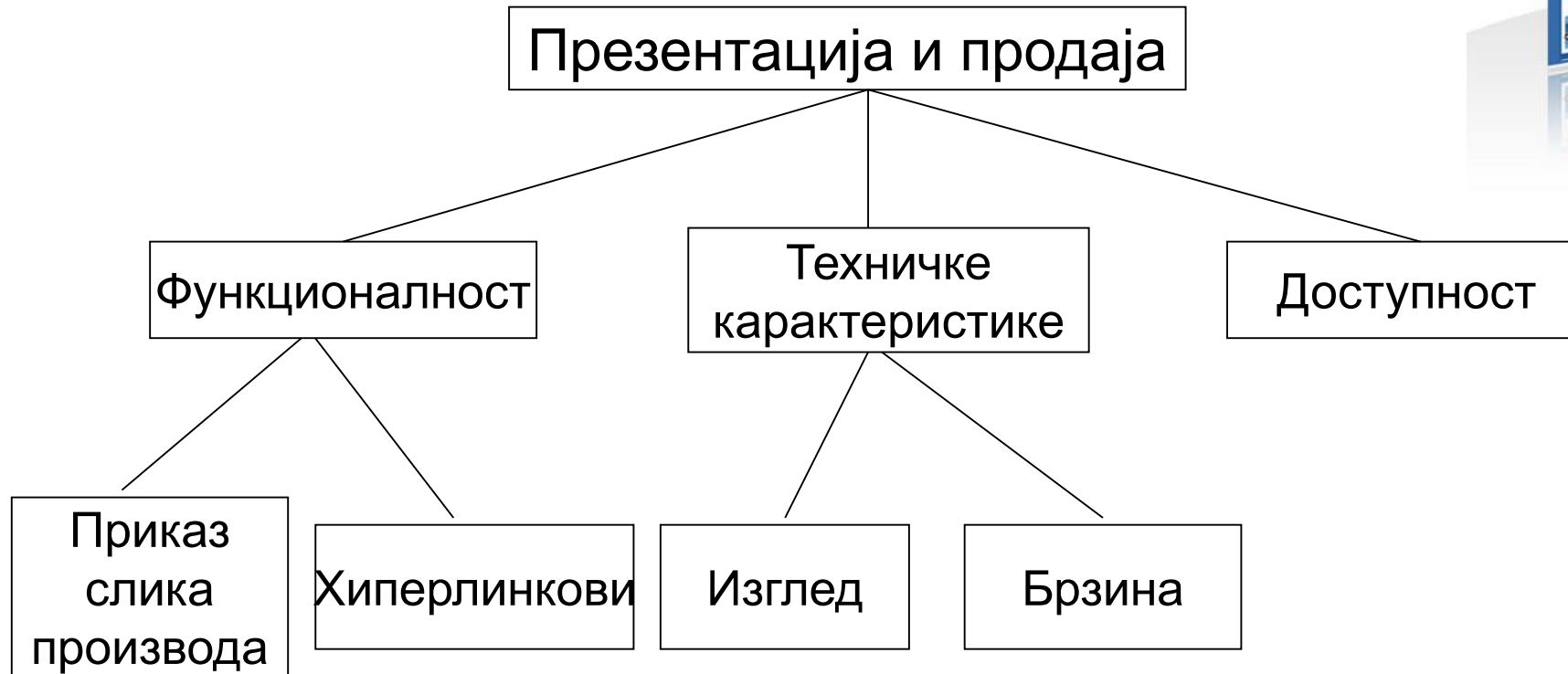
Веома велико. Отказ је скоро неизбежан.

10

# FMEA – процедура (RPN – оцена детектовања отказа)

<b>Детектовање</b>	<b>Оцена</b>
Скоро извесно	1
Веома висока	2
Висока	3
Умерено висока	4
Умерена	5
Ниска	6
Веома ниска	7
Незнатна	8
Веома незнатна	9
Скоро немогућа	10

# Пример: функционална FMEA за веб сајт





# Пример: функционална FMEA за веб сајт



Funkcija	Način otkaza	Efekat otkaza		Ozb.	Uzrok otkaza	Pojav.	Det.	RPN	Odgovorni član tima	Akcija
		Neposredni efekat	Sistemski efekat							
Prikaz slika	Velika rezolucija slika	Ne otvaraju se slike	Proizvod nije prodat	10	-veličina slika -spora konekcija	3	3	90	Jack	Uraditi kompresiju slika
Hiperlinkovi	Kidanje hiperlinkova	404-file not found error	Korisnik može postati uznemiren	3	Nemarnost u održavanju sajta	4	3	36	Dan	Koristiti softver za automatsku proveru linkova na sajtu
Izgled sajta	Pretrpana forma (izgled)	Sajt ne izgleda dobro	Ostavlja loš utisak na korisnika	5	-nedostatak hijerarhije u prezentaciji	4	3	60	Dan	Kreirati odgovarajuću hijerarhiju sadržaja
Brzina rada	Sporo učitavanje stranica	Potrebno je 2 i više minuta da se učita stranica	Kupci počinju da ignorišu sajt/mogući gubitak prodaje	7	-preveliko korišćenje multimedijalnih sadržaja na stranicama	5	3	105	John	Koristiti statični sadržaj na web sajtu
Dostupnost	Web hosting server puca	Sajtu ne može da se pristupi	Gubljenje interesovanja korisnika	5	-nemogućnost da se podrži više od 500 simultanih zahteva	3	3	45	Ben	Popraviti balansiranje punjenja između
	Ne podržava verziju browser-a	Nekim stranicama se ne može pristupiti	Ostavlja loš utisak na korisnika	3	-Korisnici koriste staru verziju browser-a	1	3	9	Dan	Upućivati korisnike da instaliraju novu verziju

# FMEA радни лист – пример слања наруџбенице

Елемент	Начин отказа	Ефекти отказа		ОП	Узрок отказа	ВП	Начин детектовања	МД	RPN	Акција
		локални	системски							
Слање наруџбенице	Наруџбеница није послата	Добављач није добио захтев и неће извршити испоруку	Могући већи губитак профита и плаћање пенала	7	Није добијен налог за набавку	4	Сигнал из производње да материјал није стигао	9	252	Слање узвратне поруке када се добије налог за набавку.
					Грешка запосленог	5	Сигнал из производње да материјал није стигао	9	315	Слање узвратне поруке када се добије налог за набавку.
	Наруџбеница је касно послата	Кашњење у испоруци	Могући губитак профита	3	Грешка запосленог	5	Сигнал из магацина да је стигао материјал	4	60	Слање узвратне поруке када се пошаље наруџбеница.
					Преоптерећење запослених	7	Анализа оптерећеност и	4	84	Прерасподела посла у служби набавке или запошљавање.
	Наруџбеница није послата на праву адресу	Кашњење у наручивању	Могући губитак профита	3	Грешка запосленог	7	Повратно писмо са адресе на коју је послата наруџбеница	3	63	Контрола слања наруџбеница.

# FMEA радни лист – пример слања наруџбенице

Редослед акција за смањење ризика	Акција
1	Слање узвратне поруке када се добије налог за набавку.
2	Прерасподела посла у служби набавке или запошљавање.
3	Контрола слања наруџбеница.
4	Слање узвратне поруке када се пошаље наруџбеница.

- ▶ Приликом дефинисања акција потребно је сагледати структуру RPN.
- ▶ Акције треба да буду усмерене према оној компоненти ризика (вероватноћа појављивања, озбиљност последице, могућност детекције) која има највећу оцену.

# Windchill

The screenshot displays the Windchill Quality Solutions interface for a project named 'Project 1'. The main window is titled 'Windchill Quality Solutions - [Project 1, System: Project 1]'. The menu bar includes File, Edit, View, Insert, Tools, System, FMEA, Filter, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and filtering, with a filter dropdown set to '-- No Filter --'. On the left, a 'Project Navigator' sidebar is visible. The main workspace is divided into two panes: 'System Tree Items' and 'FMEA Worksheet'. The 'System Tree Items' pane shows a table with columns for Name, Part Number, System Tree Identifier, Reference Designator, Description, and Manufacturer. The 'FMEA Worksheet' pane shows a table with columns for Item Name, Item Description, Failure Mode, End Effect, Severity, Cause of Failure, Occurrence, Detection, and RPN. The table contains three rows of data, with the third row's 'Detection' cell highlighted by a dashed blue border.

Name	Part Number	System Tree Identifier	Reference Designator	Description	Manufacturer
System	System	System			

Item Name	Item Description	Failure Mode	End Effect	Severity	Cause of Failure	Occurrence	Detection	RPN	
1	Plasticni ulozak	cuva minu	nemogucnost drzanja	Ne moze da se koristi	10	polomljena plastika	4	2	80
2	zatvarac	zatvara ulozak	nemogucnost zatvaranja	susenje mastila	8	polomljen zatvarac	3	3	72
3			ne zatvara cvrsto	susenje mastila	7	preveliki precnik zatvaraca	5	4	140