Workplace and Process Safety in Next Generation Europe - Teaching for Learning Safety4EU

Project No. 101126832

Coordinator: Dr Milan Protić

Co-funded by the European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

L9 Kvantitativna ocena rizika

Dr Ana Vukadinović, Dr Evica Stojiljković

Co-funded by the European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

Co-funded by the European Union

Bezbednost procesa se definiše kao „disciplina koja se fokusira na prevenciji požara, eksplozija i ispuštanja hemikalija u proizvodnim procesima“.

Takvi događaji se ne dešavaju samo u hemijskim postrojenjima, već se dešavaju i u rafinerijama, naftnim bušotinama itd.

Bezbednost procesa odnosi se i na sprečavanje/ublažavanje ispuštanja hemikalija ili energije iz procesa povezanih sa proizvodnim pogonima.

Co-funded by the European Union

Istorijski razvoj bezbednosti procesa

- Organizacije su prvobitno imale bezbednosne preglede za procese koji su se oslanjali na iskustvo i stručnost ljudi koji vrše pregled.
- Sredinom 20. veka počele su da se pojavljuju formalnije tehnike pregleda u procesnoj industriji. To uključuje:
  - Hazard and Operability (HAZOP) pregled, koji je razvio ICI 1960-ih,
  - Failure Mode and Effect Analysis (FMEA),
  - Checklist i What-If pregled.
- Tehnike kvantitativne analize, kao što su:
  - Fault Tree Analysis (FTA), koja se primenjivala u nuklearnoj industriji,
  - Quantitative Risk Assessment (QRA), i
  - Layer of Protection Analysis (LOPA)

Su takođe počele da se koristi u procesnoj industriji 1970-ih, 1980-ih i 1990-ih.

Co-funded by the European Union

Istorijski razvoj bezbednosti procesa

Tehnike modeliranja su razvijene za analiziranje posledica izlivanja i ispuštanja, eksplozija i izlaganja toksičnim supstancama.

Osnovan je Projektni institut za hitnu pomoć (*Design Institute of Emergency Relief Systems* DIERS) u okviru AIChE 1976. da razviju metode za reagovanje u slučajevima ispuštanja

Do sredine kasnih 1970-ih, bezbednost procesa je bila priznata tehnička specijalnost.

Američki institut hemijskih inženjera (AIChE) formirao je Odsek za bezbednost i zdravlje na radu 1979. godine.

tih godina...

Co-funded by the European Union

Istorijski razvoj bezbednosti procesa

- Godine 1976., u blizini Sevesa, u Italiji, dogodio se akcident koji je rezultirao oslobađanjem 2,3,7,8-tetrahlorodibenzo-p-dioksina, opšte poznatog kao dioksin, u stambena područja.
- Dioksin je toksična hemikalija. Mnogi ljudi su razvili hloraknu, kožnu bolest. U okolini postrojenja na teritoriji od 17 km^2 zemljište je postalo nenastanjivo.
- Ovaj incident je 1982. godine doveo do strožih propisa za procesne industrije u Evropi, donošenjem direktive Evropske komisije poznatije kao Seveso direktiva.



Co-funded by the European Union

1976, katastrofa u gradu u blizini Savesa





Co-funded by the European Union

- 1984. Došlo je do oslobađanja metilizocijanata, toksičnog i zapaljivog materijala u hemijskoj fabrici u Bopal, Indija. Poginulo je više od 3.000 ljudi.
- U fabrici američkog hemijskog koncerna Junion karbajd došlo je do tehničkog kvara, pri čemu je više tona otrovnog gasa metilizocijanata dospelo u atmosferu.
- Više od 3 hiljade ljudi je umrlo od posledica trovanja gasom. Hiljade drugih je trajno obolelo od udisanja otrovnog gasa. To je najveća do sada zabeležena hemijska katastrofa u svetu i jedna od najpoznatijih ekoloških nesreća u ljudskoj istoriji.
-
- ...
- 1985. formiranje Centra za bezbednost hemijskih procesa (CCPS)

Co-funded by the European Union

Nakon eksplozije u rafineriji BP Texas City 2005. godine u kojoj je poginulo 15 ljudi i povredjeno preko 170 drugih stvorena je nezavisna komisija za ispitivanje načina razmišljanja o bezbednosti procesa





Co-funded by the European Union

Upravljanje bezbednošću procesa

Sistem upravljanja bezbednošću procesa je formalno uspostavljen i dokumentovani skup aktivnosti i procedura osmišljenih da proizvedu specifične rezultate na održivoj osnovi.

Upravljanje bezbednošću procesa (PSM *Process Safety Management*), predstavlja sistem upravljanja koji je fokusiran na

- prevenciju, spremnost za, ublažavanje, reagovanje ili obnavljanje od ispuštanja hemikalija ili energije iz procesa povezanog sa datim postrojenjem/objektom.

Co-funded by the European Union

Rizik: Da bi se razgovaralo o programu bezbednosti procesa zasnovanom na riziku, mora se razumeti koncept rizika.

Razumevanje rizika povezanog sa aktivnošću zahteva odgovarajući na sledeća pitanja:

1. Šta može poći po zlu? (ljudske povrede, šteta po životnu sredinu ili ekonomska gubitak).
2. Koliko loše može biti? (veličina gubitka ili povrede).
3. Koliko često se to može dogoditi? (verovatnoća gubitka ili povrede).

Co-funded by the European Union

- Opasnost (HAZARD) je operacija, aktivnost ili materijal sa potencijalom da izazove negativne efekte na ljudima, imovini, u životnoj sredini ili poslovanju; ili je jednostavno potencijalni izvor štete.
- Rizik (RISK) je mera ljudske povrede, ekološke štete ili ekonomskog gubitka u smislu verovatnoće incidenta i veličina povrede ili gubitka.
- Pojednostavljena verzija ovog odnosa izražava rizik kao proizvod Učestalosti i Posledice akcidenta (tj. rizik = učestalost x posledica).

- Iako je formula za rizik jednostavna, koncept rizika je veoma složen

Co-funded by the European Union

Opšte metode i tehnike procene rizika:

1. Brainstorming (*engl. brainstorming*).
2. Strukturirani i polustrukturirani intervju (*engl. structured and semi- structured interview*).
3. Delfi tehnika (*engl. Delphi technique*).
4. Procena toksičnosti (*engl. toxicity assessment*).
5. Procena ljudske pouzdanosti (*engl. human reliability assessment - **HRA***).
6. Leptir mašna analiza (*engl. bow tie analysis*).
7. Održavanje usmereno na pouzdanost (*engl. reliability centred maintenance*).
8. Analiza skrivenih (latentnih) hazarda (*engl. sneak analysis - **SA** i sneak circuit analysis - **SCI***).
9. Markovljeva analiza (*engl. Markov analysis*).
10. Monte Carlo simulacija (*engl. Monte Carlo simulation*).

Co-funded by the European Union

Opšte metode i tehnike procene rizika:

11. Bajesova statistika i Bajesove mreže (*engl. Bayesian statistics and Bayes Nets*).
12. FN krive (*engl. **FN** curves*).
13. Indeksi rizika (*engl. risk indices*).
14. Matrica posledica i verovatnoća (*engl. consequence/probability matrix*).
15. Cost benefit analiza (*engl. cost/benefit analysis* - ***CBA***).
16. Višekriterijumsko odlučivanje (*engl. multi-criteria decision analysis* - ***MCDA***).
17. Analiza uzroka i posledica (*engl. cause-consequence analysis*).
18. Analiza uzroka i efekata (*engl. cause-and-effect analysis*).

Co-funded by the European Union

Metode i tehnike procene rizika orijentisane na uzroke:

1. Analiza primarnih uzroka (*engl. root cause analysis* - ***RCA***).
2. Analiza stabla neispravnosti (*engl. fault tree analysis* - ***FTA***).
3. Analiza slojeva zaštite (*engl. layers of protection analysis* - ***LOPA***).
4. Ček-liste (*engl. check-lists*).

Co-funded by the European Union

Metode i tehnike procene rizika orijentisane na posledice:

1. „Šta-ako” tehnika (*engl. structured “What-if” Technique* - ***SWIFT***).
2. Analiza scenarija (*engl. scenario analysis*).
3. Analiza uticaja na poslovanje (*engl. business impact analysis* - ***BIA***).
4. Analiza stabla događaja (*engl. event tree analysis* - ***ETA***).
5. Analiza stabla odlučivanja (*engl. decision tree analysis*).

Co-funded by the European Union

Metode i tehnike procene rizika orijentisane na poređenju rizika:

1. Preliminarna analiza hazarda (*engl. preliminary hazard analysis - **PHA***).
2. Studija hazarda i operabilnosti (*engl. hazard and operability study – **HAZOP***).
3. Analiza hazarda i kontrolnih tačaka (*engl. hazard analysis and critical control points - **HACCP***).
4. Analiza načina i efekata otkaza (*engl. failure modes and effects analysis (**FMEA, FMECA**)*.

Co-funded by the European Union

Metoda	Proces procene rizika				
	Identifikacija rizika	Analiza rizika			Evaluacija rizika
		Posledice	Verovatnoća	Nivo rizika	
Brainstorming	IP	NP	NP	NP	NP
Strukturirani i polustrukturirani intervju	IP	NP	NP	NP	NP
Delfi tehnika	IP	NP	NP	NP	NP
Čekliste	IP	NP	NP	NP	NP
Preliminarna analiza hazarda (PHA)	IP	NP	NP	NP	NP
Studija hazarda i operabilnosti (HAZOP)	IP	IP	P	P	P
Analiza hazarda i kontrolnih tačaka (HACCP)	IP	IP	NP	NP	IP
Procena toksičnosti	IP	IP	IP	IP	IP
Strukturirana „šta ako” tehnika (SWIFT)	IP	IP	IP	IP	IP
Analiza scenarija	IP	IP	P	P	P
Analiza uticaja na poslovanje (BIA)	P	IP	P	P	P
Analiza primarnih uzroka (RCA)	NP	IP	IP	IP	IP
Analiza načina i efekata otkaza (FMEA, FMECA)	IP	IP	IP	IP	IP
Analiza stabla neispravnosti (FTA)	P	NP	IP	P	P

1) **IP – izuzetno primenljivo**
2) **P - primenljivo**
3) **NP - nije primenljivo**

PROCESS SAFETY

Co-funded by the European Union

Safety 4EU

Metoda	Proces procene rizika				
	Identifikacija rizika	Analiza rizika			Evaluacija rizika
		Posledice	Verovatnoća	Nivo rizika	
Analiza stabla događaja (ETA)	P	IP	P	P	NP
Analiza uzroka i posledica	P	IP	IP	P	P
Analiza uzroka i efekata	IP	IP	NP	NP	NP
Analiza slojeva zaštite (LOPA)	P	IP	P	P	NP
Analiza stabla odlučivanja	NP	IP	IP	P	P
Procena ljudske pouzdanosti (HRA)	IP	IP	IP	IP	P
Leptir mašna analiza	NP	P	IP	IP	P
Održavanje usmereno na pouzdanost	IP	IP	IP	IP	IP
Analiza skrivenih (latentnih) hazarda (SA)	P	NP	NP	NP	NP
Markovljeva analiza	P	IP	NP	NP	NP
Monte Carlo simulacija	NP	NP	NP	NP	IP
Bajesova statistika i Bajesove mreže	NP	IP	NP	NP	IP
FN krive	P	IP	IP	P	IP
Indeksi rizika	P	IP	IP	P	IP
Matrica posledica i verovatnoća	IP	IP	IP	IP	P
Cost benefit analiza (CBA)	P	IP	P	P	P
Višekriterijumsko odlučivanje (MCDA)	P	IP	P	IP	P

1) **IP – izuzetno primenljivo**
2) **P - primenljivo**
3) **NP - nije primenljivo**

Co-funded by the European Union

KVANTITATIVNA ANALIZA RIZIKA

- Kvantitativna analiza rizika (QRA) uključuje proračun dve komponente rizika:
  - Veličina potencijalnog gubitka
  - Verovatnoća da će doći do gubitka

- Dakle, definicija rizika ima ove dve komponente: metriku za gubitke i verovatnoću raspodele gubitaka.
  - U kvalitativnoj analizi rizika, verovatnoće nisu eksplicitno procenjene, pa čak i gubici mogu biti okarakterisani kvalitativnim kategorijama.
- Inženjerski QRA pokriva procenu rizika opasnih socio-tehnoloških procesa, gde se gubici mogu opisati u smislu ljudskih, ekoloških ili ekonomskih gubitaka.

Co-funded by the European Union

KVANTITATIVNA ANALIZA RIZIKA

- Jedan od ciljeva je da se pokaže usklađenost sa ciljevima bezbednosti ali izraženim numeričkim kriterijumima verovatnoće
- Dalji ciljevi su identifikovanje slabih tačaka, traženje poboljšanja dizajna i optimizacije sistema.
- U analizi inženjerskog rizika, obično postoji regulatorni okvir, uključujući regulatorno telo (bezbednosni organ) koji propisuje uslove za QRA.
- Kvantitativna analiza rizika je sinonim za probabilističku analizu rizika (PRA) i verovatnoća procene bezbednosti (PSA),
- Verovatnoća je matematički formalizovan koncept koji se koristi za merenje mogućnosti da će se desiti događaj.

Co-funded by the European Union

Teorija verovatnoće

- Teorija verovatnoćeje mlada matematička disciplina u odnosu na geometriju i algebru.
- Može se uprošćeno definisati kao oblast matematike koja se uglavnom bavi procenama mogućnosti za realizaciju slučajnih događaja.
- Prva tačna rešenja problema iz ove oblasti su zabeležena tek u XVII veku (1654. godine), u prepisci francuskih matematičara Bleza Paskala i Pjera Ferma.

Co-funded by the European Union

Teoriji verovatnoće

- Naredne godine donele su nove doprinose ovoj naučnoj disciplini koje su dali Kristijan Hajgens, Jakob Bernuli i Abraham de Moavr.
- Veliki deo njihovih istraživanja je bio podstaknut praktičnim problemima, na primer, razvoj osiguravajućih društava doveo je potrebe da se razvije metotodologija procene rizika za šta je bio neophodan razvoj teorije verovatnoće.

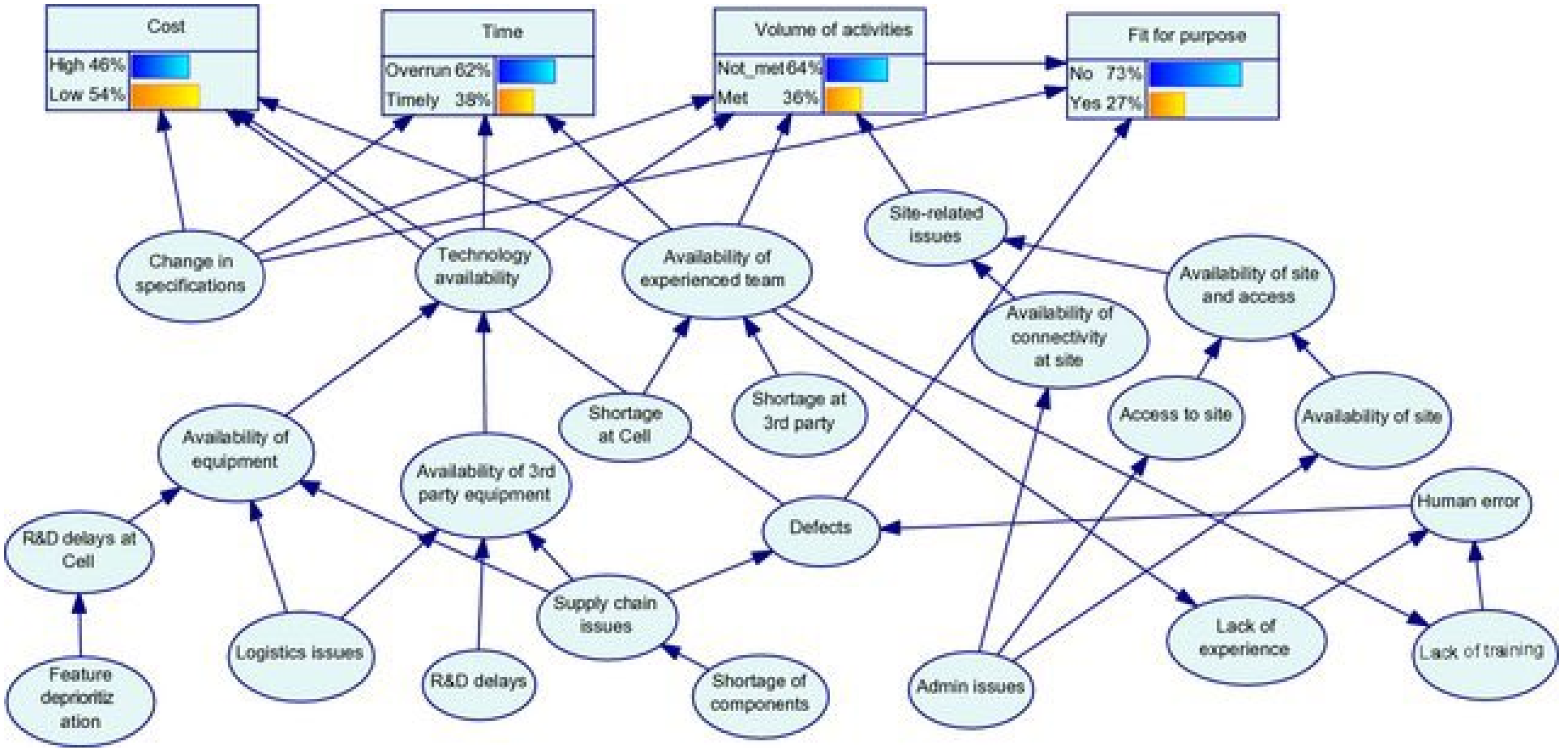
Co-funded by the European Union

Baiesian Belief Netvork - Bajesova mreža verovanja (BBN)

- Bajesova mreža verovanja (BBN) postaje popularan model za predstavljanje uzročne zavisnosti u mrežnom formatu.
- Svaki čvor predstavlja događaj ili stanje, a uzročne veze su definisane lukovima između čvorova.
- Uslovna funkcija verovatnoće se odnosi na svaki čvor (tabela verovatnoće kada su stanja čvorova diskretna).
- Model može predstavljati i verovatnoću i uzročnu zavisnost, na osnovu prethodnog znanja a podataka.

Co-funded by the European Union

Baiesian Belief Netvork - Bajesova mreža verovanja (BBN)



Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Metoda leptir mašne (*engl. bow tie analysis*) predstavlja metodu koja je dobila svoje ime po obliku dijagrama koji se konstruiše tokom njenog sprovođenja.
- Sama metoda je koristan alat za povezivanje višestrukih uzroka preko neželjenog događaja do njihovih krajnjih ishoda.

Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Dve su opšte prednosti korišćenja ove metode.

  - Prva je vizuelni dijagram koji predstavlja lako shvatljiv problem analize koji predstavlja sumaciju akcidentnog scenarija koji nastaje oko konkretnog hazarda i
  - drugo je što omogućava laku identifikaciju barijera ili slojeva zaštite na koje se sistem oslanja radi njihove prevencije ili umanjenja njihovih efekata kao ishoda, odnosno daje uvid u sistem kontrole na koje se sistem oslanja u konkretnim situacijama.

Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Na osnovu podataka koji su dostupni, prvo pominjanje same metode leptir mašne se vezuje za predavanja na Univerzitetu u Kvisnlendu na temu HAZAN-a (*Hazard Analysis*) i kraj 70-ih godina prošlog veka, ali teško je tvrditi sa sigurnošću kada tačno kreće njena upotreba.

- Katastrofa koja se dogodila na naftnoj platformi Piper Alpha 1988, na kojoj je nastradalo za svega 20 minuta 167 od prisutnih 229 osoba na platformi, je primorala naftnu industriju da ozbiljnije pristupi riziku i razumevanju hazarda koji sa sobom nosi konkretna industrija.

Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- **Lord Cullen,** koji je pisao izveštaj vezan za ovu katastrofu, navodi da postoji premalo razumevanja za uzročno-posledične povezanosti sekvence događaja koji vode do katastrofe i generalno hazarda i njima pripadajućim rizicima.

- Takođe se u izveštaju navodi i potreba za preuzimanjem kontrole nad ovim naizgled nepovezanim događajima, uslovima i stanjima i potrebe razvoja sistemskih alata za njihovo praćenje i kontrolu.

Co-funded by the European Union

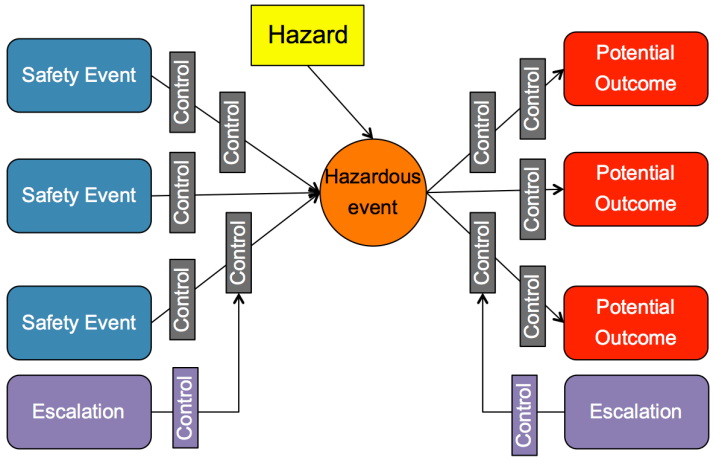
Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Kao rezultat navedenog izveštaja, **Royal Dutch / Shell Group** usvaja metodu leptir mašne kao standard kompanije za analizu i upravljanje rizikom, definiše striktna pravila na osnovu ideje najbolje prakse.
- Poslednjih decenija upotreba ove metode svakako se preliva i u druge industrije

Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Metoda leptir mašne kombinuje induktivno/deduktivni metod identifikacije uzroka na jednoj strani i posledica na drugoj strani.
- Najjednostavnije, sama metoda podseća na kombinaciju metoda analize stabla otkaza i analiza stabla događaja, gde leva strana dijagrama mašne odgovara analizi stabla otkaza, dok desna strana odgovara metodi analizi stabla događaja.



Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

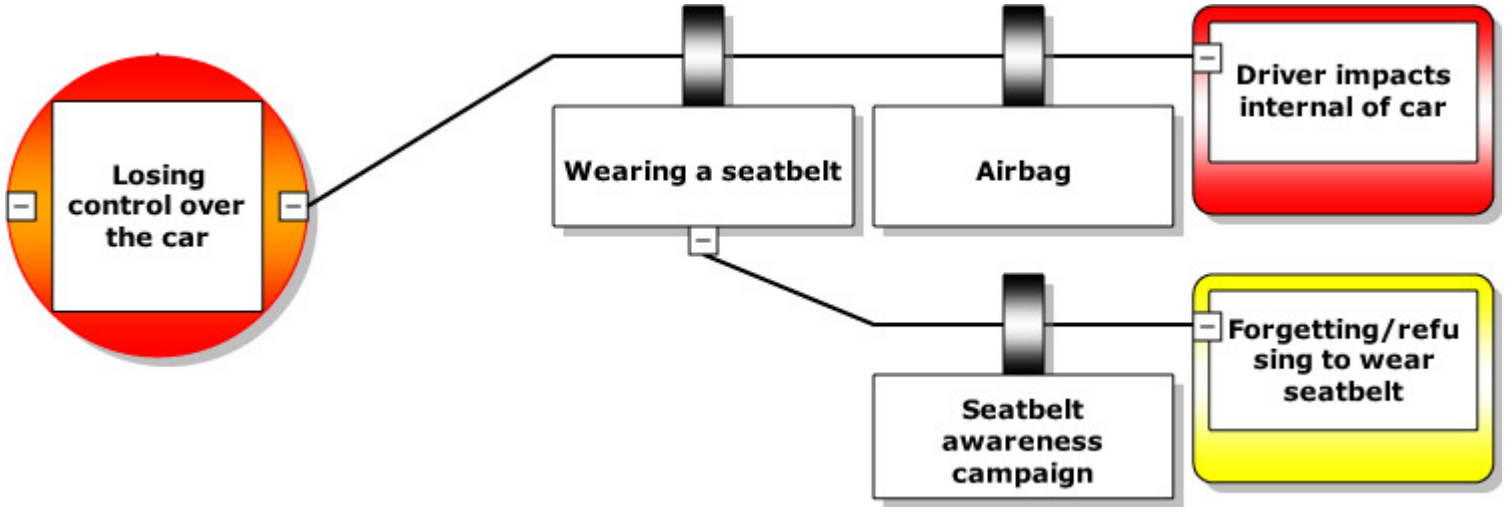
Objekti koji čine dijagram u ovoj metodi su analogni drugim pomenutim metodama:

- Osnovni hazard,
- Vršni događaj (koji je posledica osnovnog hazarda),
- Uzroci,
- Posledice/ishodi,
- Barijere/slojevi zaštite,
- Faktori eskalacije.

Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

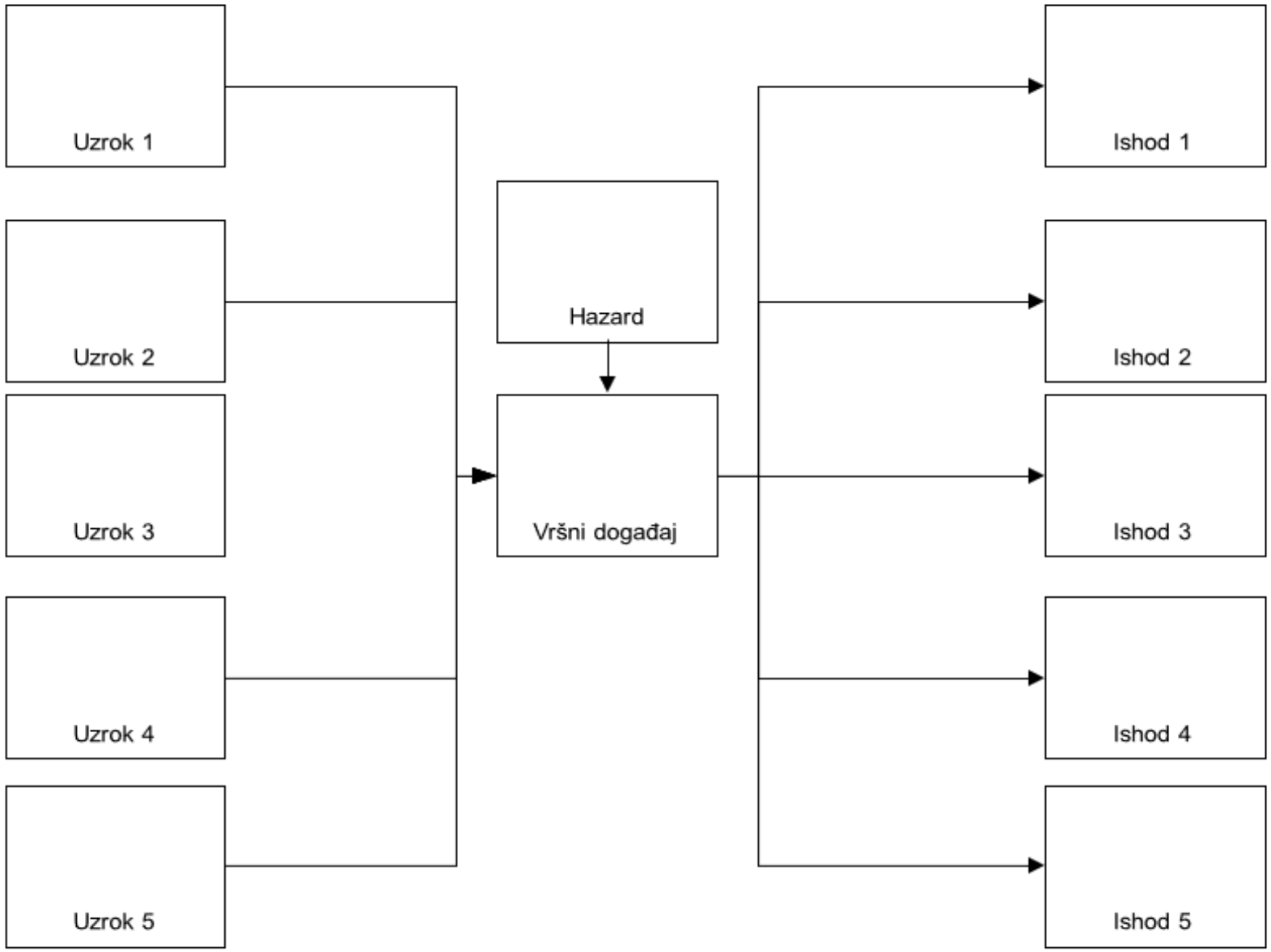
- Faktori eskalacije su novi pojam koji se bavi manama/nedostacima barijera/slojeva zaštite, koja u ovoj metodi povećavaju preciznost analize i procena rizika kao i šanse za prevenciju otkaza navedenih barijera



Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

Osnovni dijagram leptir mašna metode



Co-funded by the European Union

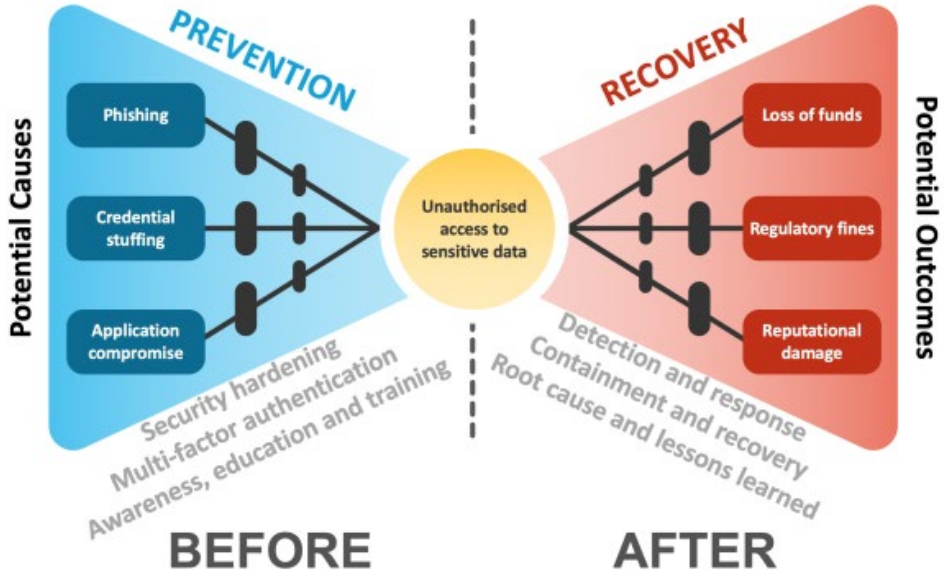
Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Osnovni nivo sadrži samo osnovne uzroke, ishode i vršni događaj. Osnovni dijagram najviše i služi za identifikaciju osnovnih uzroka i posledica glavnog događaja.
- Na sledećem nivou analize, na dijagram se dodaju barijere odnosno slojevi zaštite.
- Na levoj strani dijagrama, barijere imaju preventivnu ulogu, odnosno predstavljaju kontrole sistema postavljene tako da spreče nastajanje vršnog događaja, zato se dodatno nazivaju i **preventivne barijere**, a na desnoj strani dijagrama se nalaze barijere koje su tu da umanje efekat nastajanja vršnog događaja, i odgovarajućih ishoda pa se još nazivaju **reaktivne barijere**.

Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Sa stanovišta efikasnosti, značajnije su preventivne barijere jer imaju za cilj izbegavanje nastajanja vršnog događaja, ali dodatno činjenica je i da više štete nosi bavljenje sa posledicama i nalaženje kontrola koje će umanjiti njihov efekat nego uraditi prevenciju nastajanja inicijalne štete.



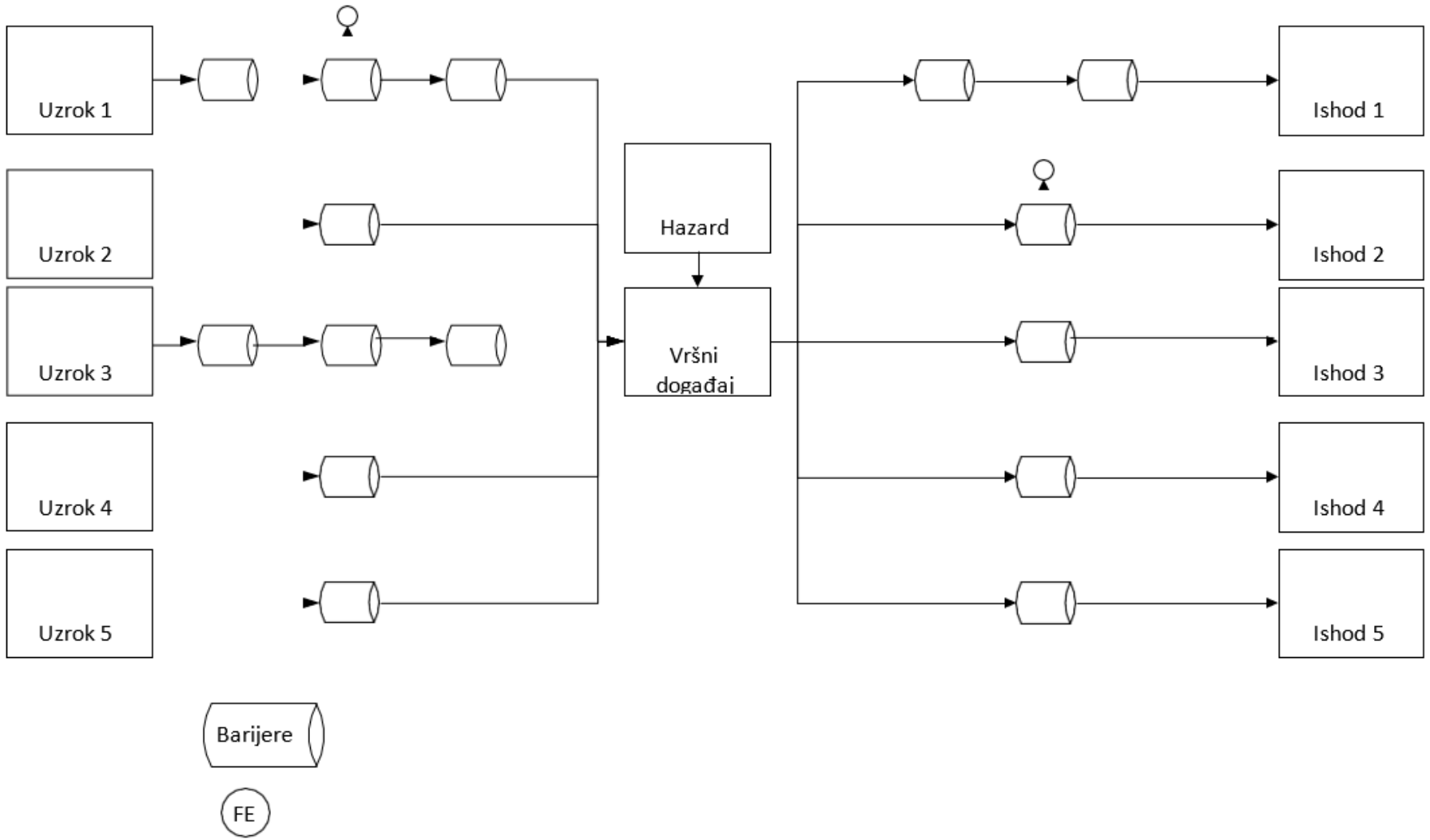
Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza

- Konačno na dijagram se dodaju i **faktori eskalacije** koji predstavljaju mogućnost, odnosno razloge nefunkcionisanja navedenih barijera.
- Takav oblik opšteg dijagrama sa barijerama i odgovarajućim faktorima eskalacije je prikazan na sledećem grafiku:

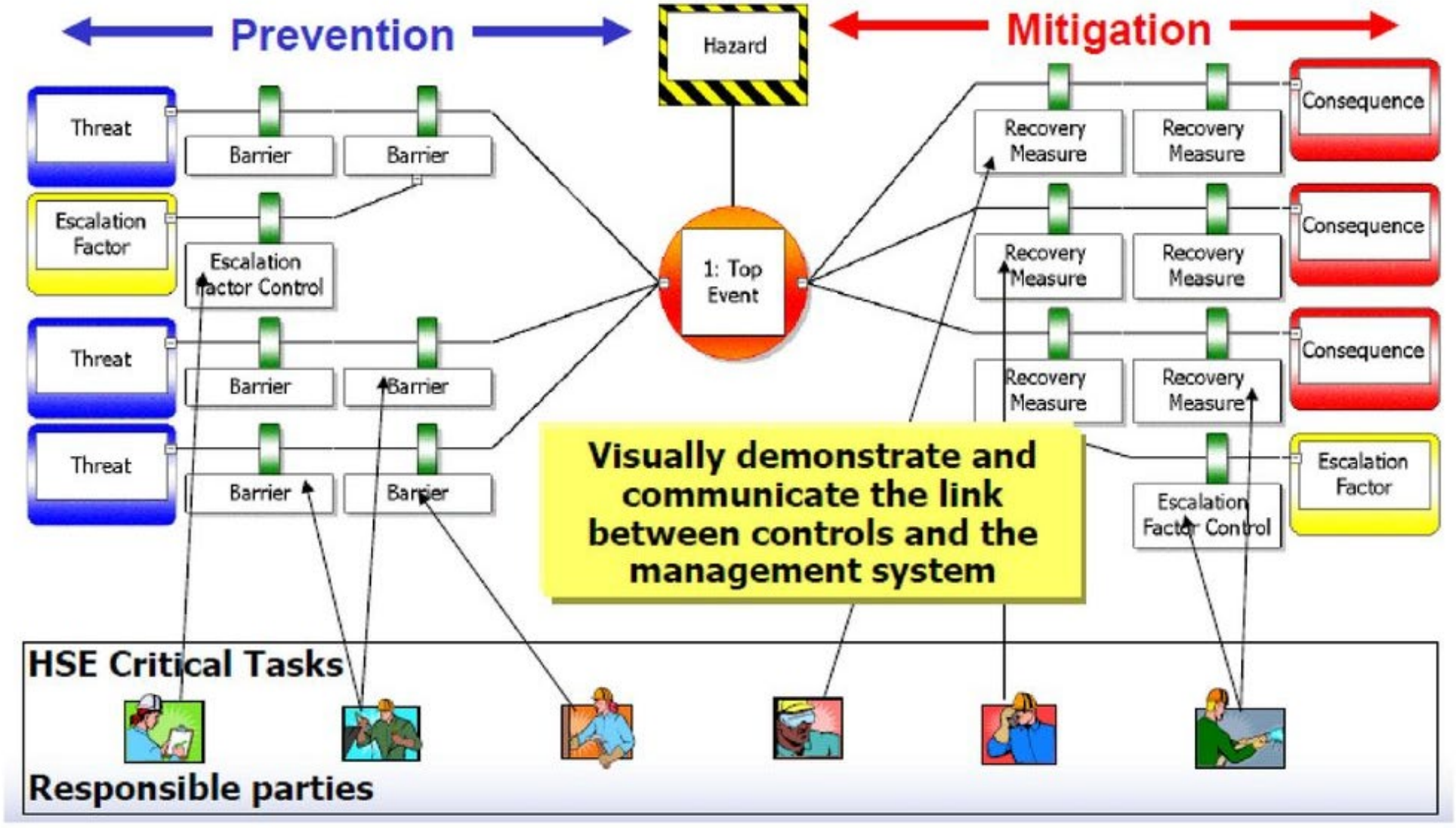
Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza



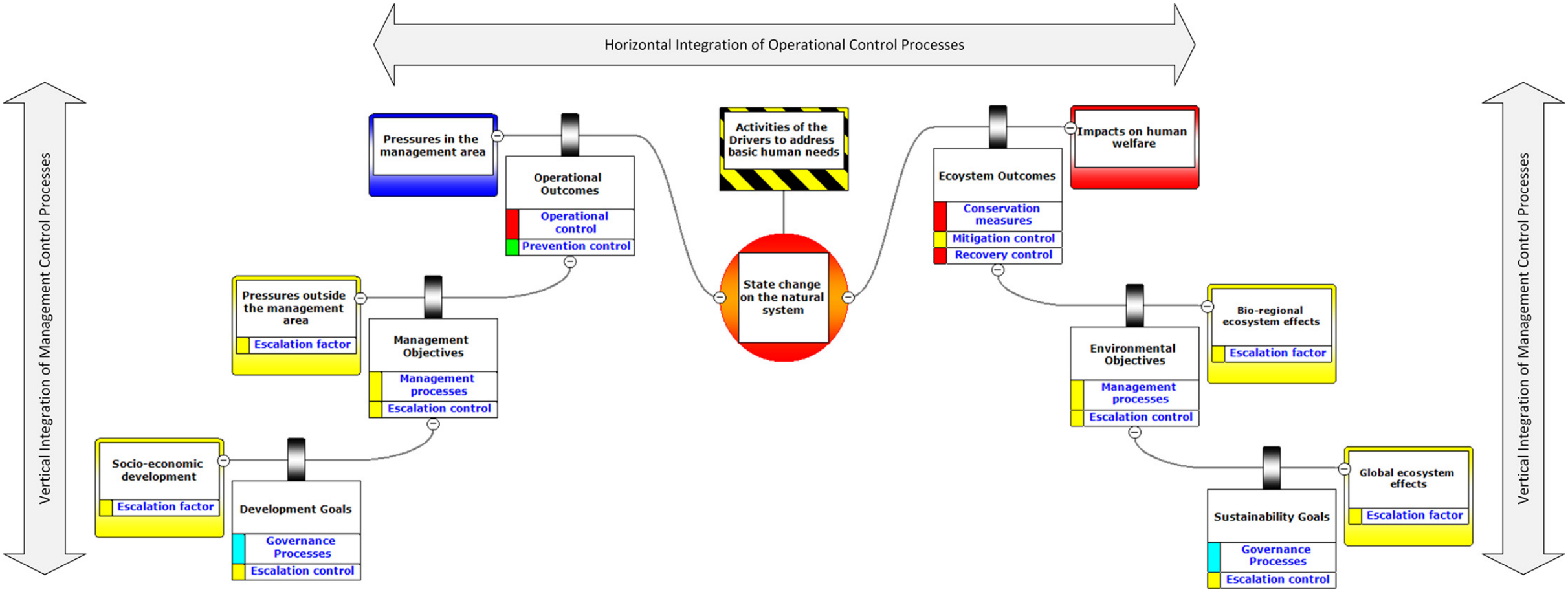
Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza



Co-funded by the European Union

Bow-Tie Method - Leptir mašna analiza



Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije



Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- dobila je naziv po svojoj asocijativnosti sa gradom poznatim po igrama na sreću i riziku i neizvesnosti koji iz njih proizilaze.

- U svom najjednostavnijem obliku, Monte Carlo metod predstavlja generator slučajnih brojeva koji se koristi za predviđanje, merenje i analizu rizika.

- Sam termin "Monte Karlo" simulacije, koji nalazi inspiraciju u domenu igara na sreću, su prvi uveli Nojman i Ulam, sa idejom da se u proračunu determinističkih veličina koriste nasumični brojevi

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Pomoću ove tehnike, kreira se veliki broj scenarija tako što se uzastopnim ponavljanjem, na slučajan način, biraju vrednosti iz predeterminisane raspodele verovatnoće neizvesnih varijabli koje predstavljaju izvor rizika.

- Osnovna prednost tehnike je mogućnost rešavanja kompleksnih praktičnih problema sa relativnom lakoćom

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Da bi se izvršile simulacije neophodno je dizajnirati model koji oponaša funkcionisanje nekog sistema u realnosti.
- Model se sastoji od krajnjeg rezultata (autput), na jednoj strani, i događaja i faktora koji utiču na rezultat (inputi), na drugoj strani.
- Suština je da se ispita kako različiti inputi utiču na autput. Zapravo, ideja koja stoji iza tehnike simulacije je ekvivalentna sprovođenju ogromnog broja višestrukih analiza osetljivosti.
- Razlika između tehnike simulacije i ručnog sprovođenja analize osetljivosti je u tome što se vrednosti inputima pripisuju automatski, na nepristrasan način, uvažavajući raspodelu verovatnoće

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Tehnika Monte Carlo predstavlja vid parametarske simulacije za koju su neophodne pretpostavke o raspodeli verovatnoće inputa pre izvođenja simulacije.
- Alternativni pristup je neparametarska simulacija kod koje se koriste sirovi podaci kako bi se opisala određena varijabla.
- Neparametarska simulacija bazira na bootstrap tehnici i predstavlja vrlo koristan alat za predviđanje i analizu budućnosti, ali samo pod uslovom da se kao input simulacije koristi veliki broj istorijskih podatka. Osnovna ideja bootstrap tehnike je da se na istorijskim podacima vrše simulacije kako bi se dobile raspodele verovatnoće odgovarajućih statistika (sredina, medijana i sl.) raspodele verovatnoće varijable koja je predmet analize.

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- U odsustvu dovoljnog broja podataka, kao i u situacijama kada u osnovi podataka leži neki sistemski proces parametarske simulacije mogu biti bolji izbor.
- Kod parametarske simulacije, da bi se utvrdila raspodela verovatnoće koja najbolje opisuje određenu varijablu (input modela) potrebno je sagledati sve njene bitne karakteristike.
- Za opisivanje promenljive koriste se dostupni podaci. Zatim se dobijene karakteristike upoređuju sa alternativnim raspodelama kako bi se izabrala najadekvatnija. Ukoliko ne postoje istorijski podaci, koriste se zdravorazumske procene, iskustvo i intuicija

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Različiti inputi modela mogu biti u korelaciji, u smislu da slučajno odabrana vrednost iz raspodele određenog inputa utiče na izbor vrednosti iz raspodele drugog inputa.
- Tehnika Monte Carlo simulacije podrazumeva četiri koraka:
    1. Dodeljivanje odgovarajuće raspodele verovatnoće svakom od inputa,
    2. Dodeljivanje niza varijacija svakom inputu,
    3. Izbor jedne vrednosti iz niza za svaki od inputa,
    4. Deterministička analiza na bazi vrednosti inputa koje su dobijene iz pripadajućih raspodela kao slučajne kombinacije.

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije



- Svaki put kada se generišu slučajne vrednosti za svaki od inputa dobija se jedna kombinacija, jedna simulacija modela ili iteracija.
- Ovaj korak ponavlja se veliki broj puta kako bi se dobila raspodela verovatnoće autputa.
- Uobičajeno je da se vrši nekoliko hiljada ponavljanja
- što je veći broj iteracija to je preciznost simulacije veća.

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Način na koji MC simulacija bira promenljive vrednosti za simulaciju modela je slično onom koji se koristi u igrama na sreću.
- Kada igrač baci kockicu, on ili ona zna da će se pojaviti 1, 2, 3, 4, 5 ili 6, ali ne zna šta će se desiti u bilo kom određenom kolu. Isto je i sa varijablama koje imaju poznati opseg vrednosti, ali neizvesna vrednost za bilo koje određeno vreme ili događaj



Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Najveći napor u primeni Monte Carlo simulacije vezuje se za definisanje raspodele verovatnoće inputa koji određuju model.
- Zbog toga troši nekoliko puta više resursa u poređenju sa drugim tehnikama merenja rizika.
- Iz ovog razloga, u sprovođenju simulacije poštuje se princip „zadržati jednostavnost uz razuman nivo pouzdanosti“.

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

Da bi se razumeo način proračuna multiplikativnog faktora potrebno je definisati funkciju gustine normalne raspodele, koja je predstavljena pomoću sledeće formule

$$f(x,\mu,\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

gde je:

- μ – srednja vrednost,
- σ – standardno odstupanje,
- x – nezavisna promenljiva za koju se računa funkcija, ima vrednost $+\infty < x < -\infty$.

Co-funded by the European Union

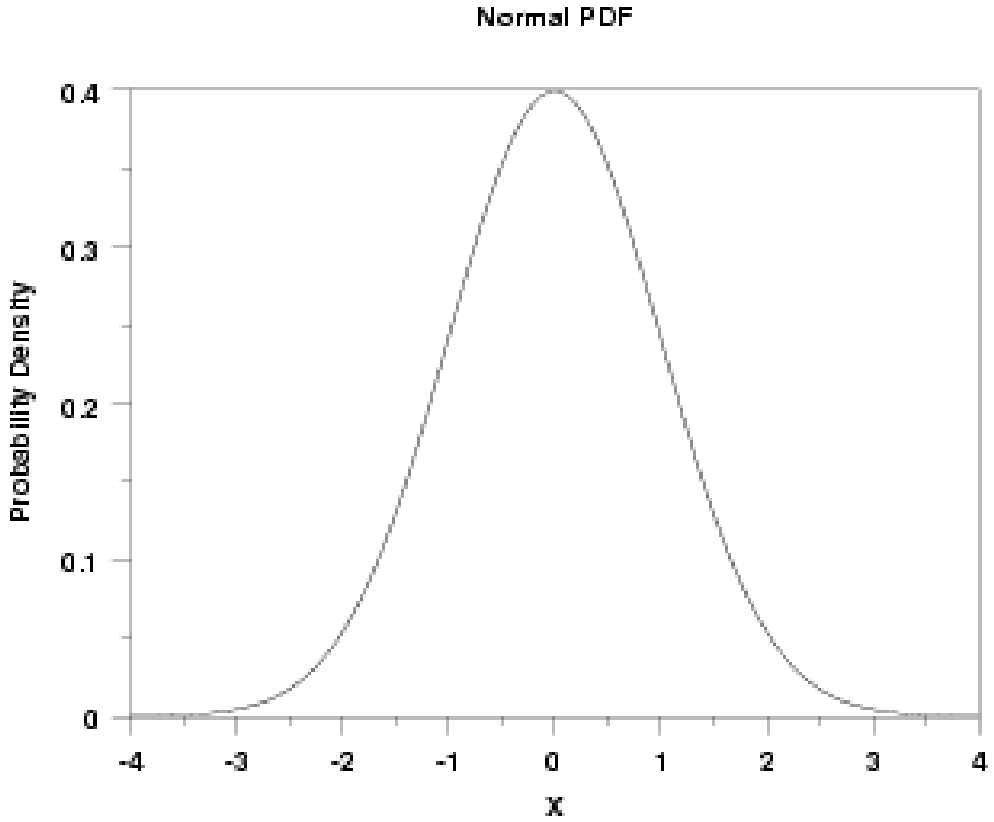
Tehnika Monte Carlo simulacije

Za slučaj kada je $\mu = 0$ i $\sigma = 1$ ova formula postaje:

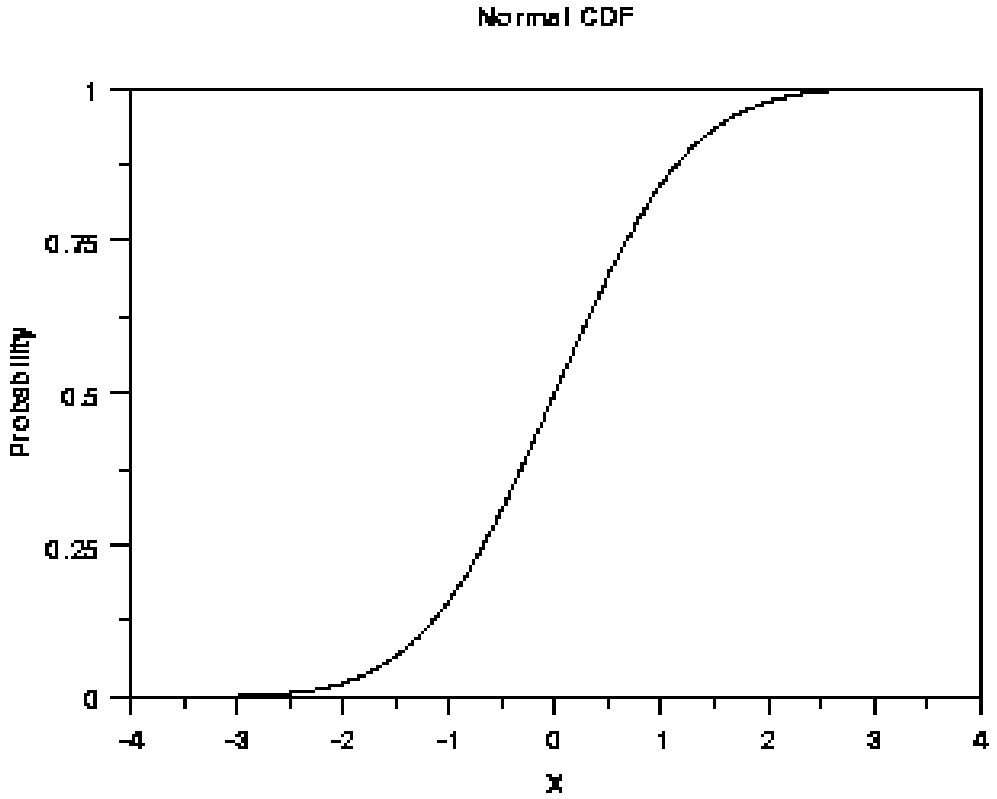
$$f(x) = \frac{e^{\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}$$

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije



Funkcija gustine normalne raspodele



Grafik kumulativne raspodele verovatnoće

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Rezultati Monte Carlo simulacije uključuju prikazivanje kumulativne frekvencije rezultata, utvrđivanje opsega vrednosti između kojih će se kretati rezultati, deskriptivne statistike, kao i verovatnoće da će rezultat biti iznad ili ispod neke relevantne vrednosti

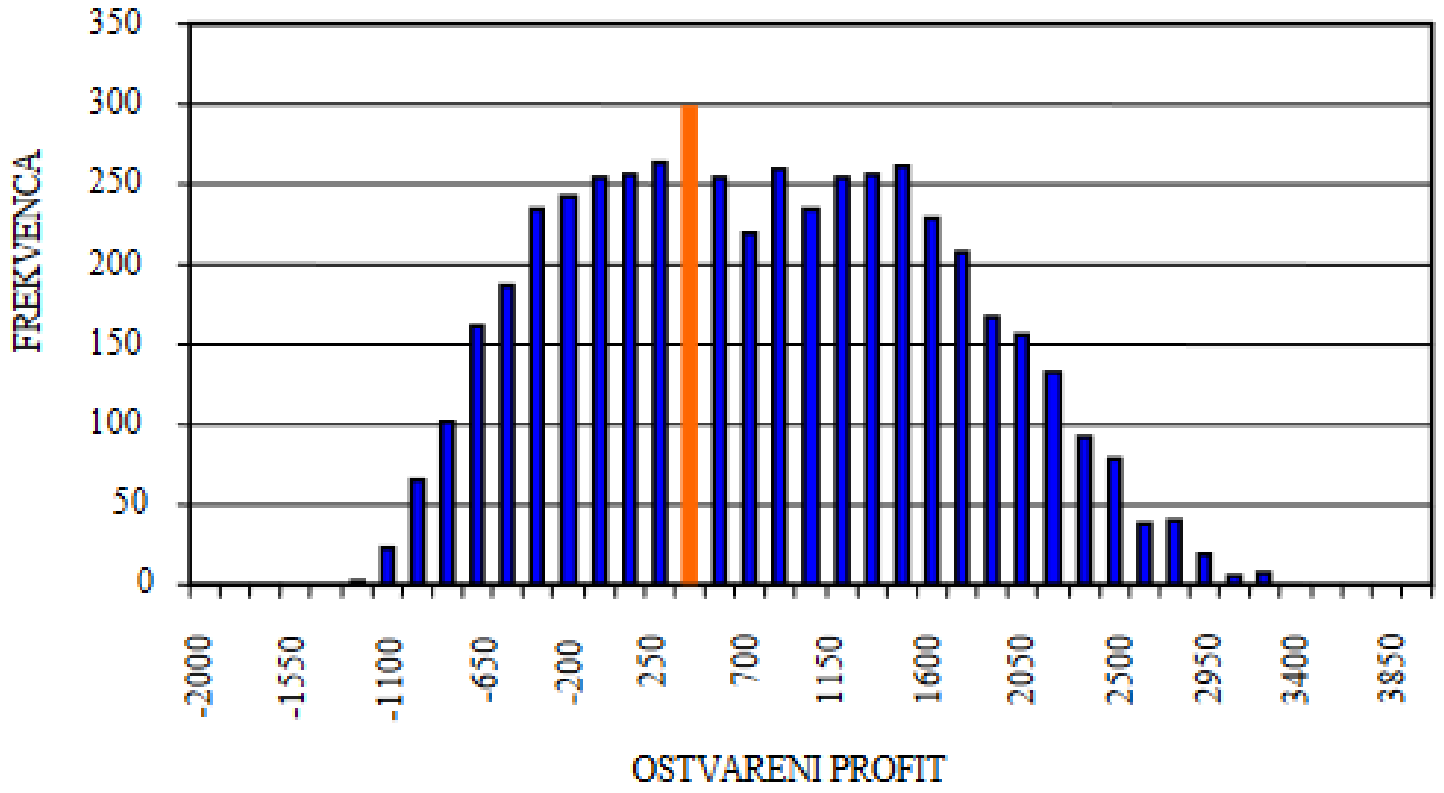
Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Rezultati Monte Karlo simulacije mogu da se prestave pomoću analitičkih (statističkih) podataka i grafičkim putem.
- Neki od prikaza rezultata su:
  - srednja vrednost – prosečna vrednost svih dobijenih rezultata;
  - mod – vrednost koja ima najveću frekvenciju (najčešća vrednost);
  - medijana – broj koji razdvaja gornju polovinu dobijenih rezultata od donje. Ako je raspodela simetrična, srednja vrednost i medijana će biti identični;
  - standardna devijacija – veličina koja prikazuje prosečnu udaljenost dobijenih vrednosti od srednje vrednosti;
  - standardna greška – količnik standradne devijacije i kvadratnog korena izračunavanja;
  - maksimalna vrednost – najveća vrednost dobijena u simulaciji;
  - minimalna vrednost – najmanja vrednost dobijena u simulaciji;
  - interval – broj koji se dobije oduzimanjem minimalne vrednosti od maksimalne vrednosti;
  - VAR kriva – grafik raspodele verovatnoće (eng. Value at Risk Chart);
  - histogram – grafički prikaz tabele koji pokazuje koliki je opseg događaja koji pripadaju svakoj od nekoliko mogićih kategorija

Co-funded by the European Union

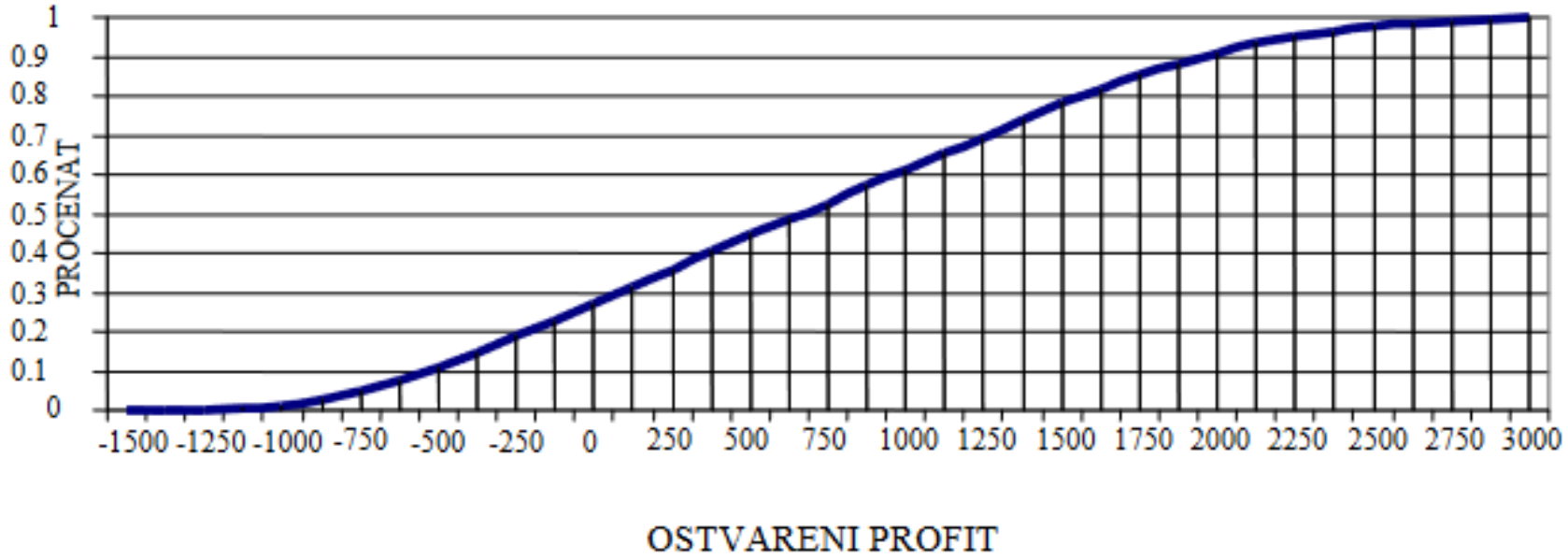
Tehnika Monte Carlo simulacije



Histogram dobijenih rezultata

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije



Kumulativna funkcija dobijene raspodele

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- SOFTVER ZA SIMULACIJU MONTE KARLO
- Dostupne su različite opcije za korišćenje Monte Karlo simulacija u kompjuterima.
- Može se koristiti bilo koja programska mreža visokog nivoa kao što je C, C++, Java ili neki od .NET programiranja jezika koje je uveo Microsoft R©, za razvoj računara program za generisanje uniformnih slučajnih brojeva, generisanje ing. slučajnih brojeva za specifične distribucije i izlaz analiza. Ovaj program će verovatno biti skrojen za konkretnim situacijama. Dostupne su i različite softverske biblioteke- da olakšaju razvoj MC simulacionog koda.

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- postoje samostalni softverski paketi koji se mogu koristiti za MC simulacije.
    - Crystal Ball, Oracle R©
    - @RISK, Palisade
    - Solver add-in, Frontline Systems

su nekoliko primera ove vrste softvera.

- MC simulacije se takođe mogu izvoditi korišćenjem dodataka popularnim softver za proračunske tabele kao što je Microsoft R© Excel.

Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

Uncertainty Analysis Software Commercial Packages

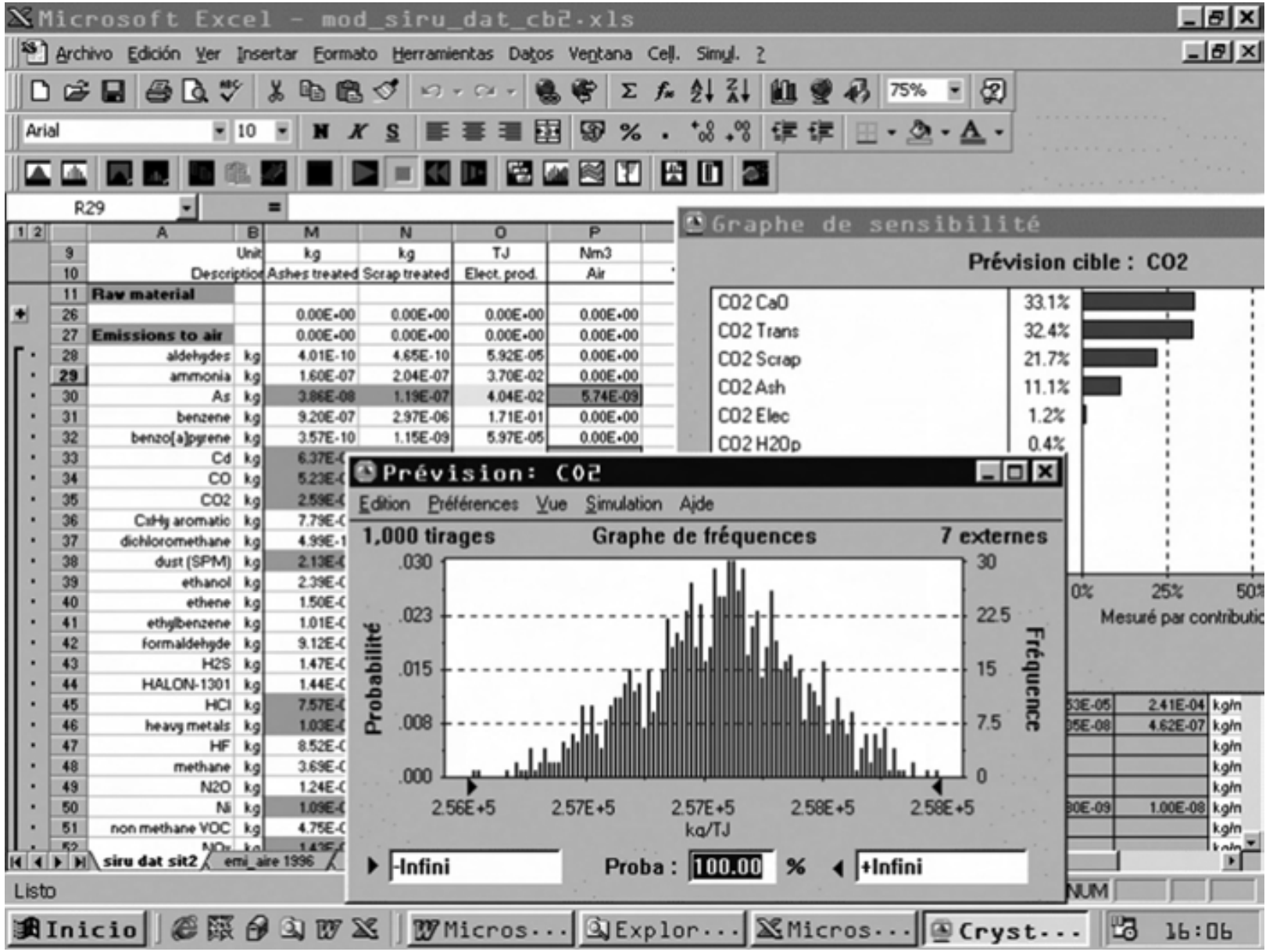
Software Package	Version	Producer	Year	URL Address
Crystal Ball	4.0	Decisioneering	1996	www.decisioneering.com
@Risk	3.1	Palisade Corporation	1996	www.palisade.com
Analytica	1.0 Beta 1	Lumina Decision Systems	1996	www.decisioneering.com
Stella II	3.0.6	High Performance System	1994	www.hps-inc.com
PRISM	November 1992	Gardner et al.	1992	www.senes.com
Susa-PC	1.0	Hofner et al.; GRS–Garching	1992	—

QUANTITATIVE RISK ANALYSIS

Co-funded by the European Union

Safety 4EU

Tehnika Monte Carlo simulacije

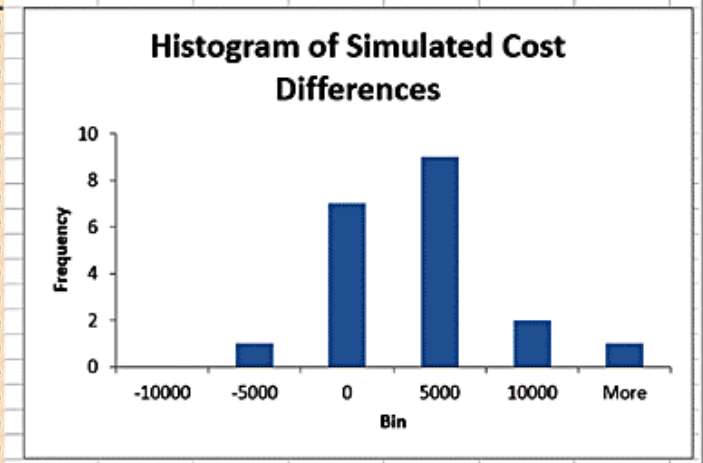


Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije

- Enter the trial number (1 to 20) in column D.
- Reference the cells associated with model outputs in row 3: (E3, F3, G3) → (=B12, =B19, =B20)
- Select the range for the data table (D3:G23)
- In the *Data Table* dialog, enter any blank cell for the *Column Input Cell*.

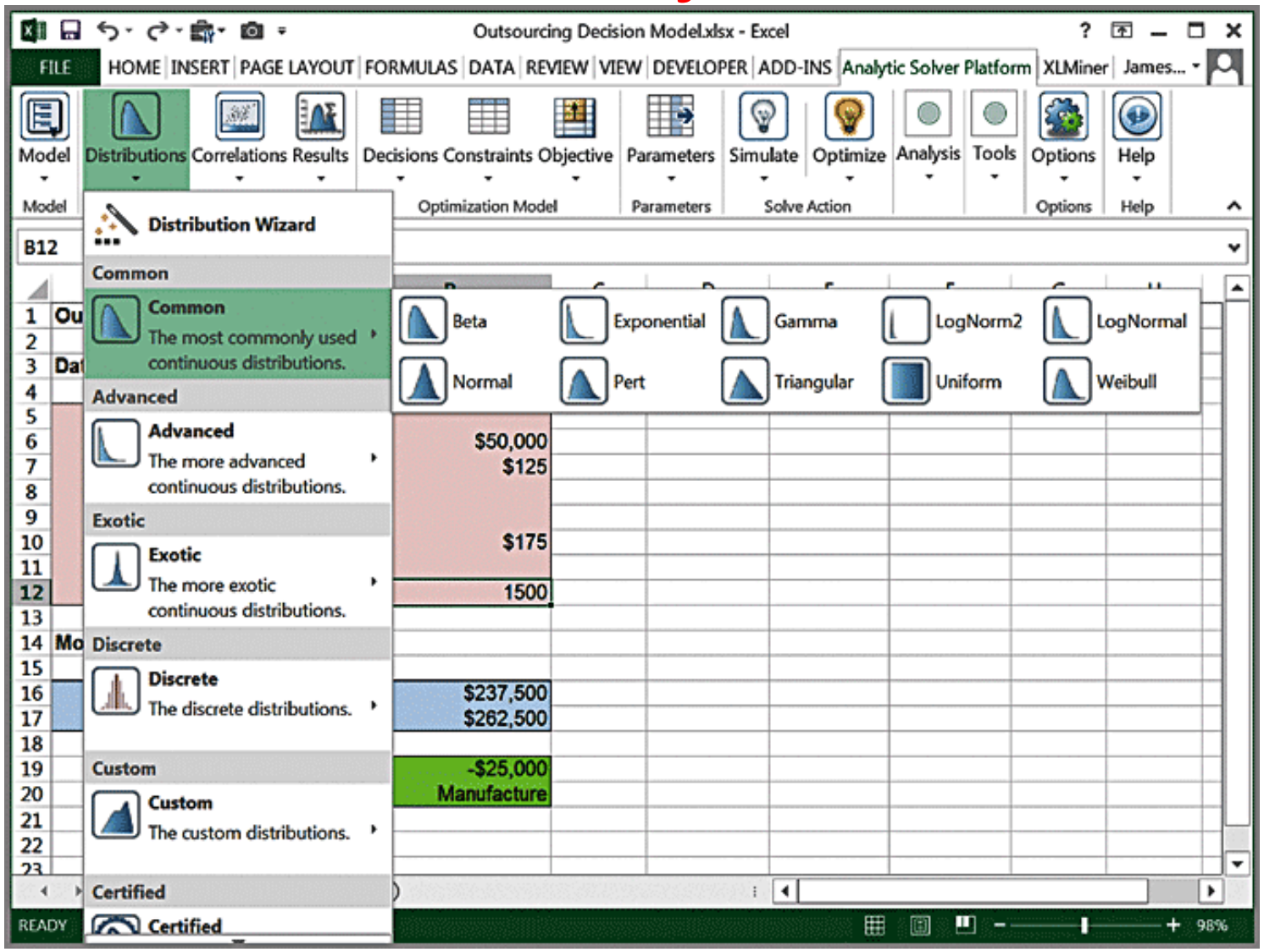
	A	B	D	E	F	G
1	**Outsourcing Decision Model**		**Monte Carlo Simulation**			
2				**Demand**	**Cost Difference**	**Decision**
3	**Data**		**Trials**	1051	-$2,550	Manufacture
4			1	1028	$2,350	Outsource
5	**Manufactured in-house**		2	978	-$2,450	Manufacture
6	**Fixed cost**	$50,000	3	1091	-$2,700	Manufacture
7	**Unit variable cost**	$125	4	1045	-$4,650	Manufacture
8			5	1036	$1,600	Outsource
9	**Purchased from supplier**		6	940	$6,450	Outsource
10	**Unit cost**	$175	7	1004	$3,150	Outsource
11			8	1178	$1,900	Outsource
12	**Production volume**	975	9	1022	$4,350	Outsource
13			10	991	-$7,600	Manufacture
14	**Model**		11	918	$5,350	Outsource
15			12	982	-$4,850	Manufacture
16	**Total manufacturing cost**	$171,875	13	923	$5,900	Outsource
17	**Total purchased cost**	$170,625	14	968	-$7,200	Manufacture
18			15	822	-$2,550	Manufacture
19	**Cost difference**	$1,250	16	1094	$1,800	Outsource
20	**Decision**	Outsource	17	889	$8,650	Outsource
21			18	957	-$800	Manufacture
22			19	1007	$3,450	Outsource
23			20	994	-$1,450	Manufacture
24				Average	$535	
25					% Manufacture	45%
26					% Outsource	55%



Co-funded by the European Union

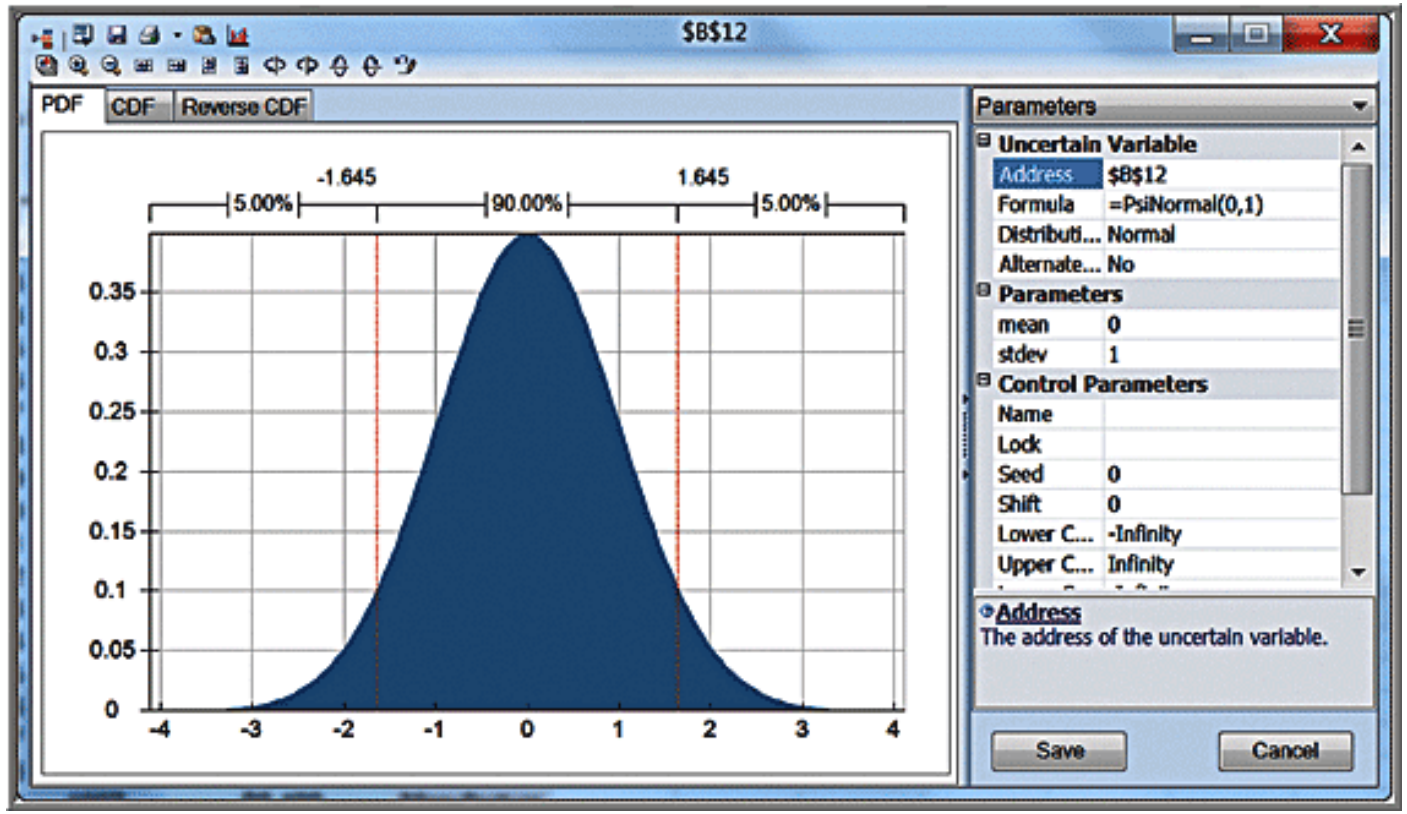
Tehnika Monte Carlo simulacije

For demand, select cell B12.
Click the *Distributions* button in the *Analytic Solver Platform* ribbon and select the normal distribution from the *Common* category



Co-funded by the European Union

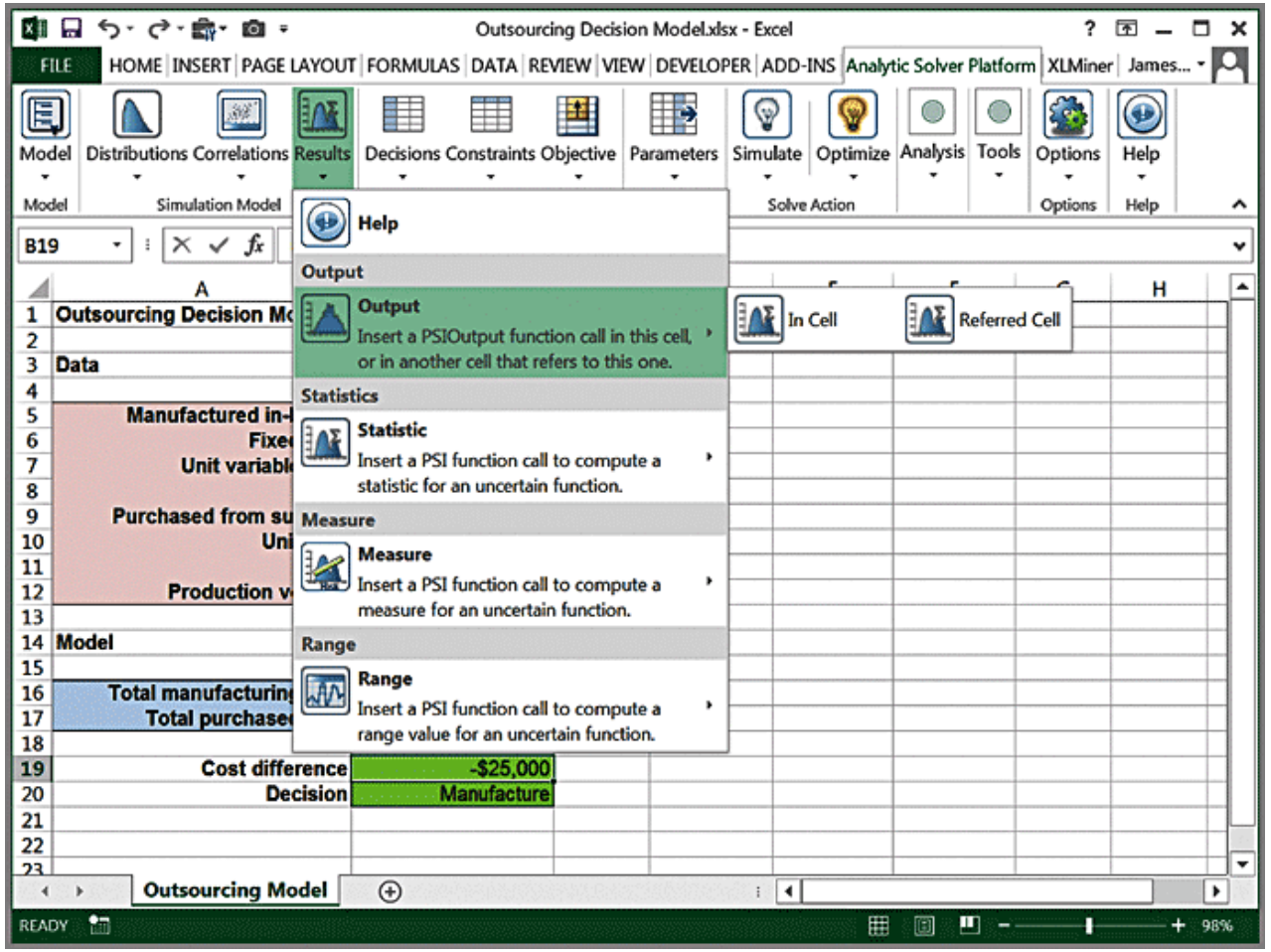
Tehnika Monte Carlo simulacije



- Normal distribution dialog
- Change the parameters to mean = 1000, stdev = 100

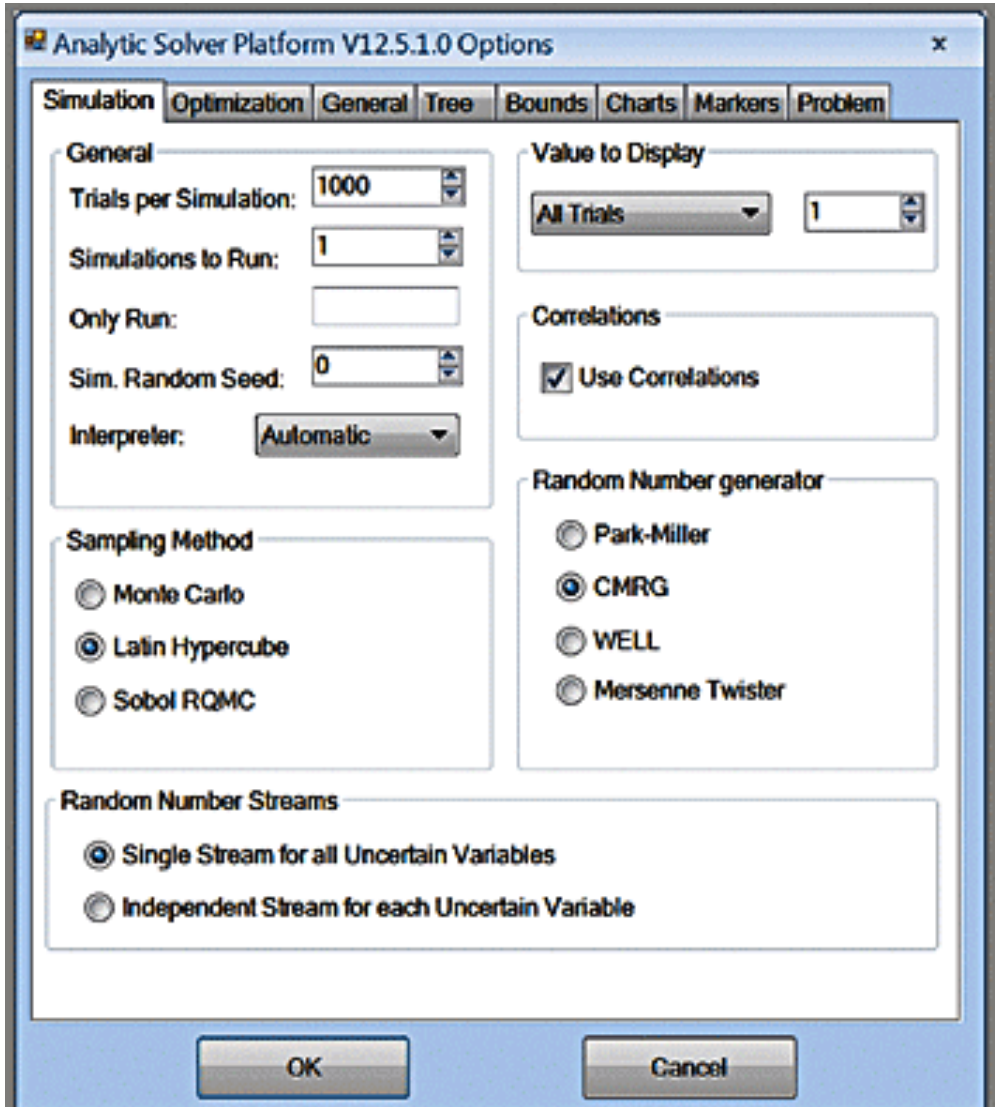
Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije



Co-funded by the European Union

Tehnika Monte Carlo simulacije



Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA

- Kvalitativna analiza rizika daje prioritet rizicima koristeći unapred definisanu skalu rejtinga.
- Rizici se boduju na osnovu njihove verovatnoće ili verovatnoće pojave i uticaja na ciljeve projekta.
- Kvalitativna procena definiše posledice, verovatnoću i nivo rizika po značaju nivoi kao što su „visok“, „srednji“ i „nizak“
- mogu se kombinovati posledice i verovatnoća, i proceniti rezultujući nivo rizika u odnosu na kvalitativne kriterijume.
- Kvalitativna analiza rizika je jedan od načina da se utvrdi važnost identifikovanog rizike i vođenje akcija upravljanja rizikom.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA

- Dve primarne funkcije za kvalitativnu analiza rizika su:
  - Identifikacija rizika
  - Karakterizacija i procena rizika
- Postoji nekoliko tehnika za kvalitativnu analizu rizika za identifikaciju opasnosti i opasnih događaja i utvrđivanje verovatnoće i uticaja rizika, uključujući sledeći:
  - Brainstorming, intervjuisanje, kontrolne liste, Delphi tehnika
  - Istorijski podaci
  - Preliminarna analiza opasnosti (PHA)
  - Analiza opasnosti pri radu (OHA)
  - Studija opasnosti i operabilnosti (HAZOP)
  - Matrice rizika

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Preliminary Hazard Analysis PHA, Preliminarna analiza opasnosti

- Preliminarna analiza opasnosti (PHA) je jednostavna, induktivna metoda analize čiji je cilj da se identifikuju opasnosti i opasne situacije i događaji koji mogu izazvati štetu za datu aktivnost, objekat ili sistem.
- Najčešće se sprovodi rano u izradi projekta kada ima malo informacija o detaljima dizajna ili operativnim procedurama i često može biti preteča daljih studija ili da obezbedi informacije za unapređenje dizajna sistema.
- Takođe može biti korisna za analizu postojećih sistema i određivanje prioriteta rizika gde okolnosti sprečavaju upotrebu obimnije tehnike

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Scenario Analysis

- U analizi scenarija razvijaju se deskriptivni modeli koji opisuju budućnost.
- Može se koristiti za identifikaciju rizika razmatranjem mogućeg budućeg razvoja događaja i istražujući njihove implikacije.
- Skupovi scenarija koji odražavaju najbolje, najgore i očekivani slučajeve se mogu koristiti za analizu potencijalnih posledica i njihove verovatnoće.
- Ovo je blisko analizi osetljivosti kada se analiziraju rizici.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Operating Hazard Analysis OHA

- Operativna analiza opasnosti OHA
- Analiza opasnosti pri radu (OHA) fokusira se na rad i održavanje sistema, aspekte interakcije čoveka i tehnologije i sistemske funkcije koje se mogu proširiti na celu mašinu.
- Cilj OHA je da identifikuje potencijalne opasnosti i opasne događaje u operativnim procedurama u odabranim fazama životnog ciklusa, s obzirom na ljudske greške i tehničke kvarove.
- OHA se može koristiti za analizu operativnih rizika kako u novim konceptima sistema, tako i u postojećim procesima, proizvodnim pogonima ili radnim mestima.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA HAZOP Studies

- HAZOP studije
- HAZOP je akronim za HAZard i Operability study.
- HAZOP je tehnika za identifikaciju rizika za ljude, opremu, životnu sredinu i/ili organizacione ciljeve.
- Od studijskog tima se očekuje da, gde je to moguće, obezbedi rešenje za tretman rizika.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA HAZOP Studies

- HAZOP proces je kvalitativna tehnika zasnovana na upotrebi reči koje dovode u pitanje da li će radni uslovi biti postignuti u svakom koraku u dizajnu, procesu, proceduri ili sistemu.
- Obično ga sprovodi multidisciplinarni tim tokom seta sastanaka.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming



Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Brainstorming metoda uključuje, kroz adekvatnu motivaciju i podsticaj, komunikaciju i konverzaciju grupe obrazovanih ljudi
- Često se ovaj termin koristi prilično široko pa se pod njim danas podrazumeva skoro bilo kakav tip grupne diskusije.
- Brainstorming kao metoda podrazumeva grupu čiji članovi jedni druge podstiču na kreativne ideje svojim doprinosom u diskusiji.
- Ideja se temelji na verovanju da grupa ljudi različitih ekspertskih profila generiše produktivnija i efikasnija rešenja u poređenju sa idejama i rešenjima do kojih bi isti eksperti došli individualnim radom.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming



Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Da bi se ova metoda sprovela valjano, potrebno je adekvatno motivisati članove grupe na samom startu, a zatim i adekvatno usmeravanje grupe ka željenim oblastima koje treba pokriti samim brainstormingom kako bi dobili optimalne rezultate.
- Kada je u pitanju analiza rizika, takva odabrana grupa bi trebalo da ima zadatak da otkrije i identifikuje sve potencijalne načine (oblike) otkaza i povezane pretnje, rizike, kriterijume za donošenje odluka i načine tretmana otkaza.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Osborn (1953), postavlja četiri pravila koja podstiču generisanje ideja u okviru brainstorming sesija:
  - 1. Fokusiranje na kvantitet ideja (radi podsticanja divergentnog razmišljanja).
  - 2. Eliminisanje kriticizma i osuđivanja ideja.
  - 3. Ohrabrivanje „neobičnih ideja“.
  - 4. Kombinovanje i unapređivanje ideja.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Postoje različiti modeli sprovođenja brainstorminga, a ono što se može izdvojiti kao zajedničko jeste da se u svim modelima nakon inicijalnog anonimnog predlaganja ideja u okviru grupe, vrši glasanje svih učesnika diskusije radi odabira nekolicine ideja koje će se dalje nadograđivati kako bi se došlo do najboljeg rešenja i kako bi se odbacile ideje koje grupa smatra da neće dati odgovarajuće rezultate.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Često se prilikom kreiranja grupa i selekcije učesnika koji će učestvovati u brainstormingu (pored iskusnih eksperata za datu oblast) biraju i osobe sa manje iskustva.
- Osobe sa manje iskustva mogu podstaći originalne ideje, koje nakon nadogradnje od iskusnijih članova, budu baš one ideje koje na kraju daju najbolja rešenja datog problema.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Brainstorming se inicijalno smatra metodom za identifikaciju potencijalnih rizika.
- Identifikacija ovih rizika u velikom delu zavisi i od mašte eksperata koji su uključeni u sam proces brainstorminga, a ujedno se kreativnost eksperata i njihova mogućnost imaginacije može smatrati i potencijalnim ograničenjem upotrebe ove metode, jer pogrešne inicijalne direkcije i pravci razmišljanja mogu odvesti grupu u pogrešnom smeru prilikom identifikacije potencijalnih rizika.

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Prilikom sprovođenja brainstorminga mora se voditi računa o produktivnosti samih sesija i uzajamnom uticaju članova grupe eksperata. Iako je poželjno preovlađivanje određenih ideja nad drugima kako bi se došlo do željenih rezultata, treba voditi računa da su ideje koje su preovlađujuće zaista i visokog kvaliteta, i da nisu



preovlađujuće kao rezultat socijalnog uticaja koji njihov predlagač ima na ostatak članova ekspertske grupe.

Co-funded by the European Union

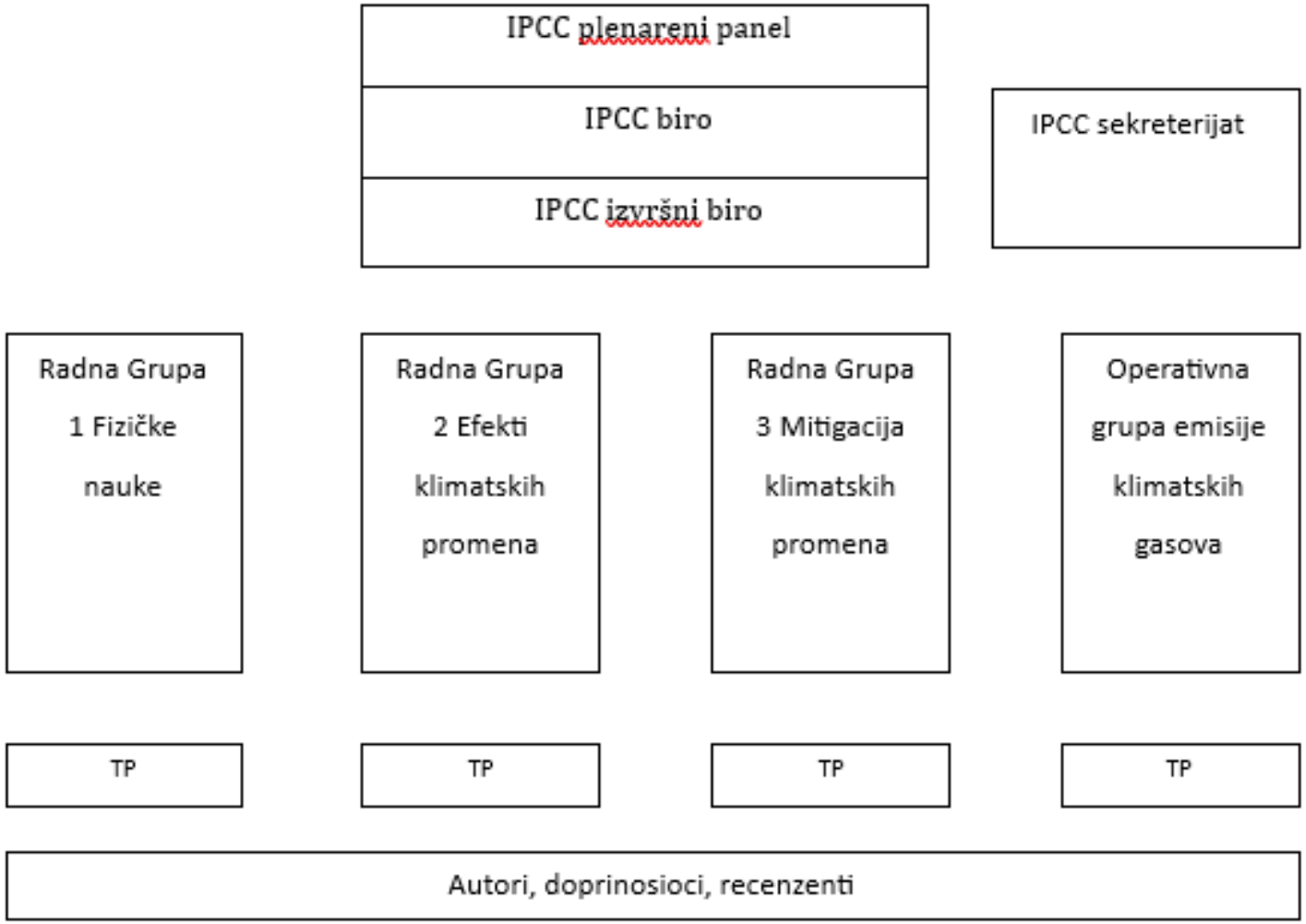
KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- Rad IPCC (Međuvladin panel o klimatskim promenama – IPCC) se odvija kroz ekspertske grupe posvećene različitim oblastima. Postoje tri radne grupe i jedna operativna grupa potpomognute jedinicama tehničke podrške (TP).
- Ove radne grupe, pa i operativna grupa, se mogu posmatrati kao brainstorming grupe koje imaju za cilj generisanje ideja radi sprečavanja ekoloških problema.
- I u radu ovih grupa se sam brainstorming često upotrebljava. Sam značaj brainstorminga u identifikaciji i proceni ekološkog rizika kada je u pitanju rad radnih grupa ističe i IPCC u svojim izveštajima

Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

IPCC organizaciona struktura radnih grupa



Co-funded by the European Union

KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA Brainstorming

- U kombinaciji sa drugim metodama brainstorming može da preraste i u metodu za procenu rizika, ali samostalno je njegova upotreba rezervisana samo za identifikaciju rizika.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Kada je inicijalno osmišljena, Delfi metoda je imala za cilj da ekspertima iz date oblasti posmatranog problema samostalno i anonimno da svoje viđenje problema i mogućnosti njegovog rešavanja imajući uvid u odgovore drugih učesnika ispitivanja kroz procese iteracije same metode.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Delfi tehnika je strukturirana tehnika komunikacije ili metod, prvobitno razvijena kao sistematski, interaktivni metod predviđanja koji se oslanja na panel stručnjaka iz date oblasti iz koje je posmatrani problem

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Delfi metoda je razvijena tokom Hladnog rata sa prevashodnom idejom da je to metoda predviđanja.
- Inicijalno je kreirana radi predviđanja uticaja razvoja tehnologije na tok rata. Tradicionalne metoda predviđanja, kao što su teorijski pristup, kvantitativni modeli, trend ekstrapolacije, zbog svojih nedostataka mahom vezanih za nedostatak naučnih informacija nisu bile odgovarajuće za primenu u ovom konkretnom slučaju.
- Kao odgovor na ove nedostatake, razvijen je Delfi metod kroz projekat RAND. Metod su kreirali Olaf Helmer i Norman Dalkei pedesetih godina prošlog veka

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Delfi metod ima za cilj prikupljanje mišljenja stručnjaka kroz niz pažljivo osmišljenih upitnika istovremenim vršenjem disemenacije informacija i dobijanjem povratnih mišljenja kroz ponavljanje upitnika kako bi se uspostavila konvergencija mišljenja.
- Cilj je dobiti informisana mišljenja i intuitivne sudove o budućim događajima kako bi se obezbedilo predviđanje.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Delfi metoda se najčešće odvija kroz četiri faze, pri čemu broj faza varira od datog problema ispitivanja, ali ono što je sigurno je da se tehnika sprovodi u više od dve faze i da se nakon druge faze učesnicima daju povratne informacije o rezultatima upitnika.
- Prilikom pregleda literature, može se zaključiti da je najčešći broj rundi kroz koji se sprovodi Delfi četiri, ali se sve češće praktikuju primeri i sa dve do tri runde.
- Inače, sama metoda se može primeniti na gotovo sve probleme vezane za predviđanje budućnosti.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

Faze koje najčešće nastaju prilikom sprovođenja Delfi metode su:

1. Određivanje grupe za sprovođenje istraživanja – ova grupa organizuje istraživanje, obrađuje i prezentuje rezultate istraživanja.
2. Identifikacija grupe eksperata koji će biti ispitivana.
3. Kreiranje upitnika – definisanje pitanja vezanih za odgovarajuću oblast predviđanja.
4. Prvi krug – dostavljaju se upitnici ispitanicima.
5. Inicijalno popunjavanje upitnika.

Co-funded by the European Union

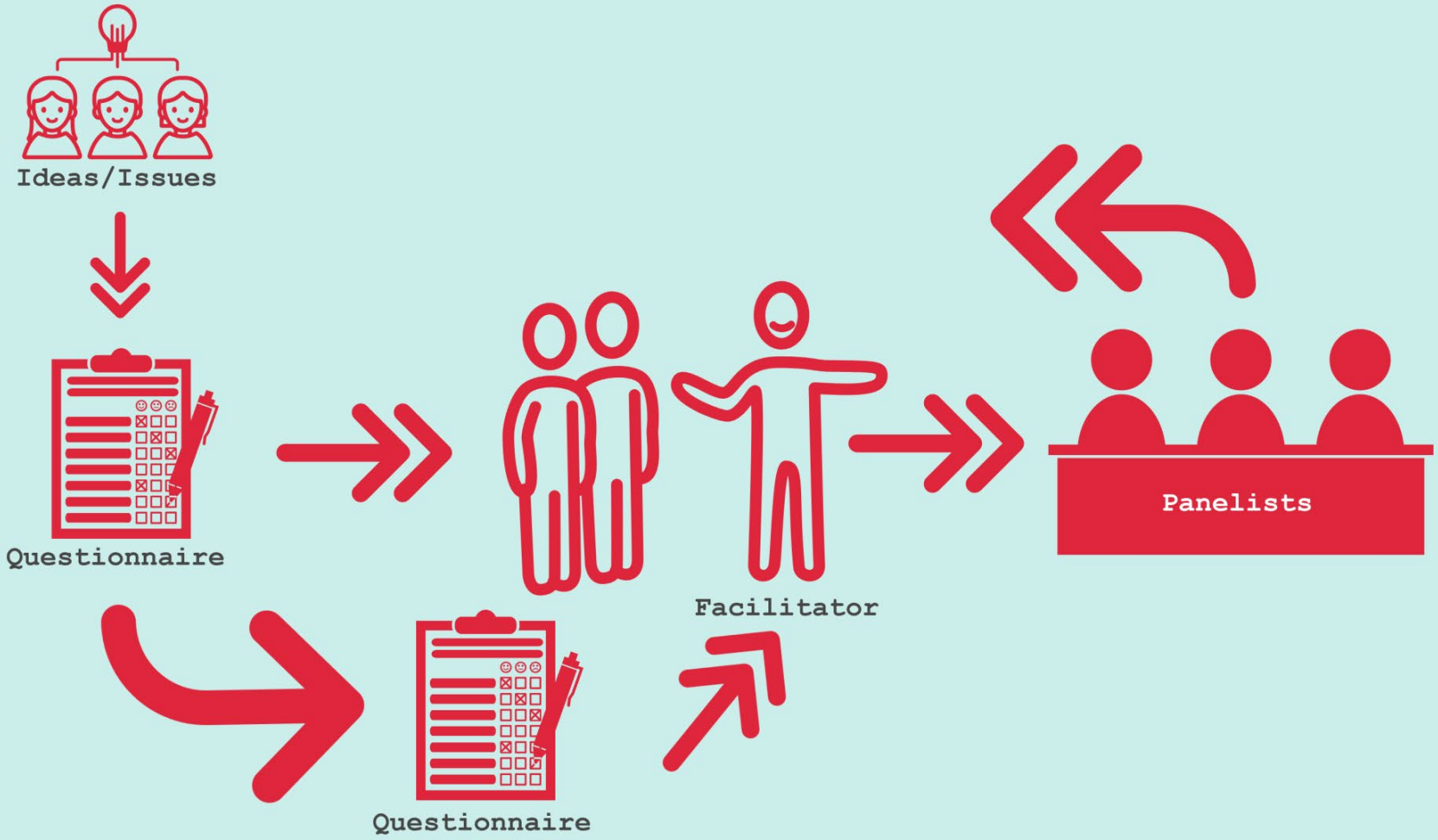
Delfi tehnika

Faze koje najčešće nastaju prilikom sprovođenja Delfi metode su:

6. Ispunjeni upitnici se vraćaju grupi za koordinaciju radi statističke obrade rezultata.
7. Drugi krug – slanje novog upitnika na osnovu rezultata prvog kruga ispitivanja.
8. Ponavlja se postupak statističke obrade odgovora.
9. Ponovno slanje upitnika do dobijanja relevantnih rezultata.
10. Prezentacija rezultata.

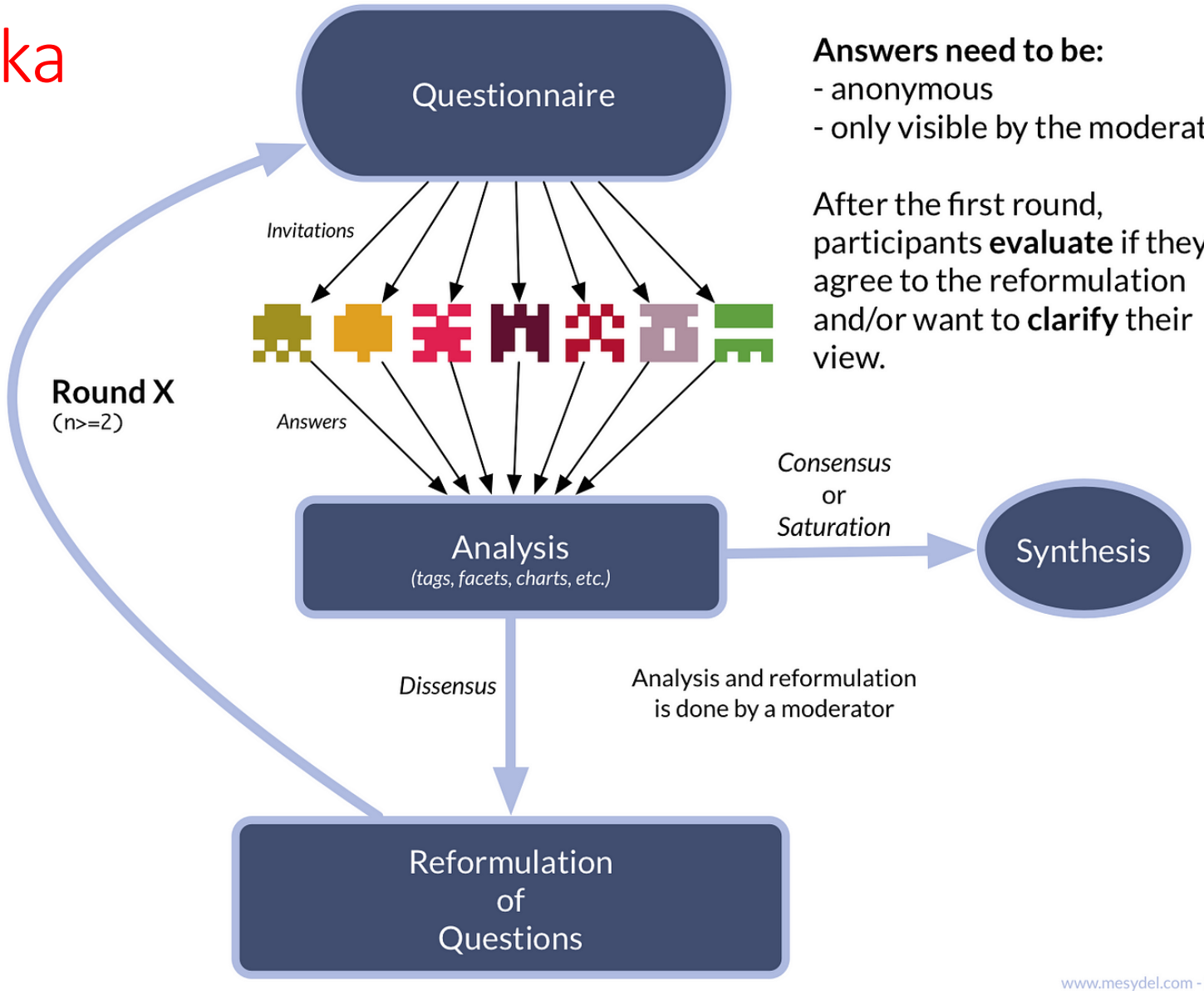
Co-funded by the European Union

Delfi tehnika



Co-funded by the European Union

Delfi tehnika



Answers need to be:
- anonymous
- only visible by the moderator

After the first round, participants **evaluate** if they agree to the reformulation and/or want to **clarify** their view.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Pitanja u Delfiju ne moraju biti samo ocene značajnosti određenih faktora u budućnosti za analizirani problem.
- To može biti i predikcija vremena potrebnog da se dođe do određene pojave u budućnosti.
- Da bi se Delfi primena smatrala kredibilnom, stopa odgovora koja se smatra poželjnom je 70%.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Pitanja koja se nalaze u Delfi upitniku najčešće se ocenjuju skalama značajnosti.
- Primer takve skale može biti:
  - 1 = Veoma značajan
  - 2 = Značajan
  - 3 = Marginalno značajan
  - 4 = Beznačajan
  - 5 = Ima suprotni uticaj.

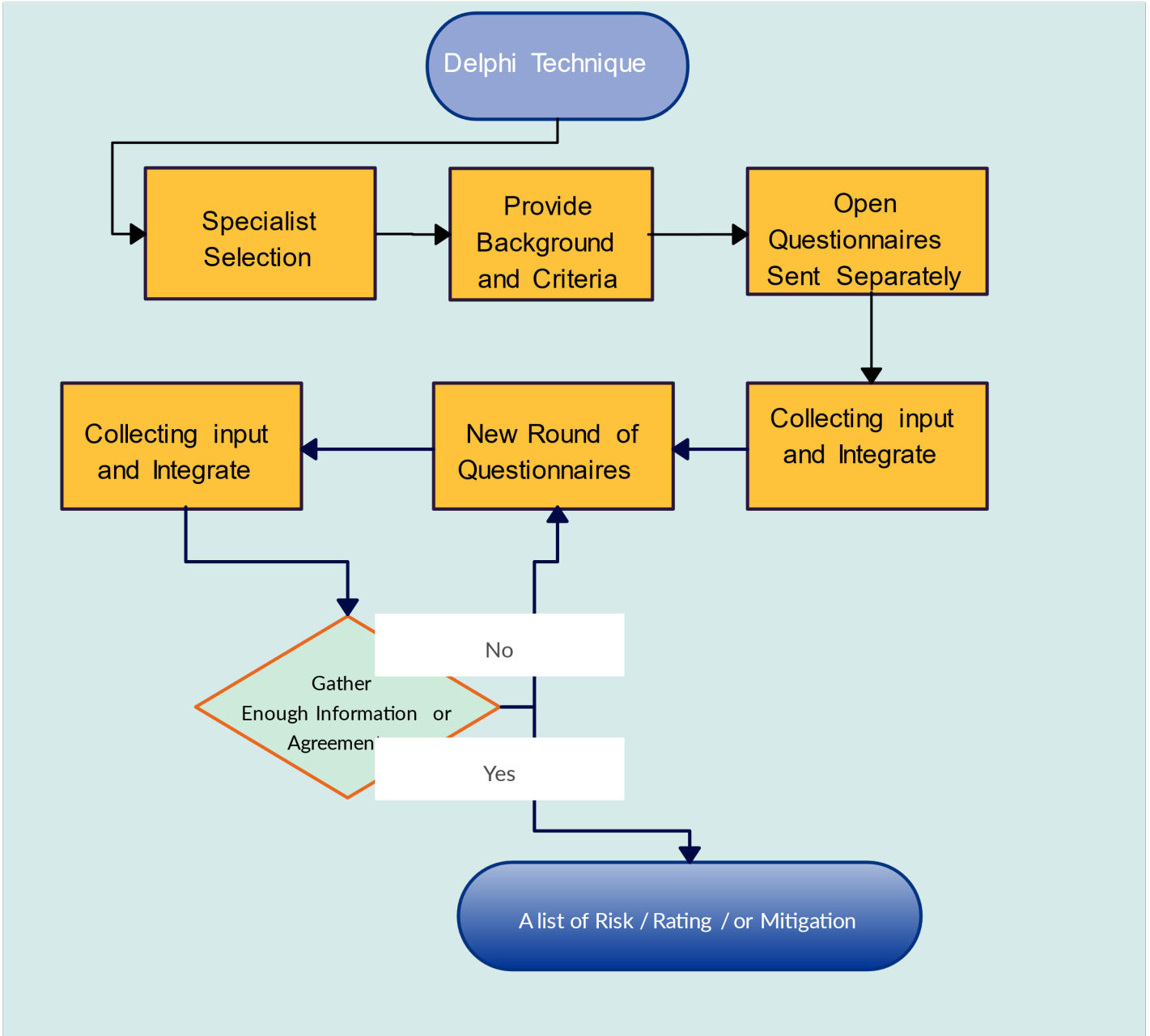
Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Delfi kao metoda analize rizika se može koristiti za identifikaciju potencijalnih rizika kada se
  - upitnici šalju ekspertima tako da oni odgovore šta su potencijalni faktori koji će uticati u budućnosti na neku pojavu,
  - a dodatno se govori o kvantifikaciji rizika kada se ekspertima šalje upitnik u kojem se od njih zahteva da daju ocenu verovatnoće pojavljivanja određenih faktora dok kada ocenjuju značajnost određenih faktora na ispitivane pojave se govori o kvantifikaciji efekata koje određeni događaj sa sobom nosi.
- Originalno, Delfi je metoda ipak primarno korišćena za identifikaciju rizika.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika



Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Wilenius i Tirkkonen (1997) daju prikaz upotrebe Delfi tehnike kao alata za zajedničko ustanovljavanje najvećih pretnji izazvanih klimatskim promenama te za definisanje konkretnih odgovora u vidu politika koje bi Vlada Republike Finske trebalo da usvoji.
- Smil (1972) pokazuje prikaz upotrebe Delfi tehnike kao alata za identifikaciju rizika neefikasne upotrebe energetskih resursa i posledica takve upotrebe za životnu sredinu, kao i prikaz očekivanih šansi u predviđanju inovacija u polju energetske efikasnosti za period od 50 godina.

Co-funded by the European Union

Delfi tehnika

- Green i koautori (1989) predstavljaju upotrebu Delfi tehnike radi identifikacije rizika po životnu sredinu daljim razvojem turizma, kao i za predviđanje negativnih ekoloških posledica po konkretan lokalitet turističke lokacije Bredford u Ujedinjenom Kraljevstvu.
- Petrovic i koautori (2017) koriste Delfi tehniku pri analizi stavova studenata master studija o indikatorima ekoloških performansi određenih EPI metodologijom i njenim rezultatima za Republiku Srbiju.