

UNIVERZITET U BEOGRADU

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Aleksandar V. Šotić

**METODOLOGIJA ANALIZE RIZIKA PRI
UPRAVLJANJU INFRASTRUKTURNIM
SREDSTVIMA VODOVODNIH SISTEMA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Aleksandar V. Šotić

**RISK ANALYSIS METHODOLOGY IN
WATERSUPPLY SYSTEMS INFRASTRUCTURE
ASSET MANAGEMENT**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

PODACI O MENTORU I ČLANOVIMA KOMISIJE

Mentor:

Dr Marko Ivetić, dipl.inž.građ.

Redovni profesor Građevinskog fakulteta u Beogradu

Članovi komisije:

Dr Jasna Plavšić, dipl.inž.građ.

Vanredni profesor Građevinskog fakulteta u Beogradu

Dr Dragan Savić, dipl.inž.građ.

Redovni profesor Univerziteta u Exiteru, Velika Britanija

Datum odbrane doktorske disertacije: _____

INFORMATION ON THE SUPERVISOR AND THE EXAMINING COMMITTEE

Supervisor:

Full Professor Dr Marko Ivetić

University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering

Examining Committee members:

Associate Professor Dr Jasna Plavšić

University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering

Prof Dragan Savić FREng

University of Exeter, UK

Date of Thesis defence: _____

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se mentoru Prof. dr Marku Ivetiću na poverenju, prihvatanju i mudrom vođenju mentorstva. Marko, iskreno hvala na inspiraciji za rad u struci, počev od prvog predavanja na osnovnim studijama.

Zahvaljujem se članovima komisije Van. prof. dr Jasni Plavšić i Prof. Draganu Saviću koji su svojim komentarima ovu disertaciju učinili boljom.

Zahvalnost dugujem brojnim kolegama na podršci čime su disertaciju učinili potpunijom: Slobodanu Putici, Goranu Jovanoviću, Dragutinu Pavloviću, Zorani Talić Petrović, Tanji Knežević, Nebojši Veljkoviću, Zoranu Markoviću, Dušanu Kostiću, Miodragu Milovanoviću, Veljku Dimitrijeviću, Slaviši Mladenoviću i drugima.

I na kraju, a na početku svega, zahvalnost iskazujem svojoj porodici, Ivani, Mariji i Aleksandri, koje su me više godina imale a nemale, na strpljenju i ljubavi.

U Beogradu, 2016.

Autor

REZIME

Cilj naučnog istraživanja je utvrđivanje metodologije analize rizika pri upravljanju infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema, kao doprinos naučnom rešavanju unapređenja donošenja odluka pri upravljanju složenim komunalnim sistemima. Osnovna hipoteza je da funkcionisanje i upravljanje vodovodnim sistemom mora da bude plansko, da uključi sve zainteresovane strane, da vodi računa o životnom veku sredstava, da se zasniva na poznavanju funkcija, performansi i stanja sredstava, kako postojećih tako i ciljnih. Dodatne hipoteze postavljene su kao iskazi koji su proveravani istraživanjem: (h1) Rizik koji se razmatra mora biti sveobuhvatan i ukupan; (h2) Upravljanje sredstvima može da se vrši na odgovarajući način jedino putem upravljanja sistemom kao celinom; i (h3) Metodologija analize rizika treba da bude saglasna prirodi sistema koji se razmatra. Naučne metode koje su primenjene tokom rada na disertaciji su: empirijska istraživanja na izabranom vodovodnom sistemu, modeliranje i analiza rizika, i primena teorije sistema i teorije kontrole.

Razmatranje rizika je centralno pitanje procesa odlučivanja. Rizik je delikatan za definisanje i kao društveni konstrukt predmet je psiholoških pristrasnosti. Tradicionalno, rizik se sagledava putem verovatnoća i posledica dešavanja neželjenih događaja. Na ovaj način, analiza rizika ne obuhvata manjkavosti u planiranju, projektovanju i funkcionisanju, niti opisuje indirektno, nelinearne i povratne veze koje karakterišu mnoge neželjene događaje u složenim sistemima. Planovi za bezbednost vode i HACCP, kao tipične metode analize rizika u sektoru voda, prevashodno se tiču zdravstvenih aspekata, ali sve je veći zahtev za širenje domena van zdravstvenih ili strogo tehničkih aspekata, zbog obuhvatanja i organizacionih i ljudskih faktora radi efektivnog upravljanja rizikom.

Aktuelno definisanje upravljanja infrastrukturnim sredstvima više je usmereno na samu organizaciju nego na tehnički sistem, u smislu promene filozofije razmišljanja i rada (i) od funkcijskog (ii) preko usmerenog na sredstva (iii) do usmerenog na organizaciju. Ciljevi (organizacije) uvode integraciju pojedinih sredstava u sistem. Cilj je svojstvo organizacije, odnosno sistema, a ne sredstava. Tek vodovodni sistem u celini je okvir za

upravljanje pojedinim sredstvima. Rešavanje problematike snabdevanja vodom je suočavanje sa složenim problemima, a jedan način obuhvatanja složenosti je apstrakcija hijerarhije kroz različite formate predstave sistema i znanja. Brojne interesne strane, česte promene unutrašnjih odnosa i uslova okruženja, zahtevaju adaptivnost sistema pri funkcionisanju, a kao takvi, sistemi imaju veću izdržljivost. U skladu sa principima inženjeringa izdržljivosti, otkaz je rezultat (neodgovarajućih) adaptacija potrebnih da bi se nosilo sa trenutim uslovima, a ne kvara. Kod sistema za snabdevanje vodom za piće tehnički delovi sistema čvrsto su integrisani sa ljudskim aktivnostima, pa se mogu smatrati socio-tehničkim sistemima, hijerarhijskim po strukturi.

Promena paradigme u analizi rizika koristi se kao promena perspektive i načina na koji se gleda u problem. U tom smislu, neželjeni događaj shvatiće se kao rizik koji se ostvario. Promena paradigme u analizi rizika postavlja se za promene u pristupu: (i) počevši od analize rizika, (ii) preko analize nesreća, (iii) do analize bezbednosti, kao vrste antipoda riziku, a fokus analiza se time pomera od fokusa na previde (nesreće, neželjene događaje) ka fokusu na uvide u procese i stanja (izdržljivost) sistema. Modeli uzročnosti nesreća, kao jedan od osnovnih fokusa inženjeringa bezbednosti sistema, predstavljeni su kao sekvencijalni, epidemiološki i sistemski modeli. Modeli i procesi teorije sistema, koji su disertacijom opredeljeni kao odgovarajuća metodologija zasnovani su na konceptu teorije sistema, teorije kontrole i elementima kognitivnog inženjeringa. Primer obrađen u disertaciji konačno demonstrira da nesrećnog događaja nije bilo, nije bilo otkaza pojedine komponente, već pojedina bezbednosna ograničenja nisu bila nametnuta, a disfunkcionalnim interakcijama pojedinih komponenti socio-tehničkog sistema došlo je do migracije sistema ka stanju povećanog rizika. Krajnji cilj disertacije je projektovanje i funkcionisanje vodovodnih sistema koji će biti bezbedniji. U tom smislu, ova disertacija predstavlja okvir za modeliranje bezbednosti (kao antipoda riziku) u vodovodnim sistemima.

Ključne reči: analiza rizika; vodovodni sistem; upravljanje infrastrukturnim sredstvima; donošenje odluka.

Naučna oblast: Građevinarstvo

Uža naučna oblast: Komunalna hidrotehnika

UDK: 628.1'1/005.52:005.334(043.3)

ABSTRACT

The objective of the research is to determine the methodology of the risk analysis (RA) in the infrastructure asset management (IAM) of water supply systems (WSS), as a contribution to scientifically solve the improvement of decision-making (DM) in the management of complex utility systems. The basic hypothesis is that the operation and management of a WSS has to be planned, to involve all stakeholders, to take into account the assets lifecycle, to be based on the knowledge of functions, performance, and condition of assets, both actual and target. Additional hypotheses are formulated as statements that have been tested by research: (h1) The risk under consideration has to be comprehensive and total; (h2) AM can be done properly only by managing the system as a whole; and (h3) RA methodology should be in accordance with the nature of the respected system. Scientific methods applied during the research are: empirical research on a selected WSS, modeling and RA, and the application of systems and control theory.

Consideration of risk is the central issue in the DM process. Risk is delicate to define, and as a social construct, is a subject to psychological biases. Traditionally, risk is perceived by the likelihood and consequences of occurrence of unwanted events. In this way, the RA does not include deficiencies in the planning, design and operation, nor does it describe indirect, non-linear links, and feedbacks that characterize many unwanted events in complex systems. Water Safety Plans and HACCP, as typical methods of RA in the water sector, are primarily concerned with health aspects, but there is an increasing request for the expansion of the domain outside the of health or strictly technical aspects, due to the inclusion of organizational and human factors for effective risk management.

Current definitions of IAM are more focused on the organization itself rather than on the technical system, in terms of changes in the philosophy of thinking and operation (i) from functional (ii) through directed to assets (iii) to directed to organization. The objectives (of organization) introduce the integration of individual assets in the system. The objective is the property of organization, that is, the system, not assets. Only the WSS as a whole is a framework for the management of individual assets. Solving the problem of

water supply is facing complex issues, and one way to comprise the complexity is the abstraction of hierarchy through various formats of the notion of the system and knowledge. Numerous stakeholders, frequent changes in internal relations and environmental conditions, require the adaptiveness of the system in functioning, and as such, systems have greater resilience. In accordance with the principles of resilience engineering, failure is the result of (inappropriate) adaptations necessary to overcome the current conditions, not of malfunction. In the WSS, technical parts of the system are tightly integrated with human activities, so they can be considered as socio-technical systems, hierarchical in structure.

A paradigm shift in RA is used as a shift in perspective and the way in which the problem is being looked into. In this regard, an unwanted event will be understood as risk that has become actualized. A paradigm shift in RA is set up for shifts in the approach: (i) starting from RA, (ii) through accident analysis, (iii) to safety analysis, as a type of an antipode to risk, and the focus of the analysis is thus shifted from the focus on oversights (accidents, unwanted events) to the focus on insights into the processes and conditions (resilience) of the system. Models of accident causation, as one of the main focuses of system safety engineering, are presented as sequential, epidemiological, and system models. Models and processes of systems theory, which are defined as an appropriate methodology, are based on the concept of systems theory, control theory, and elements of cognitive engineering. The example discussed in the dissertation conclusively demonstrates that the event of an accident did not occur, there was no failure of an individual component, instead, certain safety constraints were not imposed, and dysfunctional interactions of individual components of the socio-technical system led to a migration of the system to a state of increased risk. The ultimate objective of the paper is the design and operation of WSS that will be safer. In this sense, dissertation presents a framework for safety modeling (as an antipode to risk) in WSS.

Key words: risk analysis; water supply system; infrastructure asset management; decision making.

Research area: Civil Engineering

Specific research area: Urban water supply

UDK: 628.1'1/005.52:005.334(043.3)

SADRŽAJ

REZIME	i
ABSTRACT	iii
SADRŽAJ	v
Poglavlje I: UVOD	1
I.1 O prirodi ove disertacije	1
I.2 Predmet istraživanja	1
I.3 Teorijski okvir – osnovne pretpostavke istraživanja	3
I.4 Formulacija pristupa problemu	4
I.5 Naučne metode	5
Poglavlje II: RAZMATRANJE RIZIKA	7
OSNOVNI POJMOVI O RIZIKU	7
II.1 Uvod u razmatranje rizika	7
II.1.1 UNIVERZUM POJMA RIZIK	7
II.1.2 DONOŠENJE ODLUKA I KOMPONENTA RIZIKA	9
II.2 Definisane rizika	12
II.2.1 KONCEPTI I DEFINICIJE	12
II.2.2 O POJEDINIM DEFINICIJAMA RIZIKA	13
II.2.1.1 Kvantitativna definicija rizika	13
II.2.1.2 Tradicionalna inženjerska definicija rizika	17
II.2.1.3 Definicija rizika u standardizaciji	18
II.2.1.4 Percepcija rizika	20
II.2.1.5 Pouzdanost i rizik	22
II.2.1.6 Umesto opredeljene definicije rizika	23
II.3 Okvir za razmatranje rizika i metode analize rizika	25
II.3.1 OKVIR ZA RAZMATRANJE RIZIKA	25
II.3.2 SLIKA RIZIKA	26
II.3.3 METODE ANALIZE RIZIKA	27
II.3.3.1 O metodama analize rizika	27
II.3.3.2 Induktivne i deduktivne metode analize rizika	28
II.3.3.3 Kvalitativne i kvantitativne metode analize rizika	30
SPECIFIČNI POJMOVI O RIZIKU	34

II.4 NEIZVESNOST	34
II.4.1 Definisane pojma.....	34
II.4.2 Vrste neizvesnosti.....	35
II.4.2.1 Epistemska neizvesnost.....	35
II.4.2.2 Aleatorska neizvesnost.....	36
II.4.2.3 Ontološka neizvesnost.....	36
II.4.2.4 Lingvistička neizvesnost	37
II.4.2.5 Izvori (uzroci) neizvesnosti	38
II.4.2.6 Rezime o vrstama neizvesnosti	40
II.4.3 Neizvesnost u sektoru voda	41
II.5 KVANTITATIVNA ANALIZA RIZIKA	44
II.5.1 O kvantitativnoj analizi rizika	44
II.5.3 Kritički osvrt na kvantitativnu analizu rizika	46
II.5.3.1 Predviđanje rizika kao broja.....	46
II.5.3.2 Kvantitativna analiza i percepcija rizika	47
II.5.3.4 Kvantitativna analiza rizika za složene sisteme	50
SLIKA RIZIKA	53
II.6 OPASNOSTI I UZROCI	53
II.6.1 Definisane opasnosti.....	53
II.6.2 Uzroci neželjenih događaja	55
II.7 BARIJERE.....	57
II.7.1 Osnovni koncept barijera.....	57
II.7.2 Preciziranje terminologije u konceptu barijera.....	60
II.7.3 Koncept barijera u sektoru voda.....	61
II.7.3.1 Pristup višestrukih barijera u planovima za bezbednost vode.....	61
II.7.3.2 Koncept barijera u drugim radovima iz sektora voda	62
II.8 NEŽELJENI DOGAĐAJI I POSLEDICE.....	64
II.8.1 Neželjeni događaji	64
II.8.2 Posledice neželjenih događaja	66
II.8.2.1 Posledice fizičkog kvara u sistemu za snabdevanje vodom.....	66
II.8.2.2 Posledice narušenog kvaliteta u sistemu za snabdevanje vodom.....	68
II.9 LJUDSKI I ORGANIZACIONI FAKTORI.....	71
II.9.1 Unapređenje postupka donošenja odluka	71
II.9.2 Ljudski faktori	71
II.9.3 Organizacioni faktori.....	72
II.9.4 Faktori rukovodstva.....	74

RIZIK U VODOVODNIM SISTEMIMA	75
II.10 ANALIZA RIZIKA U VODOVODNIM SISTEMIMA	75
II.10.1 Ciljevi funkcionisanja sistema za snabdevanje vodom.....	76
II.10.2 Strukturiranje rizika u vodovodnim sistemima.....	79
II.10.3 Tradicionalna analiza i upravljanje rizikom u sektoru voda.....	81
II.10.4 Plan za bezbednost vode	84
II.10.5 TECHNAU okvir.....	87
II.10.6 Analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke.....	89
II.10.7 Ljudska greška u sistemima za snabdevanje vodom	90
Poglavlje III: UPRAVLJANJE SREDSTVIMA VODOVODNIH SISTEMA ...	93
OSNOVNI POJMOVI O UPRAVLJANJU SREDSTVIMA	93
III.1 Uvod	93
III.1.1 POJMOVI.....	93
III.1.2 IMPERATIV UPRAVLJANJA.....	94
III.1.3 PERCEPCIJA UPRAVLJANJA SREDSTVIMA.....	96
III.2 Definisanje upravljanja sredstvima	98
III.2.1 PREGLED DEFINICIJA.....	98
III.2.2 DEFINICIJA VANIER-A	99
III.2.3 DEFINICIJA PAS 55 I ISO 55000	101
III.2.4 DEFINICIJA ALEGRE.....	103
III.2.5 KOMENTAR OSTALIH DEFINICIJA	105
III.2.6 KLJUČNI ELEMENTI UPRAVLJANJA SREDSTVIMA	107
KARAKTERISTIKE VODOVODNIH SISTEMA.....	109
III.3 Sistemski pristup upravljanju sredstvima.....	109
III.4 Ljudski i organizacioni faktori i hijerarhijski nivoi odlučivanja	112
III.5 Suočavanje sa složenošću.....	116
III.5.1 APSTRAKCIJA HIJERARHIJE.....	117
III.5.2 SPREZANJE HIJERARHIJA APSTRAKCIJE I AGREGACIJE	120
III.6 Adaptivno upravljanje i izdržljivost sistema	122
III.7 Socio-tehnički kontekst	126
III.7.1 ZNAČAJ TEHNIČKE SPECIFIKACIJE SISTEMA	128
III.8 Promena paradigme	131
III.8.1 PROMENA PARADIGME U SEKTORU VODA.....	132
III.8.2 PROMENA PARADIGME U ANALIZI RIZIKA	133

Poglavlje IV: BEZBEDNOST SISTEMA	137
IV.1 Bezbednost	137
IV.1.1 DEFINICIJA BEZBEDNOSTI	137
IV.1.2 BEZBEDNOST I RIZIK KAO ANTONIMI	138
IV.1.3 BEZBEDNOST I POUZDANOST	139
IV.1.3 BEZBEDNOST SISTEMA ZA SNABDEVANJE VODOM.....	142
IV.2 Modeli uzročnosti nesreća.....	144
IV.2.1 UČENJE IZ NESREĆA	145
IV.2.2 MODELI UZROČNOSTI	146
IV.2.3 MODELI LANCA-DOGAĐAJA.....	148
IV.2.4 PREGLED SISTEMSKIH MODELA	150
IV.2.4.1 Nesreće složenih organizacionih sistema.....	150
IV.2.4.2 Inženjering kognitivnih sistema	151
IV.2.4.3 Pristup teorije sistema	152
IV.2.5 PERSPEKTIVA DISTRIBUIRANOG DONOŠENJA ODLUKA	154
IV.2.5.1 Migracije aktivnosti prema granici prihvatljivih performansi	155
IV.2.5.2 Distribuirano donošenje odluka	155
IV.2.5.3 Nivoi donošenja odluka.....	156
IV.2.6 MODELI I PROCESI TEORIJE SISTEMA	158
IV.2.6.1 Ograničenja	159
IV.2.6.2 Kontrolne petlje i modeli procesa	160
IV.2.6.3 Nivoi kontrole	160
IV.2.6.4 Klasifikacija faktora nesreća	163
IV.3 Indikatori bezbednosti kao merni sistem bezbednosti.....	167
IV.3.1 INDIKATORI BEZBEDNOSTI I PREKURSORI OTKAZA.....	167
IV.3.2 PLANIRANJE ZASNOVANO NA PRETPOSTAVKAMA.....	169
IV.3.2.1 Utvrđivanje važnih pretpostavki i vremenskog okvira važenja	170
IV.3.2.2 Utvrđivanje ranjivosti pretpostavki i indikatora bezbednosti	170
IV.3.2.3 Definisavanje kontrolnih akcija oblikovanja i ograđivanja	171
IV.3.2.4 Definisavanje putokaza i provera.....	172

Poglavlje V: PRIMER „UŽICE”	173
V.1 Uvod	173
V.2 Razvoj događaja.....	177
V.3 Nesreće – Opasnosti – Zahtevi visokog nivoa.....	183
V.4 Funkcionalna kontrolna struktura	187
V.4.1 KONTROLNA STRUKTURA VISOKOG NIVOVA	189
V.4.2 DODAVANJE DETALJA I NIVOVA	190
V.5 Utvrđivanje nebezbednih kontrolnih akcija.....	192
V.5.1 ANALIZA PETLJE OPERATER – FIZIČKI SISTEM.....	193
V.5.2 ANALIZA OSTALIH PETLJI.....	199
V.5.3 DEKOMPOZICIJA NIVOVA	203
V.6 Utvrđivanje uzroka nebezbedne kontrole	205
V.7 Uzročna analiza neželjenog događaja.....	212
V.7.1 DOGAĐAJI KOJI NEPOSREDNO PRETHODE NEŽELJENOM.....	213
V.7.2 POSLEDICE NA NIVOU FIZIČKOG SISTEMA	213
V.7.3 UZROCI NEODGOVARAJUĆE KONTROLE VIŠIH NIVOVA	221
V.7.4 OPŠTA KOORDINACIJA I KOMUNIKACIJA.....	236
V.7.5 DINAMIKA U SISTEMU I KONTROLNOJ STRUKTURI	238
V.7.6 DAVANJE PREPORUKA	238
V.8 Utvrđivanje pretpostavki i indikatora bezbednosti	240
 Poglavlje VI: ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	 245
VI.1 Cilj istraživanja	245
VI.2 Predmet istraživanja	246
VI.2.1 ISTRAŽIVANJE ASPEKTA RIZIKA.....	246
VI.2.2 ISTRAŽIVANJE UPRAVLJANJA SREDSTVIMA	248
VI.3 Zaključci.....	250
VI.3.1 PREDLOG METODOLOGIJE	251
VI.3.2 PRIMENA METODOLOGIJE	254
VI.3.3 SMERNICE ZA PRAVCE DALJEG ISTRAŽIVANJA	255
 LITERATURA	 257
PRILOZI	289

Spisak slika

Slika 1. Kriva rizika prema definiciji I nivoa	14
Slika 2. Kriva rizika u formatu učestanosti	15
Slika 3. Primer „leptir-mašna” dijagrama.....	26
Slika 4. Odnos induktivne i deduktivne analize	30
Slika 5. Četiri široke kategorije neizvesnosti	38
Slika 6. Izvori neizvesnosti.....	39
Slika 7. Taksonomija neizvesnosti za inženjerske sisteme.....	40
Slika 8. Pod-kategorije VDS neizvesnosti.....	41
Slika 9. Pristupi u rešavanju neizvesnosti, rizika i neznanja u donošenju odluka.....	42
Slika 10. Sveobuhvatni PRA model	45
Slika 11. Slika rizika.....	53
Slika 12. Trougao opasnosti	54
Slika 13. Uzroci otkaza sistema.....	55
Slika 14. Energetski model barijera.....	58
Slika 15. Ilustracija uticaja barijera na procesnu nesreću.....	59
Slika 16. Klasifikacija barijera	61
Slika 17. Lestve zasnovanosti bezbednosti VZP na višestrukim barijerama	61
Slika 18. Gubici u vezi kvara.....	67
Slika 19. Razvoj (ili životni ciklus) tipičnog incidenta sa kvalitetom vode za piće.....	68
Slika 20. Upotreba vode iz vodovodne mreže Užica u toku zabrane korišćenja.....	70
Slika 21. Ilustracija modela performansi letачke posade	73
Slika 22. Konceptualni okvir „urbanih voda”	77
Slika 23. Strukturirani način za merenje ciljeva	78
Slika 24. Aspekti održivosti snabdevanja vodom.....	79
Slika 25. Hijerarhija rizika primenjena na sektor voda	80
Slika 26. Tradicionalni procesi upravljanja rizikom u sektoru voda.....	82
Slika 27. Primer a) stabla otkaza i b) stabla događaja	83
Slika 28. Primer formiranja stabla otkaza	84
Slika 29. Okvir za bezbednu vodu za piće.....	84
Slika 30. Pregled ključnih koraka razvoja planova za bezbednost vode	86
Slika 31. TECHNEAU okvir za upravljanje rizikom	87
Slika 32. Distribucija ljudske greške	91
Slika 33. Veza fizičkih sredstava sa drugim sredstvima	94
Slika 34. Drvo kao metafora AM	99
Slika 35. Dimenzije IAM	103
Slika 36. AM okvir	113
Slika 37. Nivoi izveštavanja i monitoringa u bezbednosno kritičnim primenama	115
Slika 38. Karakteristike procesiranja podataka zavisne od radne situacije	116
Slika 39. Apstrakcija hijerarhije	119
Slika 40. Ilustracija hijerarhije agregacije i apstrakcije i karakterističnih spojnica	120
Slika 41. Ilustracija upotrebe apstrakcije i agregacije u predstavljanju elektrane.....	121
Slika 42. Komponente okruženja infrastrukture.....	126
Slika 43. Elementi objekta istraživanja	127
Slika 44. Dvosmisljena slika patka – zec.....	132
Slika 45. Funkcija bezbednosti.....	138
Slika 46. FRAM funkcionalna jedinica	152

Slika 47. Model migracije	155
Slika 48. Socio-tehnički sistem uključen u upravljanje rizikom	156
Slika 49. Osnovna kontrolna petlja teorije sistema.	160
Slika 50. Opšti oblik modela društveno-tehničke kontrole	162
Slika 51. Klasifikacija manjkavosti kontrola koje vode do opasnosti.....	164
Slika 52. Pregled pojedinih radova o indikatorima bezbednosti i rizika.....	168
Slika 53. Funkcionalna kontrolna struktura visokog nivoa snabdevanja vodom Užica	189
Slika 54. Proširena kontrolna struktura visokog nivoa.....	190
Slika 55. Položaj kontrolne akcije u kontrolnoj petlji	192
Slika 56. Detaljnija funkcionalna kontrolna struktura snabdevanja vodom u Užicu ...	204
Slika 57. Shema kontrolne petlje sa elementima za utvrđivanje uzročnih faktora.....	205
Slika 58. Presek brane sa akumulacijom	217
Slika 59. Vodostaji i isticanje iz akumulacije Vrutci, period 2011-2014.....	217
Slika 60. Dotok sirove vode na PPV „Cerovića brdo” i potis sa postojenja ka Užicu .	217
Slika 61. Temperature vazduha, merna stanica Zlatibor	220
Slika 62. Nivo vode u akumulaciji Vrutci tokom 2014. godine	235

Spisak tabela

Tabela 1. Kategorije rizika i uzroka	81
Tabela 2. Definicije tehnika za identifikaciju opasnosti.....	88
Tabela 3. Distribucija ljudske greške u 61 slučaju	91
Tabela 4. Procesi i aspekti u upravljanju opštinskom infrastrukturom	100
Tabela 5. Poređenje šest procesa IAM sa šest procesa SI	110
Tabela 6. Različite vrste sistema i njihovih karakteristika	123
Tabela 7. Promena paradigme	135
Tabela 8. Glavne vrste modela uzročnosti nesreća.....	146
Tabela 9. Parovi Pretpostavka – Element promene	171
Tabela 10. Pregled sistemskih nesreća, sistemskih opasnosti i zahteva visokog nivoa	185
Tabela 11. Nivoi apstrakcije vodovodnog sistema.....	187
Tabela 12. Nebezbedne kontrolne akcije Operatera za sistemsku opasnost H1.....	194
Tabela 13. Nebezbedne kontrolne akcije Operatera za sistemsku opasnost H2.....	195
Tabela 14. Bezbednosna ograničenja za Operatera iz sistemske opasnosti H1.....	197
Tabela 15. Bezbednosna ograničenja za Operatera iz sistemske opasnosti H2.....	197
Tabela 16. Pojedini uzroci generisanja nebezbednih kontrolnih akcija za stanje SC-H1- OP.01	207
Tabela 17. Pojedini uzroci generisanja nebezbednih kontrolnih akcija za stanje SC-H2- OP.01	209

Spisak priloga

Prilog A1	Definicije rizika
Prilog B1	Okvir za razmatranje rizika prema (Kaplan i Garrick, 1981)
Prilog B2	Okvir za razmatranje rizika prema (Haimes, 1991)
Prilog B3	Okvir za razmatranje rizika prema (IEC 60300-3-9:1995)
Prilog B4	Okvir za razmatranje rizika prema (ISO 31000:2009)
Prilog B5	Okvir za razmatranje rizika prema (EN 15975-2, 2013)
Prilog C1	Metode analize rizika prema (Kjellen, 2000)
Prilog C2	Metode analize rizika prema (Aven, 2008)
Prilog C3	Metode analize rizika prema (Rausand 2011)
Prilog C4	Metode analize rizika prema (Ericson, 2005)
Prilog C5	Metode analize rizika prema (ISO/IEC 31010:2009)
Prilog D1	Pregled relevantnih metoda za analizu rizika - TECHNEAU projekat
Prilog D2	Pregled metoda analize rizika po oblastima primene - TECHNEAU
Prilog D3	Pregled metoda analize rizika po fazama životnog ciklusa - TECHNEAU
Prilog E1	Pregled ključnih definicija za upravljanje sredstvima
Prilog F1	Pregled definicija izdržljivosti
Prilog G1	Definicije bezbednosti
Prilog H1	Model domina
Prilog H2	Model barijera
Prilog H3	Model „švajcarski sir”
Prilog I1	Teorija normalne nesreće
Prilog I2	Model visoko pouzdane organizacije

Spisak slika u priložima

Slika B1-1. Okvir rizika (prema Kaplan i Garick, 1981)

Slika B2-1. Okvir rizika (prema Haimes, 2004)

Slika B3-1. Okvir rizika (IEC 60300-3-9, 1995)

Slika B4-1. Međuzavisnost okvira i procesa upravljanja rizikom (prema ISO 31000)

Slika B4-2. Tok procesa upravljanja rizikom (prema ISO Guide 73:2002)

Slika B5-1. Okvir za vodovodni sistem (prema EN 15975-2 i DVGW W1001)

Slika C4-1. Pregled tipova-tehnika analize opasnosti (prema Ericson, 2005)

Slika H1-1 Model domina (prema Heinrich, 1931)

Slika H3-1: Model odbrane Švajcarski sir (prema Reason, 1990 i Reason, 1997)

Slika I2-1. Dimenzije organizacione redundantnosti (prema Laporte i Consolini, 1991)

Spisak skraćenica

AgZŽS	Agencija za zaštitu životne sredine
AH	apstrakcija hijerarhije
AM	upravljanje sredstvima
IAM	upravljanje infrastrukturnim sredstvima
BBN	Bajesove mreže verovanja
BS	brza razmena ideja
CML	pokazatelj izgubljenih minuta kod potrošača (min/korisniku/god)
CSE	koncept vrednovanja bezbednosti
DU	Državna uprava
DVT	operater koji gazduje MHE „Vrutci”
ET / ETA	stablo događaja / analiza stablom događaja
FMEA	analiza režima otkaza i posledica
FMECA	analiza režima otkaza, posledica i kritičnosti
FSA	formalna bezbednosna procena
FT / FTA	stablo otkaza / analiza stablom otkaza
GU	Grad Užice
HAZOP	analiza opasnosti i operativnosti
HHA	analiza zdravstvenih opasnosti
HRA	analiza ljudske pouzdanosti
HRO	visoko pouzdane organizacije
IAM	upravljanje infrastrukturnim sredstvima
ICT	informaciono komunikaciona tehnologija
IIMM	Međunarodni Priručnik za upravljanje infrastrukturom
IJZ	Institut za javno zdravlje
INCOSE	Međunarodni odbor sistem inženjera
IZV: B&A	izvorište (brana sa akumulacijom)
JČ	Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”
JLS	jedinica lokalne samouprave
KNU	kota normalnog uspora
MinGRAD	Ministarstvo građevinarstva

MinP&ZŽS	Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine
NAT	teorija normalne nesreće
OSHA	Uprava za bezbednost i zdravlje na radu SAD
PBV	plan za bezbednost vode za piće
PHA	preliminarna analiza opasnosti
PHIVZP	Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće
PHL	preliminarni nivo opasnosti
PPV	postrojenje za prečišćavanje vode
PRA	probabilistička procena rizika
PSA	probabilistička procena bezbednosti
QRA	kvantifikovana procena rizika ili kvantitativna analiza rizika
RAT	ukupna analiza rizika
RDV	Republička direkcija za vode
RE	inženjering izdržljivosti
RHMZ	Republički hidro-meteorološki zavod
RIF	faktori koji utiču na rizik
SDV	sistem za distribuciju vode
SHA	analiza sistemskih opasnosti
SI	inženjering sistema
SPDA	operater koji gazduje ribljim fondom akumulacije Vrutci
SRCA	analiza zahteva / kriterijuma z bezbednost
SSHA	analiza pod-sistemskih opasnosti
SSV	sistem za snabdevanje vodom
SWIFT	strukturisana šta - ako tehnika
SZO	Svetska zdravstvena organizacija
TRM	upravljanje ukupnim rizikom
VB	operater brane sa akumulacijom
VS	vodovodni sistem
VU	operater vodovoda Užice
VZP	voda za piće
ZJZ	Zavod za javno zdravlje
ZOV	Zakon o vodama

POGLAVLJE I

UVOD

I.1 O prirodi ove disertacije

Disertacija koju imate pred sobom je metodološko empirijska. Metodološka, u delu u kojem će se, polazeći najpre od pokušaja shvatanja razmatranih pojmova i problema, i pojedinih već razvijenih metoda, sagledati njihova holistička priroda i sistemski odnos prema pojedinim problemima (uključujući i one vodovodnih sistema), kako bi se naučnim istraživanjem ustanovilo njihovo saglasje sa prirodom problema koji se razmatra. Empirijska, u delu u kojem se odnosi na rešavanje pojedinih problema (uključujući i one vodovodnih sistema), polazeći od nekog teorijskog okvira i koristeći se delom već razvijenom metodologijom i empirijskim iskustvima iz drugih oblasti u kojima je začeta i ima najveći progres (svemirska, nuklearna, avio industrija). Delom i zbog toga što će se sprovesti empirijska provera primene metode i to takva provera koja može da presudi da li je metod dobar tj. da li na osnovu njega dolazimo do verifikacije postavljenih hipoteza. Disertacijom će se, kao delom razvojnog puta naučnog stanja i sazrevanja, sprovesti oblikovanje stručnog shvatanja u naučno znanje.

Povod za izradu disertacije je „zahtev (iz) prakse” za istraživanje mogućih načina za:

- unapređenje funkcionisanja vodovodnih sistema na sistemski način, i
- stvaranje okruženja za održivu primenu naučnih i stručnih tehnika rada u praksi.

I.2 Predmet istraživanja

Predmet naučnog istraživanja je sagledavanje, opredeljivanje i demonstracija primene odgovarajuće metode analize rizika pri upravljanju infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema. Vodovodni i drugi hidrotehnički sistemi gotovo uvek se planiraju, projektuju, grade, koriste (funkcionišu) i održavaju pod neizbežnim uslovima rizika i neizvesnosti, pri čemu se od strane više interesnih strana obično očekuje da postignu višestruke i obično međusobno suprotstavljene ciljeve. Pri tome, postupak analize rizika ne bi smeo biti ni izdvojeno, naknadno promišljanje, niti samo nekakav dodatak tehničkoj

(inženjerskoj) analizi. Umesto toga, analiza rizika bi trebalo da bude sastavna i eksplicitna komponenta postupka donošenja odluka pri upravljanju sistemom.

Razmatranje rizika suštinski je sinteza iskustvenih i normativnih, kvantitativnih i kvalitativnih, induktivnih i deduktivnih, objektivnih i subjektivnih napora. Upravljanje (ukupnim) rizikom može se postići tek kada se na ova pitanja odgovori u širem kontekstu upravljanja, gde su sve mogućnosti uklopljene unutar hijerarhijske organizacione strukture. Odgovarajući postupak donošenja odluka o potrebnim aktivnostima na ostvarivanju ciljeva sistema ne može biti obavljeno ozbiljno i s punim smislom bez uvida u celinu sistema i razmatranje resursa celokupne organizacije.

Valjano upravljanje infrastrukturnim sredstvima složenih sistema zato mora da sadrži i obuhvati upravljanje rizikom unutar holističkog, tj. sistemskog i sveobuhvatnog okvira. U mnogim perspektivama, razvoj i funkcionisanje sistema i analiza rizika su isprepleteni, i samo zajedno sačinjavaju kompletan postupak. Upravljanje mnoštvom izvora rizika s kojima se suočavaju inženjeri i donosioci odluka u vodovodnim sistemima, susret je sa brojnim izazovima. U isto vreme, odgovarajuće modeliranje takvih sistema može značajno da unapredi izgled za uspešno upravljanje uzrocima tog rizika.

Prema tome, rizik kao uticaj neizvesnosti na ciljeve, više je od neizvesnih budućih događaja. Rizik je usmeren na prošlost, sadašnjost, ali prevashodno na budućnost. Rizik je, takođe usmeren i na razlučivanje više važnog od manje važnog. Rizik je usmeren na ciljeve upravo radi sagledavanja odstupanja od tih ciljeva. Jedna od definicija, u kojoj učestvuje i rizik, kaže da se pod upravljanjem sredstvima (u širem smislu, onom u kojem će se disertacija baviti) podrazumevaju sistematske i koordinirane aktivnosti i postupci kroz koje organizacija optimalno i održivo upravlja svojim sredstvima i sistemima sredstava, njihovim performansama, rizicima i troškovima, tokom njihovih životnih ciklusa, radi postizanja svog organizacionog strateškog plana.

Predmet naučnog istraživanja je, dakle, veliko i široko polje, u kojem za veliki sistem (koji pruža usluge snabdevanja vodom, sa brojnim funkcijama, za sistem sistema, koji je i mlad i star, koji ima često suprotstavljene interesne strane) treba naći sistematičnost u sagledavanju rizika čijim se upravljanjem ide u pravcu cilja.

Težište i suština disertacije zapravo je pokušaj istraživačkog shvatanja i razumevanja, ne objašnjavanja, problema koji se razmatra. Prvi korak u rešavanju bilo kojeg problema je da se problem shvati. Često predlažemo rešenja za probleme koje ne razumemo, a onda smo iznenađeni kada rešenja nemaju očekivani efekat (Leveson, 1995).

I.3 Teorijski okvir – osnovne pretpostavke istraživanja

Prethodna metodološka i empirijska istraživanja predmeta kojim se disertacija bavi odnose se na širok spektar problema koji su istraživači nastojali da reše u kontekstu upravljanja složenim sistemima, odnosno pri upravljanju pojedinim sredstvima, i pri analizi rizika. Prethodna istraživanja, na koja će se ova disertacija nasloniti, mogu se svrstati u dve oblasti, u oblast rizika i u oblast upravljanja sredstvima (složenih sistema).

Istraživanja aspekta rizika, u najširem smislu, podrazumevaju razmatranje samog pojma rizika, definisanje okvira za razmatranje rizika zbog redovne terminološke isprepletanosti pojmova analiza, procena i upravljanje rizikom, i pregled metoda za analizu rizika. Istražice se specifični pojmovi koji obično prate pojam rizik (većiti sukob kvalitativnog i kvantitativnog, induktivnog i deduktivnog), i na „slici rizika”, kao potki, razmotriće se pojedini elementi rizika. Usmeravajući pažnju na vodovodne sisteme, jedan od od polaznih teorijskih okvira su Plan za bezbednost vode za piće (WHO, 2005) i Smernice za kvalitet vode za piće (WHO, 2008), koje promoviše Svetska zdravstvena organizacija, a koji se baziraju na riziku.

Istraživanja oblasti staranja o sredstvima tiču se takođe razmatranja samog pojma, radi shvatanja uloge sredstava u sistemu (sredstava), pojedinačnog u ukupnom. Brojna istraživanja su, u tom smislu, posebnu pažnju usmeravala su na određivanje ukupnih troškova tokom životnog veka, zrelost sistema, kao i na zdravlje sredstava, kao osnove za zamenu pojedinih dotrajalih sredstava. Koncept gledanja unapred (predviđanja), jedan je od ključnih u ovoj oblasti. Uz to, na bazi brojnih teorijskih i metodoloških istraživanja razmotriće se priroda složenih sistema, sačinjenih od brojnih komponenti.

Nerešeni problemi u vezi sa predmetom istraživanja najpre su terminološki. Postoji mnoštvo različitih perspektiva i različitih definicija jednog te istog pojma, kako rizika tako i upravljanja sredstvima. Tek postrojavanje pojedinih definicija i uslova za koje su

predložene omogućava da se napravi pokušaj suštinskog shvatanja pojmova koji se razmatraju.

Rešenja koja se tradicionalno nude obrađuju pojedine probleme u izolaciji. Rešenja za tehnički deo vodovodnih sistema ipak su samo rešenja za deo ukupnog sistema kojim se upravlja. Jedno od osnovnih pitanja, koje je u osnovi čitave ideje disertacije je sledeće: Ako „pukne” cev, da li je cev za to „kriva”? Ako zbog kvara na jednom preseku cevi zbog neispravnosti brojnih okolnih zatvarača čitavo naselje mora da se izoluje i ostane bez vodovodne usluge, da li su zatvarači „krivi” za takav slučaj? Svetska zdravstvena organizacija, na primer, predlaže integralni princip od sliva do potrošača (WHO, 2008), zasnovan na barijerama, primarno usmeren na bezbednost vode za piće.

Nedostaci pojedinih rešenja za vodovodne sisteme tiču se nedostataka holističkog pristupa i obuhvatanja ukupnih izazova za njihovo uspešno funkcionisanje i pružanje vodovodnih usluga, ali pri tome za sisteme različite zrelosti, koji možda imaju različite ciljeve. Pojedine metode koje su razvijene u drugim oblastima nisu primenjivane na predmetnu vrstu problema.

Šire gledajući, postoji potreba za utvrđivanjem odgovarajuće metodologije analize rizika pri upravljanju infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema kojom bi se na sistemski i sveobuhvatan način analizirao i obuhvatio rizik u nekom vodovodnom (ili nekom drugom hidrotehničkom) sistemu.

I.4 Formulacija pristupa problemu

Cilj istraživanja u širem smislu

Očekuje se da se istraživanjima u okviru ove disertacije definiše metodologija za analizu rizika tokom životnog veka infrastrukturnih sredstava vodovodnih sistema, vodeći računa o sistemskim zahtevima i karakteristikama infrastrukture, kao doprinos naučnom rešavanju unapređenja donošenja odluka pri upravljanju složenim komunalnim sistemima.

Cilj istraživanja u užem smislu

Cilj istraživanja u užem smislu, kao ključni deo disertacije, jeste da se testiraju istraživačke hipoteze.

Polazna hipoteza

Osnovna hipoteza od koje se polazi u naučnom istraživanju je da funkcionisanje i upravljanje vodovodnim sistemom mora da bude plansko, da uključi sve zainteresovane strane, da vodi računa o životnom veku sredstava, da se zasniva na poznavanju funkcija, performansi i stanja sredstava, kako postojećih tako i ciljnih. Pri tome, upravljačke odluke treba donositi uz razmatranje informacija o riziku.

Pored polazne hipoteze postaviće se dodatne hipoteze (h1, h2 i h3), kao iskazi koji će se proveravati istraživanjem. Hipoteze su postavljene tako da ih možemo sagledati i testirati iz nekog teorijskog sistema ili prethodnog znanja.

- h1: Rizik koji se razmatra mora biti sveobuhvatan i ukupan;
- h2: Upravljanje sredstvima može da se vrši na odgovarajući način jedino putem upravljanja sistemom kao celinom;
- h3: Metodologija analize rizika treba da bude saglasna prirodi sistema koji se razmatra.

Testiranje hipoteza h1, h2 i h3 biće sprovedeno u odeljcima II, III-1 do III-2 i III-3 do III-8, respektivno, i potom primenjeno na izabrani karakteristični slučaj, u poglavlju V.

I.5 Naučne metode

Naučne metode koje su predviđene da budu primenjene tokom rada na disertaciji su:

- Empirijska istraživanja na izabranom vodovodnom sistemu,
- Modeliranje i analiza rizika,
- Primena teorije sistema i teorije kontrole.

POGLAVLJE II

RAZMATRANJE RIZIKA

U ovom delu disertacije, u kojem će se razmatrati višestruki aspekti pojma „rizik“, testiraće se hipoteza h1: Rizik koji se razmatra mora biti sveobuhvatan i ukupan. Najpre će se navesti osnovni pojmovi o riziku, diskutovati pojedini specifični pojmovi i koristiti „slika rizika” kao potka za shvatanje sastavnih elemenata rizika. Poglavlje se završava razmatranjem iskustava sa analizom rizika u vodovodnim sistemima.

OSNOVNI POJMOVI O RIZIKU

II.1 Uvod u razmatranje rizika

II.1.1 UNIVERZUM POJMA RIZIK

Rizik. Ni kraće reči, ni veće magičnosti značenja. Kroz mnoštvo perspektiva značenja pojma „rizik” moguće je samo donekle naslutiti širinu koju pokriva i posledice koje sobom nosi.

Jedan od najstarijih izvora, Homerov ep „Odiseja”, usmerava nas na poreklo reči iz antičkog grčkog (ριζα), što je izraz za morske stene, hridi, koje su predstavljale opasnost za plovidbu duž kamenitih obala (Skjong, 2005).

Reč „rizik” je opšte prisutna reč. U svakodnevnoj konverzaciji pod rizikom se smatraju i opasnost, i pretnja, i ranjivost, nepouzdanost, neizvesnost, neželjeni događaj ili šteta. Situacija nije mnogo bolja ni u naučnoj zajednici, gde tumačenja variraju skoro kao i u ostatku društva (Rausand 2011). Postoji puno konfuzije i nedosledne terminologije (Bedford i Cooke, 2001). Uz ovo, pojedini akteri mogu da imaju potpuno suprotno shvatanje neke situacije i pridruženog rizika.

Rizik nije ničije ekskluzivno pravo ni svojina, ni profesionalaca niti laika. Riziku smo izloženi kada prelazimo ulicu, kada istražujemo grad u kojem do tada nismo bili, kada jednostavno pričamo sa nekim, ili čak u trenucima dokolice. To, da li će neko vozilo projuriti velikom brzinom, da li ćemo zalutati, da li će nas sagovornik potpuno razumeti i da li naše mesto može da pogodi zemljotres, samo su delovi šireg konteksta. Možemo

da budemo toga svesni ili ne, a biti u riziku. Prema tome, svi mi u neku ruku na neki način upravljamo nekom vrstom rizika. Naše odluke će biti pod uticajem prosuđivanja o ponašanju drugih, a njihove po prosuđivanju o tome šta bi mi mogli da uradimo. Takav svet je beskrajno refleksivan (Adams, 2007).

Rizik je počeo naučno da se analizira u oblastima u kojima su se ljudi suočavali sa najvećim izazovima, pre svega u vojnim operacijama, procesnoj industriji, nuklearnoj industriji, avio saobraćaju, istraživanju svemira, ali i u finansijskom sektoru i medicini. U ostalim oblastima uglavnom se prenose znanja i metode prethodno razvijene i oprobane u navedenim oblastima.

Gledajući unazad, sagledavajući koncepte o riziku, može se reći da postoji više kategorija profesionalaca koji se bave rizikom, svako sa svog stanovišta. Na ovom mestu, od važnosti za ovaj rad, izdvojiće se teoretičari i praktičari čije je poreklo u matematici ili fizici (Kaplan, Garrick, Aven, Leveson) ili tehničari (Haines, Apostolakis), ali i oni čije je poreklo u sociološkim i psihološkim naukama (Heinrich, Perrow, Pidgeon, Slovic, Reason, Renn, Rasmussen, Hollnagel), čiji su radovi ključno referencirani u disertaciji. Veliki broj praktičara opterećen je standardizacijom i postavljanjem strogih i krutih birokratskih okvira, koji ponekad predstavljaju značajna ograničenja za odgovarajuće i kreativno sagledavanje problema. Svi oni su rešavali specifične probleme sa kojima su bili suočeni, i svi oni su, svako na svoj način, doprineli izgradnji fonda znanja, tj. tezaurusa o riziku. Pojedini kognitivni i bihejvoralni psiholozi su sa apstraktnog nivoa i sa filozofske ravni postavljali i davali odgovore i predlagali koncepte, matematičari su pokušavali da rizik matematski modeliraju, dok su inženjeri pre svega okrenuti praktičnim metodama rešavanja problema funkcionisanja realnog sveta.

Možda se ne može govoriti o školama u klasičnom smislu te reči, ali se može zapaziti da su u SAD veliki naponi bili usmereni ka rešavanju pitanja rizika u nuklearnoj industriji i istraživanju svemira, u Holandiji i Ujedinjenom Kraljevstvu bilo je značajnih istraživanja u oblasti avio i procesne industrije, u Švedskoj su izučavani društveni odnosi od značaja za funkcionisanje organizacija, dok je poslednjih godina u Norveškoj dosta napora usmereno ka problematici naftnih platformi. Veliki hendikep ove disertacije tiče se činjenice da autor, zbog nedovoljnog poznavanja jezika, nije bio okrenut i ruskoj literaturi i školi.

Tehnička, ekonomska, psihološka, sociološka i druge perspektive i stanovišta, sa kojih je sagledavan rizik, u vezi su sa brojnim aspektima koncepta rizika i brojnim interesnim stranama. Multidimenzijalnost rizika je njegova možda i najbitnija karakteristika (Aven i Renn, 2010).

Pojam „rizik” se, u principu, odnosi na budućnost. Govoreći o riziku mi smo na neki način prinuđeni da modeliramo budućnost, odnosno da gledamo u ili proričemo budućnost. Koristi od takvog koncepta, međutim, koristimo za oblikovanje sadašnjosti. Preplitanje vremenske dimenzije svakako da je još jedan na popisu izazova koje istraživač mora da ima pred sobom. Obzirom da je reč o veoma složenom pojmu, o njemu se ne može govoriti dok se ne definiše, što će se i sprovesti u nastavku rada.

II.1.2 DONOŠENJE ODLUKA I KOMPONENTA RIZIKA

U suštinskom smislu, pitanje rizika je centralno pitanje procesa donošenja odluka. Proces donošenja odluka može da se okarakterise i kao deo procesa upravljanja nekim sistemom, kojim se donose odluke o izboru upravljačkih aktivnosti potrebnih za funkcionisanje tog sistema. Danas sve veći broj stručnjaka i menadžera u raznim industrijama, zatim naučne i stručne institucije, kao i vlade i državne agencije (Office Cabinet, 2002), posvećuju veliki deo svog vremena i resursa zadatku poboljšanja razumevanja i pristupa donošenja odluka na osnovu rizika (tj. zasnovanih na riziku) ili na osnovu informisanosti o riziku (Stamatelatos i Dezfulli, 2011). U ovoj potrazi neki od njih često sa zaprepašćenjem otkrivaju očiglednu istinu: što više znate o kompleksnoj temi, više shvatate koliko je još uvek nepoznata (Haimes, 2004).

Rizik nikada nije prihvatljiv bezuslovno. Rizik je prihvatljiv jedino ako neka korist može da kompenzuje rizik, ili rečeno na drugi način, mi donosimo odluku koja sadrži prihvatljiv rizik, ne prihvatamo rizik sam po sebi. Zbog toga može se reći da problem određivanja prihvatljivog rizika predstavlja problem odlučivanja, tj. izbor između alternativa (Fischhoff, 1981; Vatn, 1998).

U većini slučajeva, rizik se razmatra kada treba da se donese neka racionalna odluka (Lindhe, 2008). Analiza rizika je relevantna u većini situacija odlučivanja jer procenjujući

rizik, mi želimo da pogledamo u budućnost i da na osnovu tog uvida donosimo dobre odluke (Aven, 2008).

Postoji više razloga za složenost problema donošenja odluka. Početni, može da bude određivanje cilja. Jedan od razloga je da donošenje odluka treba da obuhvati brojna gledišta, dimenzije i aspekte. Taj proces ima uticaja na operativnom, korporativnom, i nivou vlasti, a takođe ima uticaja tokom faza planiranja, projektovanja, izgradnje, funkcionisanja i održavanja sistema. Sledeći razlog zbog čega je donošenje odluka na osnovu informisanosti o riziku složeno je zato što je ono interdisciplinarno. Predmet se dalje komplikuje razvojem i postojanjem različitih koncepata rizika. Neke metode, koje ponekad stvaraju lažne rezultate i zaključke, postale su ukorenjene, a teško da će biti iskorenjene (Haimes, 2004). Jedan od razloga su i brojne interesne strane, ali i potreba za uspostavljanjem kompromisa između troškova, koristi i rizika u višeciljnom okviru. Može se reći da neizvesnost daje „boju”, odnosno karakter, procesu donošenja odluka.

Donošenje odluka pri analizi pojedinih sistema u izolaciji može biti pogrešno zbog previđanja njihovih suštinskih karakteristika. Uzmimo, na primer, rizik od prirodnih katastrofa. Rizik u vezi sa velikim prirodnim nepogodama utiče na ljudske živote, okruženje, privredu i socijalno blagostanje zemlje. Međutim, medijum preko kojeg se mnogi od ovih rizika manifestuju je upravo inženjerska infrastruktura: brane, nasipi, sistemi za snabdevanje vodom, transportni, komunikacioni sistemi, itd. Stoga, kada se govori o riziku u vezi sa prirodnim katastrofama, kao što su zemljotresi, velike suše ili velike poplave, mora se takođe uzeti u obzir uticaj tog rizika na integritet i performanse inženjerske (tj. fizičke, izgrađene) i ljudske (tj. društvene) infrastrukture.

Planeri i projektanti hidrotehničkih sistema odavno su prepoznali da je rizik neodvojiv od rada kojim se bave (USACE, 1992). Rizik je uključen u inženjering na mnogo načina, pri određivanju koliko truda i resursa treba uključiti tokom razvoja (planiranja i projektovanja) nekog inženjerskog sistema da bi se sprečile opasnosti ili štete, ili pri obezbeđivanju prihvatljivog nivoa rizika za sistem. Takođe, rizik se može koristiti da se izabere koji događaji ili uslovi trebaju biti razmatrani tokom funkcionisanja sistema da bi se sprečile štete koji bi se mogle javiti, uprkos analizi sprovedenoj tokom razvoja sistema (Leveson, 2004).

Određeni stepen zaštite od poplava ili određena pouzdanost snabdevanja vodom, na primer, eksplicitni su ciljevi planiranja koji se bave smanjenjem rizika. Kada osmišljavamo pravila funkcionisanja akumulacije, istovremeno treba da se bavimo rizičnim situacijama u pogledu performansi projektovanog sistema. Inženjerski infrastrukturni sistemi gotovo uvek se projektuju, grade, i funkcionišu pod neizbežnim uslovima rizika i neizvesnosti, pri čemu se obično očekuje da postignu višestruke i konfliktne ciljeve. Da bi bili efikasni i smisleni, procena i upravljanje rizikom moraju da budu sastavni i eksplicitni deo ukupnog sistema upravljanja, odnosno procesa donošenja odluka, a ne neki poseban, birokratski prilog ili formalni dodatak tehničkoj analizi. Ovo je posebno važno u upravljanju tehničkim sistemima (Haimes, 2004).

Dobro upravljanje, odnosno donošenje odluka, mora da obuhvati i da na taj način uključi upravljanje rizikom u holističkom, tj. sistemskom i sveobuhvatnom okviru. Procena i upravljanje rizikom su u suštini sinteza, spajanje iskustvenog i normativnog, kvantitativnog i kvalitativnog, istovremeno i objektivni i subjektivni napor. Samo kada su ova pitanja obrađena u širem kontekstu upravljanja, unutar hijerarhijske organizacione strukture, može se realizovati upravljanje ukupnim rizikom.

II.2 Definisavanje rizika

II.2.1 KONCEPTI I DEFINICIJE

Rizik je reč koja znači različite stvari različitim ljudima (Adams, 2007). To je reč koja izaziva osećaj hitnosti zato što cilja na štetne, ponekad katastrofalne ishode. Veći deo nesporazuma proizilazi iz nedostatka sporazuma o značenju te reči. Ljudi koriste istu reč a da ona pojmovno predstavlja različite stvari.

Ako pitate deset osoba što podrazumevaju pod rečju rizik najverovatnije ćete dobiti deset različitih odgovora (Johansen, 2010). Ne samo da se koncepcije laika i profesionalaca razlikuju, razlika ima i unutar tih zajednica. Christensen i dr. (2003) navode da višestruke interpretacije rizika izazivaju sumnju da pojedine nauke imaju jasnu predstavu o tome šta istražuju kada razmatraju rizik. Lupton (1999) obrazlaže postojanje različitih shvatanja time što je osnovni predmet analize konfuzno postavljen. Kada se rizik analizira i raspravlja, elementarno je da se razjasni ono šta se zapravo podrazumeva pod rizikom. Rizik je intuitivno privlačan koncept. Možda paradoksalno, to je takođe koncept koji je težak za razmišljanje. Konsultujući literaturu o riziku, neko može biti zbunjen divergentnim mišljenjima o tome šta rizik zaista jeste.

Rizik je važan koncept za većinu naučnih disciplina, ali ne postoji saglasnost o tome kako da se definiše i tumači (Aven, 2011). Sa jedne strane, izvesno je da se time otežava efikasno upravljanje rizikom, kao i razvoj oblasti rizika, dok sa druge, moguće je da postoji veoma jak razlog za takvo stanje.

Pošto značenje rizika varira sa određenom situacijom i percepcijom ljudi o tome, treba se dati jasna definicija kada se koristi ta reč. Kako nešto razmatrati ako nismo definisali o čemu je reč? U Prilogu A1 naveden je prošireni pregled ključnih definicija rizika u odnosu na pregled dat od strane Aven-a (2009, 2010). Identifikovane definicije rizika se uobičajeno koriste u praksi, a mogu se svrstati u nekoliko kategorija, u kojima se rizik izražava:

1. putem verovatnoća pojave opasnosti i težine posledica,
2. putem verovatnoća pojave posledica i njihove težine,
3. putem neizvesnosti ishoda,

4. putem očekivane vrednosti štete,
5. u odnosu na ciljeve.

Učinjeni su brojni pokušaji da se uspostavi jedinstvena perspektiva rizika, ali nijedan od njih nije široko prihvaćen u praksi. Neki od mogućih razloga su (i) različiti konteksti i prirode problema koji se rešavaju, (ii) različita porekla teoretičara i praktičara (sociolozi, psiholozi, matematičari, fizičari, inženjeri, i drugi), ili to što (iii) organizacije za standardizaciju i inače nisu u stanju da proizvedu dovoljno široke i precizne definicije koje mogu biti prihvaćene od strane naučne zajednice.

II.2.2 O POJEDINIM DEFINICIJAMA RIZIKA

Situacije u kojima je definicija rizika od suštinskog značaja su komunikacija rizika sa drugim ljudima i dok se rizik procenjuje (Rosen i dr., 2008). U ovom poglavlju detaljnije će se komentarisati definicije iz krajnjih vremenskih opsega navedenih u Prilogu A1, Kaplan-ova i Garick-ova (1981) i Wilson-ova i Chrouch-ova (1982), sa jedne i ISO (2009), sa druge strane, koje autor procenjuje kao ključne.

II.2.1.1 Kvantitativna definicija rizika

Kaplan i Garick (1981) su definiciju rizika predložili i objavili u prvom broju časopisa „Analiza rizika”, a u donjim redovima će se predstaviti u kratkim crtama.

Definicija I nivoa

U definiciji I nivoa (kvantitativna definicija rizika), rizik R definiše se kao skup trijada

$$R = \{(s_i, p_i, x_i)\}, \quad i=1,2,\dots,N.$$

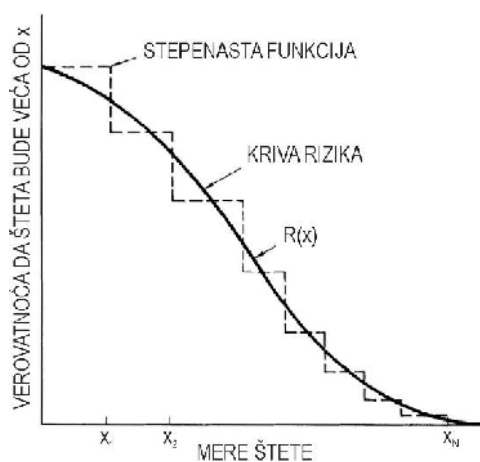
gde s_i je scenario; p_i je verovatnoća realizacije tog scenarija; i x_i je mera štete (usled realizacije scenarija).

Kaplan navodi da je uobičajeno da se kaže „rizik je verovatnoća puta posledica”. Takvu definiciju smatra nedoslednom i umesto toga predlaže, u skladu sa idejom o skupu trojki: „rizik je verovatnoća i posledica”.

U slučaju jednog scenarija stanovište „verovatnoća puta posledica” će izjednačiti scenario male-verovatnoće visokih-šteta sa scenarijom visoke-verovatnoće niskih-šteta što

očigledno uopšte nije ista stvar. U slučaju višestrukih scenarija stanovište „verovatnoća puta posledica” odgovara kao kad se kaže da je rizik očekivana vrednost štete, tj. srednja vrednost krive rizika. Ako se scenariji poređaju u smislu povećanja težine posledica tada se može nacrtati kriva rizika, kao što je prikazano na slici 1.

Rizik nije srednja vrednost krive, već je sama kriva. Jedan broj nije dovoljno veliki koncept da predstavi ideju rizika. Potrebna je cela kriva. Međutim, istina je da takođe ni kriva nije dovoljno veliki koncept. Potrebna je cela porodica krivih da u potpunosti predstavi ideju rizika. Ovo je osnova definicije nivoa II.



Slika 1. Kriva rizika prema definiciji I nivoa (prema Kaplan i Garick, 1981)

Definicija II nivoa

U definiciji I nivoa pretpostavlja se da je tačno poznata verovatnoća p_i sa kojom se realizuje scenario s_i . Međutim, ukoliko pretpostavimo da nismo sigurni u vrednost te verovatnoće p_i , odnosno da i sama verovatnoća p_i ima svoju funkciju gustinu raspodele, onda uvodimo definiciju II nivoa gde sada trijadu pišemo u obliku

$$R = \{(s_i, p_i(\phi_i), x_i)\} \quad (1)$$

u kojoj $p_i(\phi_i)$ predstavlja funkciju gustine raspodele verovatnoće realizacije nekog scenarija s_i .

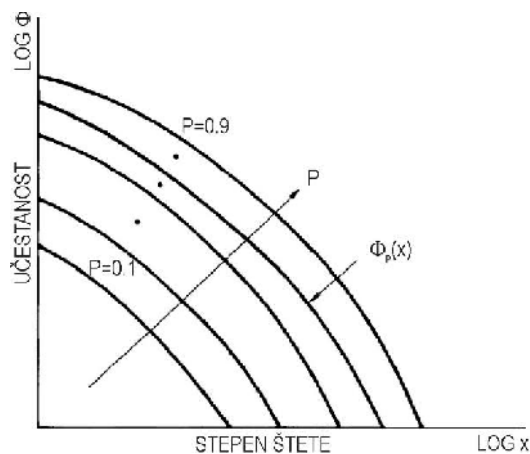
Od skupa (1) može se konstruisati familija rizika. Slično tome, ako postoji neizvesnost u šteti, takođe, skup trijada bi imao oblik:

$$R = \{(s_i, p_i(\phi_i), \xi_i(x_i))\} \quad (2),$$

ili opštije,

$$R = \{(s_i, p_i(\phi_i, x_i))\} \quad (3)$$

koristeći zajedničku raspodelu (ϕ_i, x_i) . Familija krivih rizika prikazuje se na slici 2.



*Slika 2. Kriva rizika u formatu učestanosti
P predstavlja parametar verovatnoće prevazilaženja
(Kaplan i Garick, 1981)*

Proširenu definiciju rizika nivoa II čini slika 2, odnosno ekvivalentne jednačine (1), (2), ili (3). Njome je definicija nivoa I proširena uključivanjem neizvesnosti. Ovo je posebno važno u analizama rizika, gde se scenarija identifikuju pomoću stabla otkaza i stabla događaja, i gde su osnovni ulazni podaci o stopama otkaza komponenti neizvesni.

Slika rizika ovim (počinje da) se usložnjava i klizi iz čisto tehničkog formata. Korisnici, raspoloživi podaci, pozadina, subjektivno i objektivno, samo su neki od elemenata koji grade konstrukciju rizika. Aven (2010) navodi da rizik postoji i nezavisno od naše percepcije, a Slovic (1992) konstatuje da ima i istraživača koji ne priznaju da rizik može da bude „realan” ili „objektivan”. Johansen (2010) zaključuje da iako definicija može da ugradi sve sadržaje koncepta rizika, sama percepcija definicije na kraju ipak zavisi od interpretatora.

Pošto je rizik po definiciji dat sa ukupnošću krivih preko čitavog spektra posledica, po mišljenju Adams-a (1999), Johansen-ove (2010), kao i autora, odnos ka riziku kao množini je nešto suvišno. Rizikujući neslaganje sa velikim brojem istraživača koji često govore o „rizicima”, ovo izgleda kao skromna primedba, ali je važno navesti je.

Godine 1996, kao istaknuti istraživač na polju rizika, Stan Kaplan primio je nagradu Društva za analizu rizika (Rausand, 2011). Da bi izrazio svoju zahvalnost, Kaplan je

održao govor na plenarnoj sednici na godišnjem sastanku društva. U uvodu ovog govora, rekao je da reči analize rizika jesu i nastavljaju da budu problem. Prisutne je podsetio da je jedna od prvih stvari koje je Društvo za analizu rizika učinilo kada je započinjalo rad bilo da formira odbor koji bi definisao reč „rizik”. Ovaj odbor trudio se 4 godine, a onda odustao, rekavši u svom konačnom izveštaju da je možda bolje da se rizik ne definiše. Data je preporuka da svaki autor definiše rizik na svoj način, pri čemu bi trebao da jasno objasni koji je to način (Kaplan, 1997).

Definicija Kaplan-a i Garrick-a (1981) je široko prihvaćena kako u naučnoj zajednici tako i među praktičnim procenjivačima rizika (Haimes, 2009). Razumno objašnjenje je da je to zbog toga što uz nju stoji i definicija analize rizika koja je definisana pitanjima, (i) Šta može da krene naopako?, (ii) Koja je verovatnoća da se to desi? i (iii) Koje su posledice?, koja su otvorena, nisu ograničavajuća i koja navode na razmišljanje i traženje odgovora. Stoga ove dve spregnute definicije daju okvir za način na koji razmišljati o riziku. Radi jezičkog i terminološkog čistunstva, koje je suštinski važno u ovom razmatranju, navodi se sledeće. Odgovorima na njihova 3 osnovna pitanja Kaplan i Garrick (1981) definišu analizu rizika, a ne sam rizik. Rizik definišu skupom trijada (1). Međutim, od strane velikog broja istraživača 3 osnovna pitanja se percipiraju kao sama definicija rizika ili čak kao definicija procene rizika (Haimes, 2004).

Otvorenost definicije, odnosno dve spregnute definicije, otvara prostor za mnoge interpretacije. Aven (2010) je mišljenja da je takvo fokusiranje na verovatnoću, kao izraza neizvesnosti, previše usko. Baziranjem na verovatnoći mogu ostati nerazmotrena potencijalna iznenađenja, obzirom na problem izražavanja onog što je ekstremno neizvesno. Leveson (1995), slično prethodniku, takođe navodi da ni scenarija ni verovatnoće ne mogu biti polazišta za razmatranje rizika sa kojima se neki sistem može suočiti. Johansen (2010) se pita šta je sa scenarijima koje ne možemo da predvidimo? Verovatnoća je daleko od jednostavnog koncepta samog po sebi. Da li je to objektivno svojstvo ili postoji samo u našim glavama? Od kakve pomoći je prošlost? Zamislimo, na primer, da smo procenjivali verovatnoću da korisnici vodovoda u Užicu ostanu bez usluge snabdevanja vodom. Ili, da smo procenjivali verovatnoću pogoršanja kvaliteta vode akumulacije Vrutci? Kako bi to uradili?

II.2.1.2 Tradicionalna inženjerska definicija rizika

Tradicionalna definicija u inženjerskom kontekstu pripisuje se autorima Wilson-u i Crouch-u (1982):

$$\text{Rizik} = \text{Verovatnoća} \times \text{Ozbiljnost}$$

Za razliku od definicije Kaplan-a i Garrick-a (1981) koji naglašavaju da rizik nije srednja vrednost krive, već sama kriva, Wilson i Crouch za rizik uzimaju srednju krivu sa slike 1. Definicija je od strane praktičara ocenjena kao superiorna za primene u analizama rizika jer pruža složenu meru koja je nedvosmislena, jednostavna za upotrebu i omogućava rangiranje alternativa. Kada su u pitanju višestruki događaji, mera se obično naziva očekivani gubitak ili očekivana vrednost gubitka. Kako se rizik definiše proizvodom, pretpostavlja se da i verovatnoća i ozbiljnost posledice mogu biti numerički formulisane. Ovo, međutim, često neće biti slučaj.

Prilikom poređenja nivoa rizika, u ovom pristupu, na primer, katastrofalne štete male verovatnoće pojave srazmeravaju se sa manjim štetama velike verovatnoće. Međutim, velike poplave veoma male verovatnoće pojave, nije moguće sagledati od strane donosioca odluka jednako kao i manje poplave velike verovatnoće dešavanja, a što je rezultat koji generiše funkcija očekivane vrednosti. Navedena dva slučaja su daleko od toga da budu srazmerna ili jednaka (Šotić, 2015). Hidrotehnički tunel se ne projektuje za srednju vrednost protoka već za njegovu maksimalnu, ekstremnu vrednost, most ne za srednje saobraćajno opterećenje. Tradicionalna očekivana vrednost, koja odgovara rizicima svih opsega težine štete, predstavlja samo centralnu tendenciju štete.

Haimes (2009) navodi da je relativni značaj verovatnoće i posledica ovim iskrivljen, i da se time maskira kritičnost ekstremnih događaja, za šta pruža primer proloma brane. Slično njemu, i Aven (2010) kritikuje ovaj tip definicije sa sličnim obrazloženjem. Za sagledavanje rizika od ekstremnih događaja pri rešavanju višeciljnih problema probabilističke prirode, koje nije moguće obuhvatiti tradicionalnom definicijom, razvijene su druge metode, poput metode deljene višeciljne analize rizika (Asbeck, 1984) ili Zimmerman i Bier (2002), kojima se određuju uslovno očekivane vrednosti rizika.

Sumirajući, može se reći da je očekivana vrednosna formulacija korisna samo u najjednostavnijim slučajevima (Dulac i dr., 2005), i kada su verovatnoće gubitka i

posledice poznati. Osim kod najjednostavnijih teoretskih slučajeva, nemoguće je znati i tačnu verovatnoću i tačnu posledicu događaja iz realnog sveta.

II.2.1.3 Definicija rizika u standardizaciji

Slična stvar sa Kaplanovom anegdotom o definisanju rizika ponovila se i desetak godina kasnije. Od 3 godine predviđene za usvajanje standarda za upravljanje rizikom ISO 31000 (ISO, 2009a), bilo je potrebno 2 godine kako bi se samo sačinio „dogovor” o definiciji rizika, potom dosta kritikovan i svakako ne opšte prihvaćen.

Standard definiše rizik kao dejstvo neizvesnosti na ciljeve (ISO, 2009b). Standard navodi da sve aktivnosti pojedinih organizacija uključuju rizik. Organizacije upravljaju rizikom tako da identifikuju, analiziraju ga i onda procenjuju da li na rizik treba da se utiče tretiranjem rizika kako bi zadovoljili svoje kriterijume rizika. Tokom ovog procesa, organizacije komuniciraju i konsultuju se sa zainteresovanim stranama, i prate i analiziraju rizik i mere kojim se utiče na rizik kako bi se osiguralo da dalje tretiranje rizika nije potrebno. Standard pokušava da razjasni neka od ovih pitanja preko pet napomena:

1. Dejstvo (efekat) je odstupanje od očekivanog - pozitivno i/ili negativno.
2. Ciljevi mogu imati različite aspekte (kao što su finansijski, zaštita na radu, kao i ekološki ciljevi), a mogu se primeniti na različitim nivoima (kao što su strateški, širom čitave organizacije, na nivou projekta, proizvoda i procesa).
3. Rizik se karakteriše u odnosu na potencijalne događaje i posledice, ili njihovom kombinacijom.
4. Rizik se izražava u smislu kombinacija posledica događaja (uključujući i promene okolnosti) i povezanih verovatnoća nastanka.
5. Neizvesnost je stanje, čak i delimično, nedostatka informacija u vezi sa, razumevanjem ili znanjem, događajem, njegovom posledicom, odnosno verovatnoćom.

Pored pobrojanog, standard navodi da je „nivo” rizika kombinacija posledica i njihovih verovatnoća.

Aven (2011) uz saglasnost da rizik svakako ima veze sa neizvesnošću iznosi i kritički osvrt i pita se da li je rizik baš posledica neizvesnosti? Ili je pre posledica postojanja opasnosti ili uzroka ili izlaganja opasnosti? Rizik se odnosi na ciljeve, ali ako nema

definisanih ciljeva da li nema rizika? Nema sumnje da ova definicija može da dovede do brojnih različitih tumačenja. Takva definicija nije dovoljno precizna, što je trebao da bude njen prevashodni zadatak, čime joj se svrha svakako može dovesti u pitanje. Adams (2007) primećuje da su napomene brojne zato što definicija nije precizna. Uz napomenu 2 objašnjava se da je rizik posledica organizacionog podešavanja i ostvarivanja ciljeva naspram neizvesnog okruženja. Ova definicija se dalje koristi da upravljanje rizikom opiše kao proces optimizacije koji čini verovatnijim postizanje ciljeva (Purdy, 2010). Leitch (2010) takođe kritikuje standard, uključujući i definiciju rizika, jer misli da nije jasan, nije matematički zasnovan i ima malo toga da kaže o verovatnoći, podacima i modelima.

Johansen (2010) je takođe kritična prema ovoj definiciji, i zapaža da je rizik zamišljen kao funkcija neizvesnosti. Ovo nedovoljno prikazuje da rizik ne obuhvata samo neizvesnosti, već i posledice. U vezi sa potencijalnim posledicama, svi ciljevi naizgled predstavljaju rizik. To je zbog toga što je njihovo ispunjenje svojstvo budućnosti i stoga je neizvesno. Pozivajući se na reči Luhmann-a (1991), ona navodi da ciljevi podrazumevaju posledice nekakve vrste, jer omogućavaju da se napravi razlika između ostvarivanja ili ne ostvarivanja cilja. Ipak, fokus pažnje nije kvalitet ciljeva, kao takvih, već kako neizvesnost utiče na njih. Najvidljivija slabost ISO (2009a) definicije je jednostavno njena neizvesnost. Šta je dejstvo (efekat) i kako se meri? Šta je uopšte cilj ako ima više interesnih strana i ko ga definiše?

Sa druge strane, uvođenje pojma „cilja” u definiciju rizika je prvo te vrste. Da li se ima pravo (ili da li se dopušta) da različiti sistemi i organizacije imaju različite ciljeve? Da li je cilj svakog vodovodnog sistema ili organizacije da smanjuje gubitke vode ili da rekonstruiše vodovodnu mrežu? I da li je legitimno ako to nije slučaj? Kako se određuju i strukturiraju ciljevi? Kojim rizicima su izloženi vodovodni sistemi? Ovaj rad ima za zadatak da pronađe okvir koji bi dao zadovoljavajuće odgovore na ova pitanja.

Na tragu principa organizacija za standardizaciju, tehnički propisi DVGW W1001 (2008), DVGW W1002 (2008) i standardi za upravljanje rizikom EN 15975-1 (2011) i EN 15975-2 (2013) navode definicije rizika koje su namenjene sistemima za snabdevanje vodom za piće. Razmatranjem definicije navedenog standarda moguće je primetiti da se definicijom navode:

- opasan događaj, odnosno verovatnoća tog događaja,
- posledica, odnosno ozbiljnost posledica, što se može shvatiti da se odnosi na prethodno pomenut opasan događaj.

Složenost i sofisticiranost problema može da se sagleda u tome da jedna vrsta opasnog događaja može da uzrokuje čitav spektar posledica različitih težina, već u zavisnosti koliko odgovarajuće se na njega reaguje. U takvom svetlu, verovatnoća pojave opasnog događaja koja se uvek spreže samo sa jednom težinom posledice može da pruži krivu sliku o problemu koji se razmatra. Iako je reč o dokumentu iz sistema ISO standarda, EN definicija nije u skladu i odstupa od ISO definicije rizika (zapravo definicije „nivoa” rizika), i govori o opasnim događajima, što nije slučaj sa ISO definicijom.

II.2.1.4 Percepcija rizika

Kvantitativna definicija rizika ne razmatra društvenu ulogu rizika i ne uzima u obzir vrednosno prosuđivanje (Slovic i Weber, 2002). Kaplan i Garick (1981), međutim, naglašavaju da je jasan i kvantitativan način izražavanja rizika od suštinske važnosti za racionalno donošenje odluka. Ukoliko takva definicija ne postoji, kako kažu, nije moguće da se pravilno vaga rizik zajedno sa ostalim troškovima i koristima u procesu donošenja odluka. Međutim, čak i ako je rizik kvantitativno izražen, u procesu donošenja odluka treba uzeti u obzir percepciju rizika.

U polemici oko subjektivnosti i objektivnosti rizika postoje dve krajnosti. Jedna krajnost je da rizik postoji nezavisno od naše percepcije (Rosa, 1998). Neki rizici su neosporno stvarni, bez obzira na našu percepciju za njih. Pojedini autori veruju da rizik može biti objektivno identifikovan i procenjen, lišen predrasuda i sociološkog oblikovanja. U središtu ove perspektive su tehnički procenjivači rizika, koji svoje ocene smatraju potpuno objektivnim i neutralnim. Istinsko znanje dobija se od rizika koji je pravi, pa time garantuje racionalno upravljanje rizikom (Shrader-Frechette, 1991).

Kaplan i Garick (1981) navode kasnije publikovan stav Jaynes-a (2003) da je zadatak verovatnoće „subjektivan” u smislu da opisuje stanje znanja, a ne svojstvo „realnog” sveta, ali je potpuno „objektivan” u smislu da je nezavisan od ličnosti korisnika; dve

osobe koje imaju približno isti tezaurus znanja moraju nekom razmatranom problemu dodeliti iste verovatnoće.

Druga krajnost je da se kaže da je rizik isto što i percepcija rizika, kao što je predloženo od strane zastupnika kulturne teorije i konstruktivizma (Jasanoff, 1999). Rizik se poklapa sa percepcijom istog (Douglas i Wildavsky, 1982; Freudenburg, 1988; Rayner, 1992; Wynne, 1992). Beck (1992) zaključuje da je zbog rizika i rizika u znanju, percepcija rizika i rizik nisu različite stvari, već jedna te ista. Beck tvrdi da je razlika između rizika i percepcije rizika centralni naučni mit o stručnosti, prema kojoj populacija percipira rizike, a nauka ih određuje (tj. identifikuje i kvantifikuje) (Campbell i Currie, 2006).

Shrader-Frechette (1991) navodi da ne postoje rizici osim uočenog rizika. Mnogi rizici su realni jer donose realne posledice, ali do njihovog ispoljavanja rizik se samo percipira. Tragajući za potvrdom da je rizik svojstvo nikad osmotrene budućnosti, ova perspektiva sadrži neodgovorljiva filozofska pitanja. Da li to znači da opasnosti o kojima nemamo saznanja ne predstavljaju rizik? I mogu li dvoje ljudi koji doživljavaju sličnu situaciju imati drugačiji rizik? Prema Kaplan-u i Garrick-u (1981), odgovor na poslednje pitanje je potvrđan. Rizik zavisi od toga šta radite i šta znate i na taj način je relativan u odnosu na posmatrača.

Uloga percepcije rizika u upravljanju rizikom podrobno se raspravlja od strane Renn-a (1998) i Slovic-a (1987). Percepcija rizika je i sud koji interesne strane formiraju o karakteristikama i težini datog rizika, a njihova percepcija rizika će dodatno uticati na način na koji koriste informacije o riziku (Nordgard, 2010). Prihvatljivost datog rizika leži u „očima posmatrača”, pa je prema tome zavisna od interesnih strana (Slovic, 1998; Starr, 1969; Fischhoff i dr., 1981). Ono što jedna zainteresovana strana smatra da je prihvatljiv rizik može biti neprihvatljivo za drugu. Postoji nekoliko aspekata koji utiču na percepciju rizika interesnih strana. Starr (1969) ističe dva glavna aspekta; prvi je dobrovoljnost da se bude izložen riziku, a drugi su koristi koje se percipiraju od izloženosti riziku. Generalno, mnogo je lakše da se prihvati rizik koji je stvar ličnog izbora, nego rizik za koji osećate da je usmeren na vas. Takođe je mnogo lakše da se prihvati rizik od kojeg se ima lična korist. Covello i Sandman (2001) navode sveobuhvatan pregled aspekata koji utiču na percepciju rizika pojedinih interesnih strana.

II.2.1.5 Pouzdanost i rizik

Kvantitativna analiza rizika se, u pojedinim slučajevima, ako se pogrešno primenjuje, svodi na analizu pouzdanosti. Vremenom, svi ljudski proizvodi imaju neku vrstu otkaza. Pouzdanost se obično koristi za kvantifikaciju, od vremena zavisnog, otkaza sistema. Pouzdanost je važna kategorija probabilističke efektivnosti sistema (Đorđević, 1997). Dosadašnja praksa je pokazala da se čitav aspekt probabilističke efektivnosti, prilikom projektovanja hidrotehničkih sistema, razmatra vrlo oskudno i neadekvatno, što za posledicu ima realizaciju nedovoljno pouzdanih sistema, koje je potrebno naknadno menjati i dopunjavati (Dašić, 2003). Koncept pouzdanosti igra veliku ulogu u svakoj pojedinoj fazi životnog ciklusa vodovodnog sistema.

Pouzdanost, međutim, nije isto što i rizik. Verovatnoća nekog otkaza, i sa njim povezane posledice, uspostavljaju meru rizika. Nepouzdanost, kao mera verovatnoće da sistem ne ispunjava očekivane funkcije, ne uključuje posledice otkaza. Sa druge strane, kao mera verovatnoće (tj. nepouzdanosti) i ozbiljnosti (posledica) nepoželjnih efekata, rizik je reprezentativniji kao mera pri donošenju odluka. Zato, pouzdanost sistema ne može da bude osnova održivog merenja radi rapoređivanja resursa (Haimes, 2004).

Svakako da postoje razlozi za češću upotrebu analize pouzdanosti umesto analize rizika, kao i suštinska, funkcionalna opravdanja. Inženjeri su uvek bili posvećeni razmatranju izdržljivosti konstrukcija, raspoloživosti mašina, bezbednosti i funkcionalnosti različitih sistema. Koncept rizika kao mere verovatnoće i posledica (ili nepoželjnih efekata) otkaza razvio se tek nedavno. Suštinski, međutim, mnogi inženjeri ili donosioci odluka, i dalje teško prepoznaju dva različita koncepta sa različitim jedinicama, verovatnoćom i posledicama, spojena u jedan koncept nazvan rizik.

Projektovanje nasipa za zaštitu od poplava, na primer, može da objasni gornje navode. Projektni kriterijum „povratni period od 100 godina” znači da će se nasip projektovati za određeni vodostaj koji, prema očekivanju, neće biti prekoračen za više od jednom u svakih 100 godina. Ne uzimajući u obzir društveno-ekonomske posledice, kao što su ljudske žrtve i oštećenja imovine zbog visokog vodostaja koji će u nekom trenutku premašiti stogodišnju veliku vodu, odnosno držeći se isključivo tehničkog kriterijuma, projektanti ne uzimaju u obzir šira pitanja proisteklih posledica, to jest uticaj na širi

društveni aspekt. Sa druge strane, rešavanje višeciljne dimenzije koju donosi koncept rizika, zahteva mnogo složeniju saradnju i komunikaciju projekatnata i osoba koje donose odluke. Taj nasip može braniti poljoprivredne površine ili braniti urbano ili industrijsko područje. U ovom slučaju, neophodan je interaktivan proces kako bi se postigli prihvatljivi nivoi rizika, troškova i koristi (Šotić, 2015).

II.2.1.6 Umesto opredeljene definicije rizika

Iako je koncept razvijan tokom niza godina, pregled različitih literaturnih izvora pokazuje da nije došlo do približavanja ka interdisciplinarnoj definiciji rizika (Kaplan, 1991; Aven i Renn, 2009). Još uvek traje debata o tome kako treba da budu definisan rizik i o celishodnosti različitih definicija (Aven i Renn, 2009; Grøtan i dr., 2011; Johansen, 2010). Rizik se odnosi na buduće događaje i njihove posledice (Aven, 2008). Rizik je, tako, društveni objekt koji je pod uticajem mnogih predrasuda (Bohnenblust i Slovic, 1998). Ljudi su izmislili koncept „rizika” pa ne postoji takva stvar kao što je „realni rizik” ili „objektivni rizik” (Slovic, 1992). U kontekstu dvosmislenosti, rizik je danas postao parola (Johansen, 2010). To je predmet rasprave i analize, anksioznosti i spekulacije. Ali i bez obzira što definicije nikada nisu potpuno istinite ili netačne, one pružaju korisne alate za apstrakcije i razjašnjenja predmeta interesovanja (Rosa, 1998).

Jedna od najznačajnijih primedbi je da je rizik izvedena kategorija i da se o njemu ne može pričati direktno, a da se prethodno ne razmatraju opasnosti, posledice i drugi elementi svojstveni problemu koji se razmatra. Iako rasprava o različitim definicijama može biti na prilično filozofskom nivou, važno je da se bude svestan potencijalnih oprečnih tumačenja pojmova prilikom analize, procene i upravljanja rizikom. Jedan od mogućih načina za obuhvatanje rizika, možda iznenađujuće, je da se napravi otklon, od rizika kao koncepta, da se promeni paradigma, i da se problem posmatra sa nekog drugog stanovišta. Ovome će biti posvećeno poglavlje IV ove disertacije.

Autor se dvoumio da li da sačini rečnik pojmova koji bi (kao predložena konvencija) mogao da se koristi za neki naredni rad u ovom polju, i odlučio da zbog skromnosti svojih pretenzija na sebe ipak ne preuzima tu obavezu i odgovornost. Zbog uočenih mnogostrukih različitosti u definicijama i obrazloženjima, takav rečnik ne bi bio potpuno konzistentan sa svim korišćenim literaturnim izvorima, te ne bi mogao da bude

jednoznačno primenljiv u budućim istraživanjima drugih istraživača. Sama disertacija, međutim, predstavlja riznicu pojmova sagledvanih iz različitih perspektiva.

II.3 Okvir za razmatranje rizika i metode analize rizika

II.3.1 OKVIR ZA RAZMATRANJE RIZIKA

Ulazeći u jezičku čistoću, razmatranje se ne završava definicijom rizika, već se produžava i na njegov okvir, ali i dalje. Strukturiranje čitavog okvira za razmatranje rizika, pod kojim će se podrazumevati analiza rizika, procena rizika i upravljanje rizikom, je pod uticajem različitih perspektiva. Literatura takođe obezbeđuje više okvira za razmatranje rizika, naglašavajući različite aspekte koji treba da se uključe u pojam (Ale i dr., 2010).

Očigledan razlog za razmatranje rizika je da se zaštitimo od neke vrste štete, a u tom smislu IEC/ISO (2009) naglašava da je cilj upravljanja rizikom da kontroliše, spreči ili smanji gubitak života, bolesti, povrede, oštećenja imovine i posledične gubitke, i uticaj na životnu sredinu. Kaplan i Garrik (1981) ističu da u životu nismo u mogućnosti da izbegnemo rizik, već samo da biramo između rizika. Pošto ne možemo da eliminišemo sve rizike i stvorimo društvo bez rizika, moramo da napravimo odgovarajuće odluke u cilju postizanja prihvatljivog nivoa rizika. Dakle, odgovarajuće razmatranje rizika je od primarnog značaja za omogućavanje donošenja „dobrih” odluka u cilju postizanja prihvatljivog nivoa rizika.

Pojmovi „analiza rizika”, „procena rizika” i „upravljanje rizikom”, u zavisnosti od izvora i autora, povećavaju se i smanjuju kao koncepti, obuhvataju ili sadržavaju jedni u drugima. Neki autori i smernice ne prave razliku između analize rizika i procene rizika i imaju tendenciju da koriste pojam procena rizika i kada vrednovanje rizika nije deo postupka. Druge smernice definišu procenu rizika kao dodatak na vrednovanje rizika (Rausand, 2011). Lindhe (2008) napominje da opis upravljanja rizikom varira u zavisnosti od vrste rizika i konteksta, npr. čistih tehnoloških rizika ili rizika po ljudsko zdravlje. Sahlin-ova (2010), zbog svega navedenog, navodi da je upotreba pojmova analiza rizika i procena rizika dosta zbunjujuća.

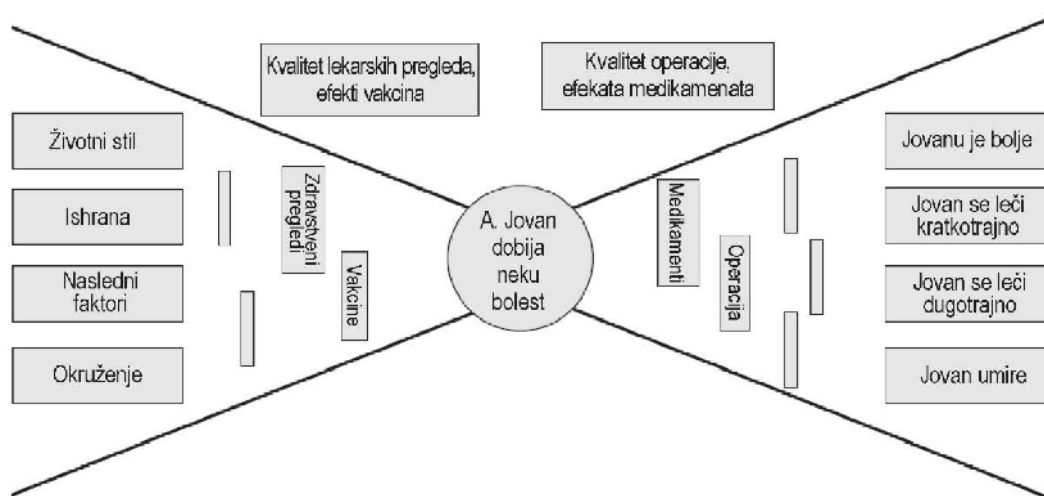
U priložima B1-B5 navode se pojedini detaljniji opisi ključnih primera okvira za razmatranje rizika, a u skladu sa namerama disertacije fokus je na pojmu analize rizika. Na ovom mestu pregledno se navodi da:

- Kaplan i Garrik (1981) analizu rizika definišu već navedenim referentnim pitanjima;
- Haimes (2009) pod analizom rizika podrazumeva ukupnost procesa procene i upravljanja rizikom;
- IEC/ISO (2009) definiše upravljanje rizikom kao ukupan proces, pri čemu analiza i vrednovanje rizikom čine procenu rizika;
- Aven (2008) analizu rizika vrlo ilustrativno predstavlja preko „slike rizika”;
- ISO (2009a) sličan je gore navedenom standardu, s tim što iz analize rizika izuzima identifikaciju rizika, koja joj prethodi.

Sa gore pobrojanim na umu, može se sa manje nespornosti učiti u komunikaciju o riziku.

II.3.2 SLIKA RIZIKA

Cilj analize rizika je da opiše rizik, odnosno da predstavi informativnu sliku rizika (Aven, 2008). U tom smislu, za predstavljanje takve slike Aven koristi „leptir-mašna” dijagram, slika 3, kojim ilustruje važne gradivne blokove rizika odnosno analize rizika.



Slika 3. Primer „leptir-mašna” dijagrama (prema Aven, 2008)

Neželjeni (ili opasni ili štetni) događaj smešten je u sredini dijagrama, i označen sa A. U datom primeru, događaj je da je osoba (Jovan) izložena određenoj bolesti. Važan zadatak u analizi rizika je da se identifikuju inicirajući događaji. Leva strana slike ilustruje uzročnu sliku koja može dovesti do događaja A. Desna strana opisuje moguće posledice događaja A.

Na levoj strani su barijere koje su uvedene kako bi se sprečilo dešavanje slučaja A; to su barijere za smanjenje verovatnoće ili preventivne barijere. Primeri takvih barijera su medicinski pregledi/ispitivanja, vakcinacija i ograničavanje izloženosti izvoru zaraze. Na desnoj strani su barijere koje sprečavaju da bolest (dogadjaj A) dovede do ozbiljnih posledica; to su barijere za smanjenje posledica. Primeri takvih barijera su lekovi i hirurški zahvati. Dešavanje A i performanse različitih barijera su pod uticajem niza faktora, tzv. faktora koji utiču na rizik ili faktora koji utiču na performanse. Primeri su: kvalitet lekarskih pregleda; efektivnost vakcina, lek ili operacija; ono što je poznato o bolesti i što je izaziva; način života, ishrana i nasleđe i geni.

„Leptir-mašna” dijagram, kako je prikazano, predstavlja sliku rizika, uzročno-posledične odnose, odnosno konceptualni model rizika.

II.3.3 METODE ANALIZE RIZIKA

II.3.3.1 O metodama analize rizika

Nakon pokušaja sagledavanja definicije rizika i okvira rizika, slično stanje u stručnim i naučnim krugovima je i u struktuiranju i pregledu metoda analize rizika. Jednostavno, različitost i divergentnost definicije i okvira nastavljaju da imaju uticaj i na njihovu primenu. Brojne nepotpune i nekonzistentne kategorizacije i podele mogu se ipak objasniti još uvek povišom ove naučne discipline. Opet, bez pretenzije za određivanjem „najboljeg” pregleda metoda, u Prilogu C, navodi se klasifikacija metoda analize rizika nekoliko autoritativnih izvora: Aven, Rausand, Ericson i ISO/IEC 31010.

Retko da postoji samo jedan „pravi” alat, metod ili model analize rizika za obezbeđivanje „ispravne” analize radi podrške donošenju odluka. Ne postoji nijedna metoda koja može da se obuhvati sve različite dimenzije problema datog rizika (Aven, 2008). Aven pored toga ističe da može biti potrebno da se izvrši nekoliko analiza rizika u nizu, najpre izvođenjem početne (i relativno jednostavne) analize, a zatim dubljih analiza gde je to moguće. Haimes (2004) navodi da kada se vrši modeliranje složenih sistema, međuzavisnih i međusobno povezanih, verovatno je da će se pojaviti više od jednog matematičkog ili konceptualnog modela. Svaki model se može fokusirati na pojedinom aspektu, i svi se oni mogu smatrati prihvatljivim predstavama sistema, čak iako svaki

predstavlja samo jedan pogled na sistem. Stoga, većinu, ako ne i sve važne i kritične izvore rizika moguće je identifikovati jedino kroz sistemski pristup. Ove osobine su od suštinske važnosti za identifikovanje i razumevanje izvora rizika. To je ključ za upravljanje rizikom, jer ukoliko strategija za smanjenje rizika ne uspe da obuhvati sve izvore rizika može biti neefikasna.

Složeni inženjerski sistemi, kakvi su sistemi za snabdevanje vodom, u kojima se ljudi suočavaju sa fizičkim sistemom, svakako da zahtevaju sistemski pristup i shvatanje načina na koje se ljudi bave sa takvom složenošću. U nastavku se, u cilju detaljnijeg razumevanja problema, daje pregled ključnih karakteristika induktivno-deduktivne i kvalitativno-kvantitativne klasifikacije metoda analize rizika.

II.3.3.2 Induktivne i deduktivne metode analize rizika

Metode analize rizika često su označene kao induktivne ili deduktivne metodologije (Bedford i Cooke, 2001; Kjellen, 2000; Ljungquist, 2005). Na primer, FMEA, ETA, HAZOP obično se navode kao primeri za induktivni pristup, dok se FTA navodi kao primer deduktivni pristup. Razumevanje kako da se pravilno koriste pojmovi induktivno i deduktivno često je zbunjujuće.

Vesely i dr. (1981) definišu indukciju time da predstavlja zaključivanje iz pojedinačnog slučaja do opšteg zaključka, dok dedukcija predstavlja zaključivanje od generalnog do specifičnog. Ukratko:

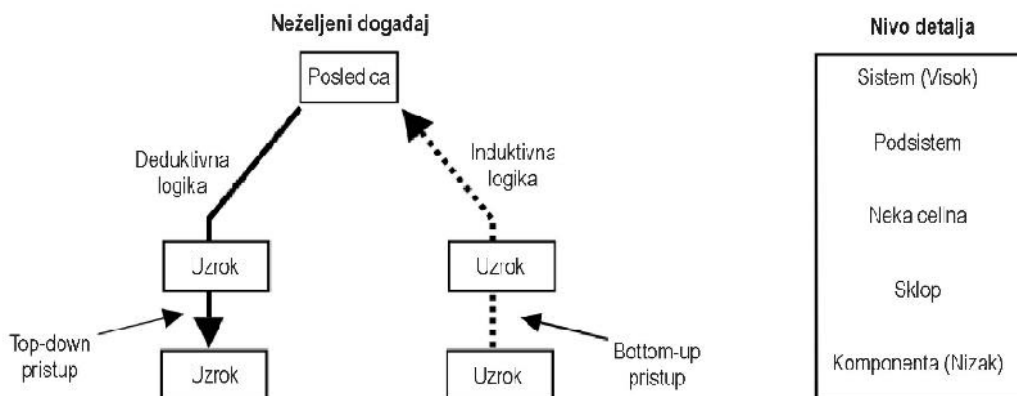
- induktivne metode se primenjuju da se utvrdi koja stanja sistema (obično stanja otkaza) su moguća, tj. počevši od inicijalnog događaja identifikuju se posledice,
- deduktivne metode se primenjuju da se utvrdi kako dato stanje (obično stanje otkaza) može da se javi, tj. počev od neželjenog događaja identifikuju se uzroci.

Ali, šta ovi pojmovi zaista znače, kako ih koristiti i kakvu nam vrednost daje njihova primena? Pre svega, pojmovi deduktivno i induktivno odnose se na modele logike. Generalno, deduktivno dolazi iz deduktivnog rasuđivanja, a induktivno dolazi iz induktivnog rasuđivanja.

Deduktivno zaključivanje je logički proces u kome se zaključak izvlači iz niza pretpostavki i ne sadrži više od uzimanja u obzir svih pretpostavki. Istina zaključka zavisi od pretpostavki; zaključak ne može biti pogrešan ako su istinite pretpostavke na kojima je zasnovan. U deduktivnom rezonovanju zaključak ne prevazlazi ili ne podrazumeva ništa više od pretpostavke na kojoj se zasniva. Induktivno zaključivanje je logički proces u kojem se predlaže zaključak koji sadrži više od posmatranja ili iskustva na kojem je zasnovan. Istina zaključka se može potvrditi samo u smislu budućeg iskustva, a izvesnost je onda ostvariva samo ako su ispitani svi mogući slučajevi. Zaključak induktivnog rezonovanja je širi i može da implicira da raspoloživi podaci mogu da pruže više od samo poznatih pretpostavki.

Prema tome, induktivna analiza može da zaključi više od podataka koje može da sadrži, što može da bude korisno za opštu identifikaciju opasnosti. To znači da analitičar može da pokuša da identifikuje opasnosti iz ograničenog znanja ili informacija kojima raspolaže. Na primer, kada analizira idejni projekat postrojenja za prečišćavanje, analitičar može da zaključi da nedostajanje odgovarajućeg regulativnog okvira može dovesti do značajne degradacije kvaliteta vode na izvoru i nemogućnosti postrojenja da se sa time izbori. Analitičar ovo ne zna izvesno; nema jasnih dokaza na raspolaganju, ali zaključak izgleda razumnim iz prošlog znanja i iskustva. U tom slučaju zaključak izgleda realan, ali je van svakog činjeničnog znanja ili raspoloživog dokaza u vreme analize; međutim, u gornjem primeru, na ovaj način, identifikovana je uverljiva opasnost. Deduktivna analiza bi zaključila ne više nego što to podaci pružaju, a tok analize bi išao u suprotnom pravcu.

Deduktivna i induktivna logika su svakako karakteristike analiza opasnosti. Induktivna analiza može da se koristi za širu identifikaciju opasnosti bez ulaženja u uzročne faktore, a deduktivna analiza može da pokuša da pronađe konkretne uzročne faktore za identifikovane opasnosti. Pri razmatranju rizika, induktivna analiza se generalno koristi za identifikaciju opasnosti (kada specifični uzroci nisu poznati ili dokazani), a deduktivna analiza za identifikaciju uzroka (kada se zna opasnost). Očigledno da postoji tanka linija između ovih definicija, jer su ponekad uzroci poznati od početka induktivne analize. To je razlog zašto se neke tehnike analize zapravo mogu kretati u oba smera, što je, na kraju, u skladu sa prirodom inženjerskog problema koje se rešava.



Slika 4. Odnos induktivne i deduktivne analize (prema Ericson, 2004)

Pojmovi koji se obično povezuju sa prirodom ovih analiza su analiza odozgo na dole (*top-down*) i analiza odozdo prema gore (*bottom-up*), slika 4. Generalno, *top-down* analiza znači otpočinjanje analize sa gornjeg nivoa sistema, na primer, za čitav sistem za snabdevanje vodom, i kontinualno ide naniže, na nivoe sa više detalja, sve dok se ne dostigne nivo diskretne komponente, kao što je cev. Analiza *bottom-up* kreće u suprotnom smeru. Ona počinje na niskom nivou sistema, kao što je komponenta cev, i ide naviše dok se ne dostigne gornji nivo sistema. Generalno, induktivno se kreće iz pojedinačnog ka opštem (*bottom-up*), odnosi se na dodavanje, sintezu, građenje, dakle nešto konstruktivno, intuitivno, napredno, perspektivno i pozitivno. Deduktivno ide iz opšteg ka pojedinačnom (*top-down*), odnosi se na oduzimanje, analizu, razlaganje, dakle nešto degradabilno, postulatивно, nazadno, retrospektivno i negativno.

Poenta ovog razmatranja je da analitičar rizika treba da bude svestan najpre problema koji rešava, a zatim i prirode navedenih vrsta tehnika, pošto zadatak koji se rešava nije pravolinijski već iterativan.

II.3.3.3 Kvalitativne i kvantitativne metode analize rizika

Za potrebe karakterizacije rizika razvijene su kvantitativne i kvalitativne metode analize rizika. Kvalitativni ili kvantitativni pristup jedan je od osnovnih karakteristika pojedine metode analize rizika (Aven, 2008; Gadd i dr., 2003; Bedford i Cooke, 2001; Kumamoto i Henley, 1996). Oba pristupa su korisna, ali svaki sadrži svojstvene i jedinstvene prednosti i nedostatke.

Kvalitativna analiza podrazumeva upotrebu kvalitativnih kriterijuma. Ovaj pristup koristi pojedine kriterijume da razdvoji (kategoriše) različite parametre, pri čemu kvalitativne definicije utvrđuju opseg za svaku kategoriju. Pojedine kategorije formiraju se na način da pruže kvalitativnu meru za najviše razumnu verovatnoću nastanka neželjenog događaja. Kvalitativni sudovi donose se prema nekoj kategoriji u koju se nešto može uklopiti. Kvalitativan pristup ima karakteristiku da bude subjektivan, ali i omogućava veću generalizaciju. Analitičar ocenjuje učestanost javljanja nekog događaja i dodeljuje odgovarajući indeks ili opis. Tako određena kvalitativna vrednost indeksa zatim se koristi u kvalitativnim analizama i procenama rizika. Na primer, pri proceni mogućnosti zagađenja akumulacije za snabdevanje vodom za piće verovatnoća da se to dogodi može da se kategoriše sa: gotovo neverovatno, malo moguće, moguće, veoma verovatno, gotovo izvesno, ili na neki drugi kvalitativni način, sa više ili manje kategorija. Merne skale mogu da budu nominalne, ordinarne, intervalne ili relacione. Prve dve skale karakterišu se ne-metričkim podacima, a potonje dve skale metričkim podacima, pa njihova upotreba metode karakteriše kao semi-kvantitativne.

Kvantitativna analiza uključuje upotrebu numeričkih ili kvantitativnih podataka u analizi i obezbeđuje kvantitativni rezultat. Prema nekim autorima, kvalitativan pristup je objektivniji i stoga precizniji. Međutim, treba napomenuti da kvantitativni rezultati mogu da budu pristrasni zbog izbora parametara modela i podesnosti i tačnosti ulaznih podataka. Iz tog razloga, kvantitativne rezultate ne treba posmatrati kao tačan broj, već kao procenu sa opsegom varijabilnosti u zavisnosti od kvaliteta podataka. Dalje razmatranje pojedinih aspekata primene kvalitativne analize navodi se u odeljku II.5 koje se posebno i detaljnije bavi kvantitativnom analizom rizika.

Kvalitativna karakterizacija rizika obezbeđuje veoma praktičan i efektivan pristup kada su u pitanju troškovi i vreme i/ili kada je raspoloživost potrebnih podataka na niskom nivou. Na primer, za početak sprovođenja analize ili za razmatranje rizika na početku razvoja nekog sistema, ovo je sasvim logičan, ako ne i jedini mogući izbor. Ključ za razvoj pristupa kvalitativne karakterizacije rizika je pažljivo definisanje ozbiljnosti i kategorija verovatnoće neželjenih događaja. Kvantitativna karakterizacija rizika je opredeljeni pristup kada se kao rezultat analize zahteva brojna vrednost. U nekim slučajevima postoji zahtev za numeričkim izražavanjem rizika, a jedini način da se

obezbedi dokaz je putem kvantitativne analize. Ovo važi za pojedine sisteme sa mogućim ozbiljnim posledicama neželjenih događaja (primeri iz nuklearne ili avio industrije), gde je potrebno da se utvrde individualni doprinosi pojedinih uzročnih faktora u ukupnoj verovatnoći dešavanja nesreće.

Pojedini autori za karakterizaciju rizika preferiraju kvalitativne metode, zbog toga što za veliki sistem sa mnogim opasnostima može postati previše zametno da se kvantitativno analizira i predvidi rizik za svaku pojedinu opasnost. Kvantitativne analize će možda biti potrebne da se sprovedu samo za nekoliko odabranih opasnosti sa ozbiljnim posledicama (Haimes, 2004). Iskustvo tokom godina je dokazalo da kvalitativne metode, ako se primenjuju na odgovarajući način, mogu da budu veoma efektivne i u većini slučajeva obezbeđuju mogućnost odlučivanja uporedivu sa kvantitativnim analizama.

Generalno važi da kada nešto može da se izmeri (kvantitativno) više se zna o tome, a samim tim bi numerički rezultati trebali da obezbeđuju veću vrednost. Ovo je uglavnom tačno; međutim, primena kvantitativnih metoda u naučnim razmatranjima ne sme biti i isključiva. Pored toga, u analizi rizika, precizna numerička tačnost nije uvek neophodna. Rizik nije lako predvideti korišćenjem verovatnoće i statistike u slučajevima kada uzročni faktori opasnosti još nisu dobro shvaćeni. U složenim sistemima, na primer, greške u projektovanju i interakcije komponenti sistema (Leveson, 2002) teško da uopšte i mogu da se opišu korišćenjem verovatnoće i statistike. Kvalitativne mere daju korisne i validne sudove za mnogo manje troškova od kvantitativnih mera, i one se mogu pribaviti mnogo ranije u životnom ciklusu razvoja sistema. Haimes (2004) predlaže da se sve identifikovane opasnosti procene prvo kvalitativno, a zatim da se za opasnosti visokog rizika sprovede kvantitativna analiza, u slučajevima kada se na tome insistira.

Skogdalen (2011) navodi da izbor metode treba da bude u skladu sa prirodom problema koji se razmatra. Tako, na primer, infrastrukturni sistemi su antropogene strukture sa karakteristikama svesnog kontrolisanja odnosa uzroka i posledica prilikom osmišljavanja i funkcionisanja. Ovo je u suprotnosti sa funkcijama u prirodnim sistemima. O ovome piše i Haimes (2004). Sistem, i njegova složenost, takođe može da bude podeljen u statički (ili fizički), i konceptualni (ili dinamički) deo. Fizički sistemi se sastoje od fizičkih komponenti, dok su konceptualni sistemi neka vrsta organizacije ideja ili skup specifikacija i planova. Bilo koji pokušaji da se analiziraju različiti aspekti rizika u

infrastrukturnim sistemima treba da uzmu u obzir složenu perspektivu sistema. Naučna osnova analize rizika se ne može zasnivati pozivanjem samo na kriterijume iz tradicionalnih naučnih oblasti u izolaciji, npr. samo iz prirodnih ili samo iz društvenih nauka. Naučno utemeljenje ove disertacije stoga su i prirodne i društvene nauke. U društvenim naukama, češće se koriste kvalitativne metode nego u prirodnim naukama, koje tradicionalno naglašavaju objektivnost i kvantifikaciju.

U svakom razmatranju rizika postavlja se pitanje mere i prihvatljivosti parametara, posebno kod kvantitativne analize. Uvek postoji opasnost da će pojedini donosioci odluka i analitičari rizika postati toliko udubljeni u verovatnoću i statistiku da će ignorisati i neke značajnije procese. Na primer, u vodovodnoj mreži, znatan broj detaljnih istraživanja posvećen je utvrđivanju stepena kvarova cevi korišćenjem različitih modela verovatnoće i predlaganju modela starenja vodovodne mreže, a da bar manja pažnja nije posvećena suštinskoj uzročnosti dešavanja tih kvarova i preporukama za uključivanje očiglednih saznanja u tekuću praksu vodovodnih kompanija (na primer, kontrola kvaliteta izrade posteljice cevovoda). U svakom slučaju, pre nego što se krene u određenom pravcu, potrebno je biti siguran da su ograničenja i principi oba pristupa dobro shvaćeni, kao i potrebe analize koju treba sprovesti.

SPECIFIČNI POJMOVI O RIZIKU

II.4 NEIZVESNOST

U dosadašnjim razmatranjima rizika više puta je spominjana neizvesnost, zbog čega će se u ovom odeljku detaljnije osvetliti sam pojam i vrste neizvesnosti, a spomenuće se i pojedina istraživanja u sektoru voda koja su se njome bavila.

II.4.1 Definisanje pojma

Neizvesnost je nedostatak znanja o nepoznatim vrednostima (Aven, 2008). Neizvesnost je definisana kao stepen neznanja (Beven, 2009), stanje nepotpunog znanja (Cullen i Frey, 1999), nedovoljna informisanost ili udaljenje od nedostižnog stanja potpunog determinizma (Walker i dr., 2003). Cooke i Goossens (1999) navode da je neizvesnost ono što nestaje kada postanemo sigurni. U praktičnim naučnim i inženjerskim kontekstima, izvesnost (sigurnost) se ostvaruje kroz posmatranje, a neizvesnost je ono što se uklanja posmatranjem. Otuda se neizvesnost bavi rezultatima mogućih posmatranja.

Često postoji neizvesnost o tome da li će ili neće opasnost dovesti do negativnih posledica (to jest, da li će potencijalnost biti pretvorena u stvarnost). Neizvesnost može da bude kvantifikovana verovatnoćom (Bedford i Cooke, 2001). Kaplan i Garrick (1981) kažu da se u izvesnom smislu može tvrditi da je probabilistički deo rizika izraz neizvesnosti. Poreklo rizika proističe iz neizvesnosti u ishodima. Događaj za koji je izvesno da će se desiti nije povezan sa rizikom, već je definitivan ishod izvestan. Ako bi bilo moguće tačno predvideti buduće ponašanje sistema, rizika ne bi bilo.

Naučna literatura sadrži mnoge definicije, opise i tipologije neizvesnosti. Ova slika se dalje komplikuje različitim rečnicima koji koriste različita imena za istu stvar, a povremeno isto ime za različite stvari (Hayes, 2011). Analiza neizvesnosti ima za cilj utvrđivanje neizvesnosti u rezultatima analize koja proizilazi iz neizvesnosti u analizi ulaznih podataka (Helton i Oberkampf, 2004). Analiza neizvesnosti treba da bude sastavni deo postupka odlučivanja kada su prisutne sledeće odlike (Cooke i Goossens, 1999):

- donošenje odluka je podržano kvantitativnim modelima,
- modeliranje je povezano sa potencijalno velikim neizvesnostima.

II.4.2 Vrste neizvesnosti

Prethodno je konstatovano da ljudi podrazumevaju veoma različite stvari kada koriste reč „rizik”. Jedan od načina da se reši ovaj problem bio bi da se insistira na tome da svako koristi definicije koje se nalaze u konvencijama ili u standardima (za rizik). Međutim, kako smo videli, ove definicije se obično predlažu od strane grupe stručnjaka koji bi trebalo da budu jasni, da kažu šta misle i da misle ono što kažu, ali je stvarnost u ovom slučaju potpuno na drugoj strani. Zbog takve stvarnosti, analitičari se oslanjaju na sopstvene ideje o riziku, koje mogu da budu ograničene ili obmanjujuće.

Jedan od uobičajenih zabluda o riziku je da se odnosi samo na neizvesne događaje koji bi se mogli dogoditi u budućnosti. Ograničenje je delom nastalo iz upotrebe pojma „rizičnog događaja” kao skraćenice za sve vrste rizika, što je dovelo mnoge analitičare da misle samo na neizvesne buduće događaje. Naravno da rizik uključuje neizvesne buduće događaje, ali se rizik takođe mora usmeriti i na druge vrste neizvesnosti. O čemu je ovde reč? Pored neizvesnih budućih događaja postoji još nekoliko tipova neizvesnosti kojima se uglavnom bavi literatura, a koji se dole navode. Korišćenje alternativnih reči i izraza da se opišu različite vrste neizvesnosti ima za cilj da pomogne da se naredno objašnjenje što potpunije shvati.

II.4.2.1 Epistemska neizvesnost

Prvo, postoji nejasnost gde je neizvesno to šta može da se desi, ako se nešto desi. Na primer, u akumulaciji za snabdevanje vodom za piće neizvesno je šta može da se desi što može da ugrozi korišćenje tog resursa, ne znamo kada će da se desi i kakve prirode će biti. Drugo ime za nejasnost je saznajna (epistemska) neizvesnost, koja proističe iz nesavršenog znanja. Ovu neizvesnost pojedini istraživači opisuju i kao:

- neizvesnost zbog nedostatka znanja o fizičkim procesima ili nepotpunosti znanja (Bae i dr., 2004; Ale, 2009; Stamatelatos i Dezfuli, 2011),

- neizvesnost znanja koja proizilazi iz nedostatka našeg znanja o ponašanju fizičkog sveta; takođe se naziva i funkcionalna, unutrašnja ili subjektivna neizvesnost ili nekompletnost (Samuels i dr., 2010),
- neizvesnost o poznatom parametru, npr. poznatoj nepoznatoj. Shvata se da postoji rizik, ali je neizvesno koliki je (Squair, 2014).

II.4.2.2 Aleatorska neizvesnost

Drugo je promenljivost (varijabilnost), kada postoji neizvesnost oko nekih ključnih karakteristika planiranog događaja ili aktivnosti ili odluke. Na primer, planira se sprovođenje testiranja novoizrađenog bunara, ali nismo sigurni koliko dugo će test trajati, koliko će brzo doći do ustaljenja nivoa podzemnih voda, ili primer u vezi sa potrošnjom vode u vodovodnom sistemu. Praktičari rizika ponekad to zovu slučajna (aleatorska) neizvesnost, gde je moguć niz ishoda, ali nismo sigurni koji zaista može da se desi. Ovu neizvesnost pojedini istraživači opisuju i kao:

- neizvesnost zbog prirodnih varijabilnosti fizičkih procesa ili slučajnog ponašanja sistema (Bae i dr., 2004; Ale, 2009; Stamatelatos, 2011),
- prirodnu varijabilnost koja proizilazi iz inherentne varijabilnosti stvarnog sveta; takođe se naziva i eksterna, inherentna, objektivna, slučajna, stohastička, neuništiva, fundamentalna, ili neizvesnost „stvarnog sveta” (Gouldby, 2009),
- mi rizik znamo i znamo da znamo; tamo gde postoji slučajnost, ista se shvata i karakteriše u potpunosti (Squair, 2014).

II.4.2.3 Ontološka neizvesnost

Treći tip se obično naziva nepoznate nepoznanice, iako bi bolji naziv bio neznane-nepoznanice (i njihov odgovarajući naziv je spoznajna (ontološka) neizvesnost. Ona nastaju od ograničenja u našim konceptualnim okvirima ili pogledima na svet, i u vezi su sa rizicima koje ne vidimo, jer ne znamo da treba da ih tražimo. Ovu neizvesnost pojedini istraživači opisuju i kao:

- neidentifikovane praznine i nedostaci u našem razumevanju, nepoznate nepoznanice; mi ne znamo koliko rizika postoji, a mogu biti neizvesne i prisutne različite vrste rizika (Squair, 2014).

Pri obrazlaganju načina na koji odlučujemo Kaplan i Garick (1981) su naveli anegdotu o zmiji, što je lep primer ontološke neizvesnosti. Neki ljudi su stavili zvečarku u čovekovo poštansko sanduče. Kada bi pitali tog čoveka: „Da li je rizik da se stavi ruka u poštansko sanduče?” On bi rekao: „Naravno da ne.” Mi međutim, sa znanjem o zmiji, rekli bi da je zaista veoma rizično.

II.4.2.4 Lingvistička neizvesnost

Četvrto je lingvistička neizvesnost, kao važan ali često previđan izvor neizvesnosti u proceni rizika (Hayes, 2011). Lingvistička neizvesnost je važna jer je prisutna u jezički zasnovanim metodama (na primer, upitnici, iskazivanje mišljenja) na koje se oslanja QRA u proceni i komuniciranju rizika (Carey i Burgman, 2008). Ona se previđa zbog toga što u mnogim taksonomijama neizvesnosti (Beck, 1987; Pate-Kornel, 1996; Walker i dr., 2003), standardima za procenu rizika i drugim publikacijama sa smernicama o riziku nema pomena o tom izvoru neizvesnosti. Uz to Cooke (1999) navodi da su neizvesnost i dvosmislenost dve različite kategorije, te da se dvosmislenost ima uklanjati jezičkim konvencijama, što je lakše reći nego ostvariti. Lingvistička neizvesnost nastaje zbog toga što jezik, i naša upotreba jezika, nije precizna. Regan i dr. (2002) identifikovali su pet vrsti jezičke neizvesnosti:

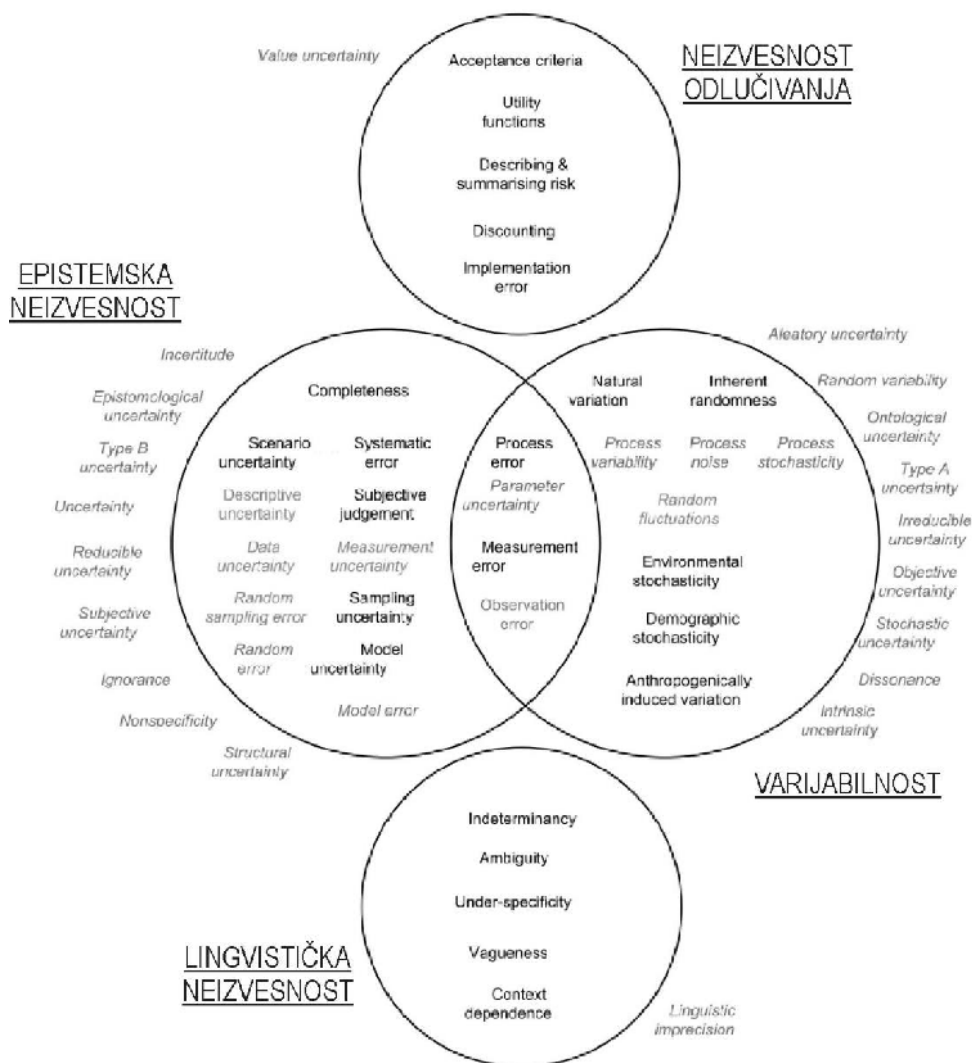
- maglovitost,
- zavisnost konteksta,
- dvosmislenost,
- neodredivost,
- pod-specificiranost.

U samom uvodu ove disertacije navedeni su primeri lingvističke neizvesnosti oko značenja pojma rizik, koji se meša sa pojmovima opasnost, verovatnoća ili posledica. U primeru ove disertacije, pokazaće se da je lingvističko shvatanje ili tumačenje pojma „vodozahvat” imalo značajnog udela u razvoju neželjenog događaja.

II.4.2.5 Izvori (uzroci) neizvesnosti

Hayes (2011) je sproveo veoma detaljnu analizu uzroka neizvesnosti, a rezultati mapiranja neizvesnosti se prikazuju na slici 5. Za uzroke epistemske neizvesnosti Hayes navodi:

- neizvesnost modela,
- potpunost,
- neizvesnost scenarija,
- subjektivni sud,
- sistematska greška,
- neizvesnost merenja,
- neizvesnost uzorkovanja.



Slika 5. Četiri široke kategorije neizvesnosti (prema Hayes, 2011)

Kumamoto i Henley (1996), AIChE (2000), Ferdous i dr. (2006) i Schultz (2008) sa druge strane navode da se ukupna neizvesnost može uneti bilo kojim od tri izvora klasifikovanih kao: i) neizvesnost podataka, ii) neizvesnost modela, i iii) neizvesnost kvaliteta, slika 6. Neizvesnost kvaliteta odnosi se na kompletnu i sveobuhvatnu procenu opasnosti, uključujući identifikaciju i opis njihovih odnosa u razvoju stabla otkaza i događaja.



Slika 6. Izvori neizvesnosti (prema Ferdous i dr., 2006)

Ale (2009) navodi da su izvori, ne ukupne već samo, epistemske neizvesnosti:

- neizvesnost modela (ili strukturna neizvesnost), zbog pojednostavljenja ili nedostatka realizma u formulisanju modela; veoma ju je teško kvantifikovati, osim upoređivanjem nezavisno proizvedenih modela;
- neizvesnost uzorkovanja (ili parametarska neizvesnost), koja se sastoji iz:
 - o obima podataka; proizilazi iz činjenice da su na raspolaganju relativno mali skupovi podataka (a ponekad i bez potpunih zapisa o događajima). Za kvantifikovanje ove vrste neizvesnosti raspoložive su standardne matematske tehnike;
 - o reprezentativnosti podataka (ili pristrasnost); nastaje ako izabrani podaci ne odgovaraju razmatranom problemu, na primer mogu biti zastareli ili samo iz nekih (ne svih) domena. Kada se shvate ovi uticaji, mogu se napraviti korekcije radi smanjenja njihovih efekata;
 - o tumačenja podataka; nastaje zbog toga što se događaji ne shvataju u potpunosti ili nisu jasno povezani sa modelom. Ovo je opet veoma teško kvantifikovati, osim od strane nezavisnih procena dostupnih podataka.

II.4.2.6 Rezime o vrstama neizvesnosti

U inženjerskim analizama rizika obično se prepoznaju samo aleatorska i epistemska neizvesnost (Apostolakis, 1990; Helton i Burmaster, 1996). Aleatorska neizvesnost odnosi se na varijacije u populacijama, a epistemska neizvesnost na nedostatak znanja o fenomenu. Dok epistemska neizvesnost može da se smanji, aleatorska neizvesnost ne može, i zbog toga se ponekad naziva nesmanjiva neizvesnost (Flage, 2010; Helton i Burmaster, 1996).

Rezimirajući ovaj odeljak, a imajući u vidu kontekst ovog rada, citira se Dulac (2005) koji navodi da u složenim inženjerskim sistemima postoje mnogi izvori neizvesnosti. Svaka disciplina koristi svoju sopstvenu definiciju neizvesnosti, ali da bi proučili složene inženjerske sisteme, dovoljno je neizvesnost podeliti u četiri različita tipa, kao što je predložio Hastings (2004) i ilustrovao na slici 7:

- dvosmislenost se odnosi na nepreciznosti u vezi sa terminima i izrazima koji se koriste u ljudskoj komunikaciji,
- aleatorska neizvesnost je povezana sa varijacijama suštinski povezanih sa fizičkim sistemom,
- epistemska neizvesnost se odnosi na nedostatak informacija o nekim karakteristikama sistema,
- neizvesnost interakcija nastaje na preseku komponenti sistema, ili disciplinskih područja, kada se dobro shvata ponašanje pojedinih komponenti ili disciplina, ali ne i interakcije između njih; ova taksonomija naglašava da neizvesnost proističe iz nedostatka informacija o budućem ponašanju sistema.



Slika 7. Taksonomija neizvesnosti za inženjerske sisteme (prema Hastings, 2004)

Kategorizacija i objašnjenja neizvesnosti nisu svrha same po sebi, već svakako da treba da utiču na i uobičajenu metodologiju analize rizika, što je postavljeni cilj istraživanja, a što će se uzeti u obzir daljim razmatranjima.

II.4.3 Neizvesnost u sektoru voda

U sektoru voda, neizvesnost je razmatrana od strane brojnih istraživača kao jedna od njegovih inherentnih karakteristika. Neizvesnosti treba uzeti u obzir prilikom svih faza životnog ciklusa sistema za snabdevanje vodom za piće.

Uobičajene neizvesnosti sa kojima se susreće sistem za distribuciju vode Korving i dr. (2002) predstavljaju na slici 8. Mehanička neizvesnost odnosi se na kvar komponente (obično cevi), dok je hidraulička neizvesnost uzrokovana faktorima kao što su hrapavost cevi i promeljivi zahtevi za vodom. Ove hidrauličke neizvesnosti određene su starenjem sistema, klimatskim promenama i porastom populacije, koji zahtevaju da sistem funkcioniše sa promenljivim kapacitetima, kako bi se ispunili postavljeni zahtevi. Izbor scenarija potreba i drugih parametara sistema može biti posebno subjektivan; i može biti izrazito uticajan na rezultate, pa je kritičan njihov odgovarajući izbor (Walski, 2001). Savić (2006), Kapelan i dr. (2005), Babayan i dr. (2007), Hutton i dr. (2014) pretežno su istraživali neizvesnost pri modeliranju vodovodnih sistema, usmeravajući pažnju na neizvesnost zahteva za vodom i hrapavost cevovoda, koje su i predmet razmatranja nedavnog evropskog projekta „PREPARED” (Hutton i dr. 2011).



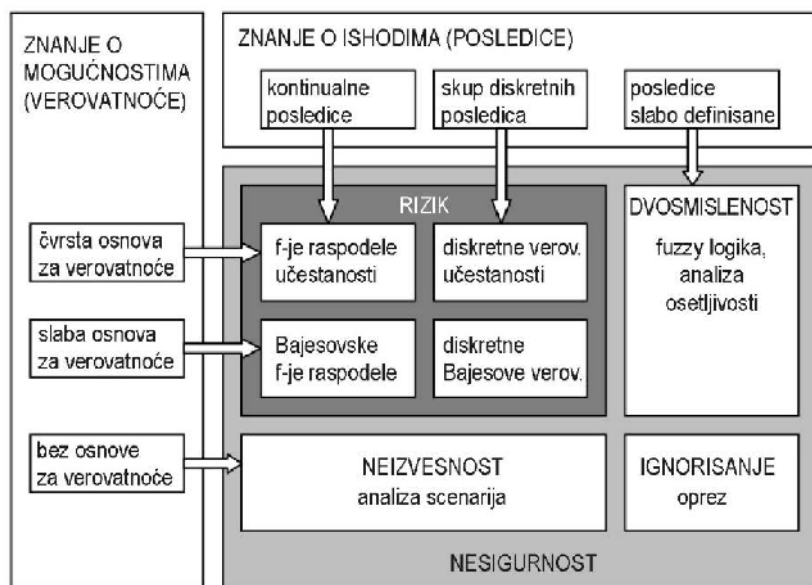
Slika 8. Pod-kategorije VDS neizvesnosti
(prema Korving i dr., 2002)

U upravljanju rizikom od poplava često je prilično teško određivanje verovatnoće i posledice važnih događaja (Samuels i Gouldby, 2009). Većina inženjerskih neuspeha nastaje iz složene i često jedinstvene kombinacije događaja, a statistički podaci o njihovoj verovatnoći i posledicama mogu biti nedovoljni ili uopšte neraspoloživi. Pod takvim okolnostima inženjer mora da koristi modele i ekspertske sudove:

- modeli će neminovno biti nepotpuni prikaz realnog sistema i tako će generisati rezultate koji su inherentno neizvesni,
- eksperti sud je subjektivan i inherentno neizvestan jer se zasniva na mentalnim modelima i ličnom iskustvu, razumevanju i verovanju o situaciji; ne postoji takva stvar kao objektivna nauka (Shrader-Frechette, 1991), a vrednosti naučnika utiču na naučni ishod.

Shodno navedenom, u praksi će svaka mera rizika imati inherentnu neizvesnost. U stvari, i kod sistema za snabdevanje vodom, naučni rad na utvrđivanju prirode kvarova na vodovodnoj mreži je pun predrasuda i subjektivnog suda, kao što su one koje parametre modela uključiti u model starenja mreže (da li i kako uključiti dinamiku saobraćajnog opterećenja, režim pumpanja, i slično).

Pollard (2005) navodi da u vodovodnim sistemima postoje mnogi koncepti upravljanja neizvesnošću u organizacijama, od korišćenja standarda, inženjerskog suda i dobre prakse kroz primenu kompanijskih vrednosti i korporativnih kultura na bezbednost i rizik. Analiza rizika ima važnu funkciju u odlučivanju gde je verovatnoća realizacije rizika značajna i neizvesna i gde se ishodi i posledice prilično dobro shvataju, slika 9.



Slika 9. Pristupi u rešavanju neizvesnosti, rizika i neznanja u donošenju odluka (prema Stirling, 2001)

Neuspeh pojedinih strategija upravljanja vodovodnim sistemima zbog propuštenih važnih neizvesnosti u predviđanjima nije dobar za poverenje u nauku ili donosiocce odluka (Clark

i dr., 2001; Regan i dr., 2005). Fokus napora, u tom smislu, pre treba da bude usmeren na uzroke neizvesnosti, npr. na pribavljanje nedostajućih podataka o sistemu (GIS sistem), uspostavljanje sistema za beleženje nezgoda i nesreća, posledica neželjenih događaja i slično, i kako da se reše i komuniciraju neizvesnosti pri predviđanju. Naučno zasnovan prediktivni sistem treba da bude transparentan, otvoren za pregled i evaluaciju eksperata, da počiva na logičkom okviru i da bude ponovljiv (NRC, 2002). Predviđanju sa neizvesnošću zbog toga može da se priđe sa analizom rizika koja ima za cilj da obezbedi informacije za donošenje odluka koje se oslanjaju na naučne principe i znanja (NRC, 2002; Aven i Kristensen, 2005).

Razmatranjem neizvesnosti u procesu donošenja odluka može da se nadoknadi nedostatak znanja, čime se obezbeđuju dodatne informacije na kojima mogu da se zasnivaju odluke. Kroz istraživanje izvora neizvesnosti, inženjer ili donosilac odluke postaje u stanju da identifikuje neizvesnosti koje najviše utiču na konačan ishod i da ka njima usmeri svoje resurse. Razumevanjem izvora i značaja neizvesnosti unutar naših odluka, trebalo bi da budemo u stanju da činimo bolje izbore (Samuels i Gouldby, 2009).

II.5 KVANTITATIVNA ANALIZA RIZIKA

II.5.1 O kvantitativnoj analizi rizika

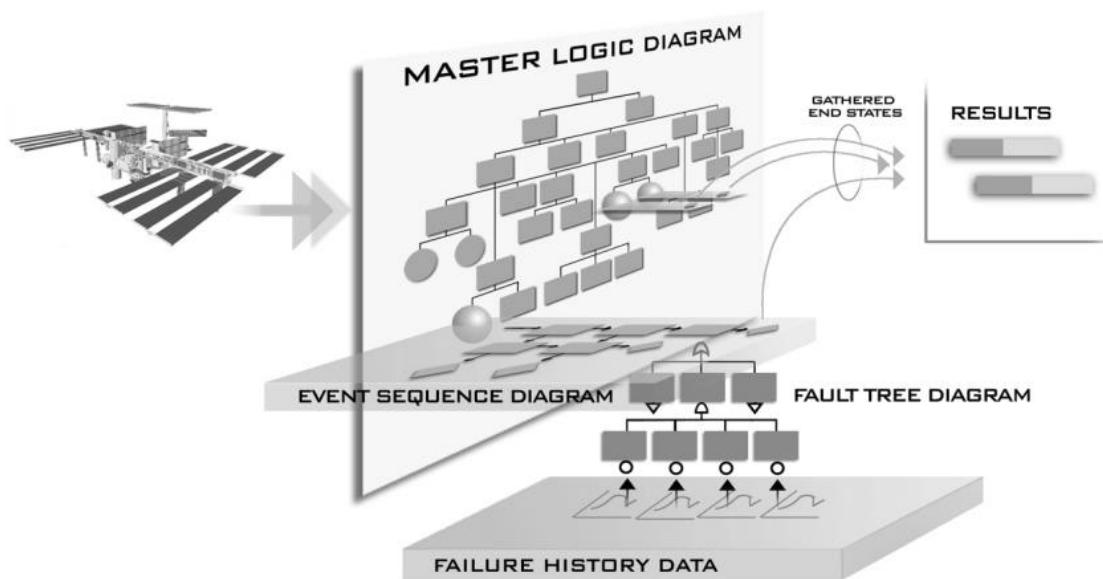
Odnos kvalitativnog i kvantitativnog je već razmatran, a na ovom mestu će se detaljnije osvetliti kvantitativna analiza rizika, zbog toga što se obično vezuje za naučna razmatranja. QRA se koristi kao skraćenica za „kvantifikovanu procenu rizika” ili „kvantitativnu analizu rizika” (Skogdalen, 2011). Ova tehnika se takođe naziva probabilistička procena rizika (PRA) u nuklearnoj i svemirskoj industriji u SAD, probabilistička procena bezbednosti (PSA) u Evropskoj nuklearnoj industriji, formalna bezbednosna procena (FSA) u pomorskoj industriji koja koristi i koncept vrednovanja bezbednosti (CSE), i ukupna analiza rizika (RAT) koji se pojavljuje u norveškoj petrohemijskoj industriji (Rausand, 2011). Uprkos više od dve decenije upotrebe i razvoja, nije došlo do konvergencije ka univerzalno prihvaćenom pojmu. QRA i PRA su najčešće korišćene skraćenice.

QRA je analiza rizika koja obezbeđuje numerička predviđanja za verovatnoće i posledice, uz prateće neizvesnosti (Rausand, 2011). Pri tome, fokus je uglavnom, na proceni verovatnoće nastanka rizika (Dulac i dr., 2005). Ona može da bude efikasna u rešavanju pojedinih dobro definisanih problema u sistemima koji pokazuju jake karakteristike tipično slučajnih otkaza i/ili neorganizovanu složenost (Weinberg, 1975), gde je statistička analiza odgovarajući pristup za istraživanje sistema (Dulac i dr., 2005). QRA je najpogodnija za kvantifikovanje rizika u vezi sa događajima niske-verovatnoće i visokih-posledica, a može se kretati od specijalizovanih probabilističkih procena do obimnih analiza (Rausand, 2011). Pojam semi-kvantitativna analiza rizika se ponekad koristi da označi analizu rizika koja kvantifikuje verovatnoće i posledice okvirno unutar opsega. Kako je ovde ključna reč „verovatnoća”, važno je prepoznati da se i tradicionalne kvalitativne analize bave njome, ali, za razliku od QRA, njihove verovatnoće nisu kvantifikovane (Smith, 2009). QRA je suštinski disciplina koja počiva na brojevima (Mosleh, 2012).

Prikupljanje i analiziranje podataka je od ključne važnosti za podršku razvoju QRA (Smith, 2011). Najbolji resursi za predviđanje budućih događaja su prethodna projektna

iskustva i testovi, a verovatnoća može da se generiše i iz stručnog mišljenja kada se razgovori i upitnici sprovode pravilno (Clemen i Vinkler, 1999; Mosleh i dr., 1988).

U razmatranju mogućnosti primene kao naučne platforme Aven (2011) navodi da QRA sistematizuje aktuelno stanje znanja uključujući neizvesnosti o pojavama, procesima, aktivnostima i sistemima koji se analiziraju. Apostolakis (2004) ističe da je od 1975. godine, od kada je QRA prvi put primenjena na neki veliki tehnološki sistem (za analizu bezbednosti nuklearnog reaktora), viđeno mnoštvo metodoloških unapređenja i primena. U svojoj suštini, QRA odgovara na tri osnovna pitanja kojima se definiše analiza rizika (Kaplan i Garrick, 1981). Ovo je grafički predstavljeno na slici 10, gde su PRA komponente integrisane u sveobuhvatni model, kakav se primenjuje u svemirskoj agenciji SAD (Stamatelatos i Dezfuli, 2011) i koji je korišćen za formiranje uzročnog modela bezbednosti avio saobraćaja (Ale i dr., 2009).



Slika 10. Sveobuhvatni PRA model
(prema Smith, 1999)

Mosleh (2012) nedavno zaključuje da je PRA sada dobro uspostavljena disciplina sa rastućom primenom u prilogu racionalnog donošenja odluka, i da uključuje važne tehnološke i društvene rizike. Apostolakis (2004), međutim, vrlo jasno razjašnjava da QRA rezultati nikada nisu jedina osnova za donošenje odluka odgovornih grupa. Drugim rečima, donošenje odluka u vezi sa bezbednošću treba da bude na osnovu informisanosti (eng. *risk-informed*), a ne zasnovano na riziku (eng. *risk-based*) (Dezfuli i dr., 2010).

II.5.3 Kritički osvrt na kvantitativnu analizu rizika

Kada se analitičari rizika prozivaju nakon nekog otkaza česta pitanja su: „Da li je QRA predvidela taj događaj?” i „Da li je procena rizika bila tačna (konzistentna sa dešavanjima)?” Nekoliko stvari sa kojima se u aktuelnim QRA ne postupa pravilno ili se uopšte ne postupa, prema Apostolakis-u (2004) su, ukratko:

1. Ljudski i organizacioni faktori u toku uslova nesreće; iskustvo je pokazalo da operateri često postaju inovativni (adaptibilni) tokom neželjenih događaja i koriste neobične načine za ublažavanje posledica, a te ljudske aktivnosti se ne modeliraju sa QRA.
2. Otkazi digitalnog softvera (što je veoma aktuelna oblast istraživanja);
3. Bezbednosna kultura (u smislu pripisivanja nekih otkaza lošoj bezbednosnoj kulturi, odnosno njenim pokazateljima);
4. Greške u planiranju, projektovanju i proizvodnji/ izgradnji (što je posebno važno ako sistem ne radi prema „projektovanim” uslovima).

Lindhe (2008), razmatrajući sistem za snabdevanje vodom, takođe navodi da je kvantitativna definicija rizika podložna kritici.

II.5.3.1 Predviđanje rizika kao broja

Rangiranje verovatnoće i pregled doprinosećih elemenata su ključne karakteristike QRA, ali „zagledanost” iskućivo u cifre može da maskira važne ranjivosti (Mosleh, 2012). Verovatnoće se ne mogu realno izračunati (Apostolakis, 2004). QRA se sprovode za sisteme koji su visoko pouzdani i dobro branjeni, pa mnoštvo otkaza ne postoji. QRA metode pretenduju da analiziraju retke događaje na sistematski način i koriste sve raspoložive informacije pri vrednovanju verovatnoće. Kako su analitičari potpuno svesni obimne upotrebe ekspertskih sudova, uvek razmatraju i neizvesnosti u vezi sa takvim rezultatima. Ross (2011) daje napomenu za oprez sa PRA da jednostavno nije moguće potvrditi prediktivne modele retkih događaja, i navodi da se na nepotvrđene modele ne može osloniti. On ukazuje na razliku između modela probablističke procene rizika za duži vremenski interval i predviđanja pojedinih retkih događaja za pojedini trenutak, a modelima za uvid u stanje sistema daje prednost u odnosu na modele za predviđanje. Na primer, veliki broj naučnih radova posvećen je predviđanju kvarova cevi u vodovodnoj

mreži korišćenjem različitih modela verovatnoće, ali i veoma subjektivnim opredeljivanjem za tek par parametara zbog lakoće njihovog pribavljanja (prečnik, materijal, starost). Tako, greške u projektovanju (neodgovarajuće zoniranje), greške u izvođenju (neodgovarajuća posteljica cevovoda) ili greške tokom funkcionisanja (nepravilno uključivanje crpne stanice) ostaju neobuhvaćene, kako se obično ne opisuju verovatnoćom. Dekker (2008) navodi da se računa ono što može da se sračuna, a da to nije ono što je realnost.

Teoretski, metod probabilističke procene rizika ima nekoliko problema (Ramana, 2011):

- koncepcija nesreće kao lanaca-događaja koja se obično koristi za PRA ne može da objasni indirektne, nelinearne i povratne veze koje karakterišu mnoge nesreće u složenim sistemima. Ove procene rizika nisu odgovarajuće za modeliranje ljudskih aktivnosti i njihov uticaj na poznata, a posebno i za nepoznata stanja otkaza. Tokom, posebno velikih, nesreća „zatvoreni” sistemi brzo postaju „otvoreni” kroz interakciju sa okruženjem, a uzroci i posledice često prevazilaze fizičke i organizacione granice (Mosleh, 2012).
- konceptualno je nemoguće da PRA bude kompletna u matematičkom smislu u izgradnji stabla događaja i stabla otkaza. Takva suštinska ograničenja znače da je bilo kakav proračun korišćenjem ove metodologije uvek podložan promenama i da postoji sumnja u njegovu potpunost. U slučaju mnogih nesreća, modeli PRA nisu uzimali u obzir neočekivane otkaze.

Kada je reč o budućoj bezbednosti, projektanti i operateri često pretpostavljaju da znaju šta je verovatno da će se desiti. Slabost PRA koja se nedvosmisleno pokazuje u svakoj velikoj nesreći su teškoće modeliranja uzroka i načina otkaza. Izazov nije samo u PRA metodi, već u izboru uzročnog događaja.

II.5.3.2 Kvantitativna analiza i percepcija rizika

Procena rizika, bilo kvantitativna ili kvalitativna, usmerena je na prve dve faze kvantitativne definicije rizika (Kaplan i Garick, 1981), identifikaciju opasnih scenarija i određivanje njihovih verovatnoća i posledica. Kao što je naglašeno od Woolridge-a (2008), obe faze su ekstremno subjektivne. Unutar bilo koje procene rizika, kvalitativnog

ili kvantitativnog tipa, koristiće se stručni sud. To mogu biti sudovi procenjivača rizika, ekspertske mišljenje, regulatorni okvir i svi oni će uvek biti subjektivni. Ovo će se primeniti kada se biraju (ili odbacuju) podaci, vrši izbor parametara modela starenja vodovodne mreže, propisuje program za monitoring neke akumulacije za snabdevanje vodom za piće, primenjuju težinski koeficijenti za pojedine kriterijume i slično.

Kod kvantitativne procene rizika, dosta ljudi možda neće imati osnovna znanja da direktno shvati primenjene proračune. Biće potrebno da se oslone na objašnjenja ili mišljenja procenjivača rizika kako bi se objasnilo kako su pribavljeni rezultati i koje su bile pretpostavke, sudovi i neizvesnosti, pri čemu bi većina ljudi trebalo da bude u stanju da shvati i sledi argumentaciju logički napisane kvalitativne procene (Woolridge, 2008). Konačno, kada je na raspolaganju običan broj, kako biti siguran da, uprkos njegovim poznatim nedostacima, neće biti jedina osnova za odlučivanje? Zašto bi se onda to postavilo na drugi način, kada se mogu napraviti drugi predlozi za opisivanje opasnosti koje prate pojedine izbore? Stoga, svaka interesna strana (državna uprava, regulatorno telo, odgovorni rukovodilac) koja treba da koristi ili želi da razume pojedinu procenu rizika ne treba da gleda samo završni „rezultat”. Oni bi trebalo da imaju razumevanje toga kako je postignut taj rezultat (Woolridge, 2008). Početni koncept sa QRA je zbog toga i izmenio ime od odlučivanja na osnovu rizika u odlučivanje na osnovu informacija o riziku.

Nastavljajući se na polemiku o prirodi rizika, Aven (2010) ističe da odbacivanje ideje da postoji „realni rizik” ili „objektivni rizik” ne znači da je rizik isto što i perцепirani rizik. Međutim, verovatnoće na osnovu znanja i srodni zadaci nisu isto što i percepcija rizika. Glavna razlika je da se percepcija rizika zasniva na ličnim uverenjima, afektima i iskustvima bez obzira na njihovu validnost. Verovatnoće zasnovane na znanju koje se koriste u proceni rizika su predstave individualnih i kolektivnih procena neizvesnosti na osnovu raspoloživih statističkih podataka, direktnog iskustva, modela i teorijskih aproksimacija, što sve traži obrazloženje da bi bilo prihvatljivo za druge. Teorija se usložnjava kada znanje nije potpuno, kada su podaci nepotpuni, i kada se parametri „objektivnih” modela takođe subjektivno biraju, već prema raspoloživosti podataka i konformnosti obrazloženja.

Leveson (2011), konačno, navodi da su opšti problemi (bilo probablističke ili ne-probablističke) procene rizika heurističke predrasude (psihološke pristrasnosti). Mnogi psiholozi (Kahneman, Tversky, Slovic, Fischhoff i dr.) su opširno pisali o pristrasnostima koje su svojstvene proceni rizika. Reiman i Rollenhagen (2011) analiziraju predrasude u vezi sa ljudskim i organizacionim ponašanjem, Lundberg i dr. (2010) analiziraju kognitivne i političke. Predrasude svakako imaju uticaj na načine na koje sagledavamo probleme i rešavamo ih:

- Potvrđujuća predrasuda odnosi se na tendenciju da ljudi posvete veću pažnju informacijama koje podržavaju njihove stavove nego informacijama koje im nisu bliske. Ljudi, dakle, imaju tendenciju da budu prekomerno pouzdani u tačnost svojih verovanja.
- Heuristička raspoloživost ukazuje na to da ljudi imaju tendenciju da sudove o verovatnoći događaja zasnivaju na lakoći sa kojom im primeri ili dešavanja tog ili sličnih događaja mogu pasti na pamet. Na primer, psiholozi su utvrdili da će sud o riziku od raznih opasnosti ili događaja imati tendenciju da bude povezan sa time koliko često se pominje u medijima. Zamena azbest cementnih cevi zbog uticaja na kvaliteta vode je primer ove vrste pristrasnosti, upravo usled karikaturalnog prikaza problema u medijima.
- Imaginarna pristrasnost nastaje kada ljudi razmišljaju o budućim događajima čija verovatnoća ne može da se zasniva na istorijskim podacima. Ljudi će izgraditi jednostavna uzročna scenarija kako bi došli do događaja, ne koristeći razloge za pojavu nekog događaja. Ako nemaju prihvatljiv uzrok ili scenario koji im pada na pamet, pretpostavljaju da je događaj nemoguć ili malo verovatan.
- Predviđanje kumulativnih uzroka. Ljudi imaju tendenciju da identifikuju jednostavne, dramatične događaje, a ne uzroke koji su hronični ili kumulativni. Dramatične promene dobijaju relativno visoku verovatnoću, dok je obična promena rezultat sporijeg prelaza u društvenim stavovima, pa ju je teže zamisliti, i tako se dobija niža verovatnoća. Istovremeno, ishod uparen sa razlogom verovatnoće često se ocenjuje kao verovatniji nego kada se navede samo ishod.
- Nepotpuna potraga za mogućim uzrocima. Pretraživanje se često zaustavlja kada se identifikuje mogući uzrok ili objašnjenje nastanka. Zaustavljanje istrage u tom

trenutku može da znači da drugi uzroci koji bi bili prihvatljiviji i uverljiviji ne bi bili identifikovani i da će im verovatnoća biti potcenjena.

- Defanzivno izbegavanje. Ova vrsta pristrasnosti može da se ogleda u odbacivanju ili degradiranju tačnosti pojedinih činjenica ili u nemogućnosti ljudi da ih shvate ozbiljno ili da prihvate da rizik može da se povećava. Defanzivno izbegavanje se zasniva na psihološkoj tendenciji da se racionalizuje i izbegne razmatranje tema koje su stresne ili se sukobljavaju sa drugim važnim ciljevima.

Pored ovih psiholoških pristrasnosti, organizaciona kultura i politika mogu uzrokovati različitu percepciju pojedinih činjenica ili događaja. Mnoge nesreće uzrokovane su opasnostima koje su odbačene kao neuverljive u proceni probabilističke verovatnoće i stoga zaštita nije bila obezbeđena (Leveson, 2004).

II.5.3.4 Kvantitativna analiza rizika za složene sisteme

QRA daje informacije samo o scenarijima koji su modelirani. QRA je definitivno dobar alat za identifikaciju i upoređivanje rizika kada se pravilno koristi (Laaksonen, 2012), ali, na primer, ni jedan scenario ozbiljnih industrijskih nesreća nije odgovarajuće modeliran i analiziran sa QRA pre nego što se nesreća dogodila. Mnoge velike, dobro poznate (kao i manje poznate) nesreće dogodile su se u sistemima gde je verovatnoća nesreće prethodno izračunata sa 10^{-9} ili manje, uključujući nuklearne (Černobilj i Fukushima, procesne (Texas City i Deep Water horizon) ili svemirske udese (Challenger i Columbia). Ni u jednom od ovih slučajeva, potreba za pojedinom zaštitom protiv izvesnog događaja nije procenjena kao neophodna na osnovu proračuna verovatnoće (Leveson, 2004). Yang i Haugen (2014) slično tome navode da su performanse sistema barijera modelirane sa QRA daleko od stvarnih performansi funkcije barijera u toku operacija, i daje ekstreman primer za norvešku petrohemijsku industriju u slučaju jednog sigurnosnog elementa za spečavanje eksplozije, koji je imao stopu otkaza od 45%, dok je modelirana vrednost bila između 0.1% i 1%.

Rasmussen (1997) u tom kontekstu navodi da trend promene načina upravljanja sistemima, od upravljanja putem previda do upravljanja putem uvida, odražava promenu prirode kontrole, koja se menja iz kontrole preskriptivnog upravljanja na upravljanje ciljevima. Vrednovanje „verovatnoće” prilikom procene rizika je ključna pretpostavka

koja, ako nije tačna, može da vodi do nesreća koje bi inače mogle da budu sprečene. Prečesto, ne postoji naučna osnova za donošenje ovakvih pretpostavki o verovatnoći i povremenim političkim intervencijama. Nakon nesreća, uobičajeno je da se smatra da je uključena opasnost identifikovana, ali nije kontrolisana zato što je ocenjena kao suviše malo verovatna (Leveson, 2011).

Leveson (2015) ističe da je malo naučnih podataka koji potvrđuju probabilističku procenu rizika ili vrednuju metode za njeno izračunavanje, naročito za složene inženjerske sisteme, slično navode i Manion (2007), Ramana (2011) i Rae i dr. (2012). Očigledan problem je u tome što rizik uključuje predviđanje budućnosti, tako da bi validacija zahtevala duge vremenske periode. Pojedine studije bavile su se upoređivanjem procena rizika koje su obavljale različite grupe na istom sistemu, gde su rezultati pokazali velike razlike u učestanostima sračunate za razmatrane slučaje (Leveson, 1995). Pojedini istraživači utvrdili su da može da postoji značajna razlika između modeliranog i izvedenog sistema, interakcija između društvenih i tehničkih delova sistema može učiniti nevažnim tehničke pretpostavke koji leže u osnovi probabilističke analize, a efikasnost mera za ublažavanje opasnosti može se menjati tokom vremena (Rae i dr., 2012).

Zašto su procene verovatnoće netačne u praksi? Najpre, često su izostavljene ljudske greške (odnosno pogrešne odluke) za koje probabilističku procenu nije moguće odrediti. Ljudi obično imaju glavnu ulogu u nesrećama, ali ljudska greška nije merljiva. Kada se tehnologija menja ili se uslovi razlikuju od onih u prošlosti, istorijsko iskustvo nije raspoloživo. Drugi problem je što mnogi od otkaza nisu stohastički, te se verovatnoća ne može proceniti pomoću probabilističke analize. Razlozi ovih ograničenja su važni jer se ne može proveriti njihov neograničen broj, tako da mora postojati način da se utvrdi koji su među njima najvažniji. Obično postoji neka vrsta selekcije ili presude koja se uključuje u postupak.

QRA tehnike su napravljene za konvencionalne elektro-mehaničke sisteme gde su odnosi između otkaza i komponenata jasni. U tim slučajevima QRA se svodi na analizu pouzdanosti. Prema tome, dok se podaci za lom materijala ili otkaz motora mogu koristiti za proračun otkaza elektro-mehaničkog sistema, isto ne važi za ljudsku grešku ili nedostatak komunikacije u složenim sistemima. U složenim inženjerskim sistemima, sam ljudski element ne može biti projektovan. Ljudi nisu isto što i komponente tehničkog

sistema, i nemaju verovatnoću „otkaza” poput tehničkih komponenti. Stručnjaci ne mogu da uspešno dodele karakter, toleranciju rizika ili stalni visoki nivo motivacije koji su potrebni za operatera uprkos brojnih pokušaja (NRC, 2005; Bellamy i Geyer, 2007), na primer. Međutim, jedino oni i mogu da osmisle odgovarajuću metodologiju analize rizika, potrebnu za razmatranje nekog sistema.

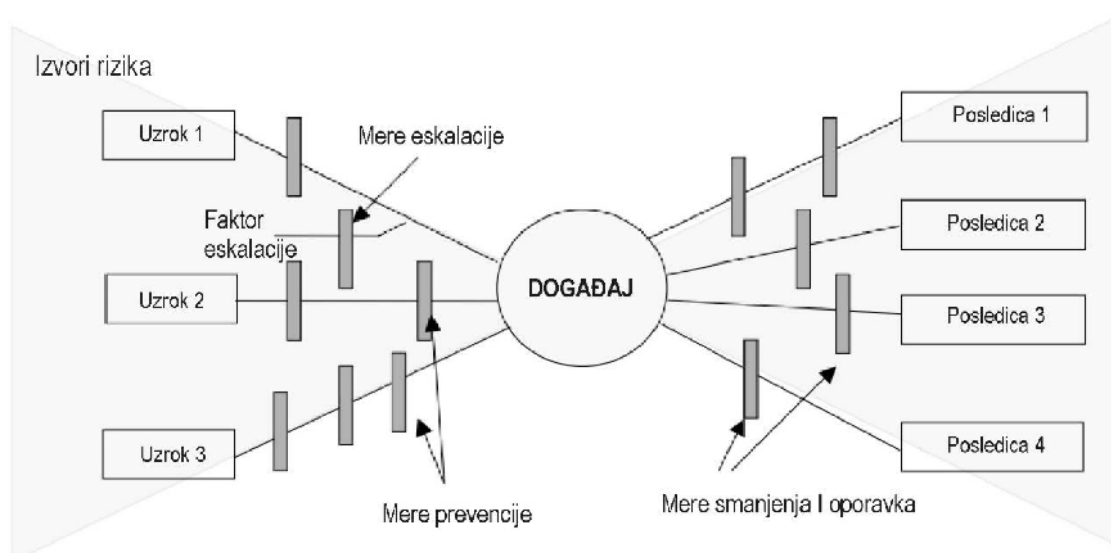
SLIKA RIZIKA

II.6 OPASNOSTI I UZROCI

„Slika rizika” (Aven, 2008) vizuelno je prijemčiva platforma na kojoj će se razmotriti pojedine sastavne komponente rizika. Podsetimo se, slika rizika započinje opasnostima, nastavlja se barijerama, da bi se došlo do centralnog u slici neželjenog događaja. Nastavak preko barijera dovodi do posledica. (Aven i Vinnem, 2007) navodi da su dva ključna zadatka upravljanja rizikom: (i) da uspostave informativnu sliku rizika za različite alternative odluka, i (ii) da koriste tu sliku rizika u kontekstu donošenja odluka.

II.6.1 Definisanje opasnosti

Slika rizika započinje, opasnostima (Rausand, 2011), a za taj početni element neki autori postavljaju i uzroke (Bellamy, 2015; ISO, 2009a), pretnje (Trbojević, 2007,2008; Rausand, 2011), izvore rizika (Peace, 2013) ili inicirajuće događaje. Ovakva različitost delom se može pripisati i lingvističkoj nepreciznosti. U ovom poglavlju u pomoć će se prizvati i etiologija, kao nauka o poreklu i uzrocima.

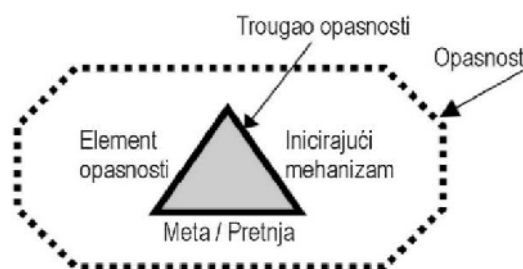


Slika 11. Slika rizika
(prema ISO 31010)

Veoma široka upotreba specifičnih pojmova i nedostatak zajedničke terminologije uzrok je potrebe za pojašnjavanjem terminologije. Ovu potrebu potvrđuje i navod Kaplan-a

(1990): „Kada se reči upotrebljavaju nemarno, koncepti postaju nejasni, zamisao je zbrkana, komunikacija je dvosmislena, a odluke i akcije suboptimalne, najblaže rečeno.”

Prema Ericson-u (2005), opasnost se sastoji od sledeće tri osnovne komponente, što su: element opasnosti, inicirajući mehanizam, i cilj i pretnja, slika 12. Postoji razlika između toga zašto opasnosti postoje i kako one postoje. Osnovni razlozi zašto opasnosti postoje su: (i) neizbežne su zato što se elementi opasnosti moraju koristiti u sistemu, (ii) ili su rezultat neodgovarajućeg razmatranja bezbednosti. Neodgovarajuće razmatranje bezbednosti nastaje iz neodgovarajućeg projektnog rešenja ili neodgovarajuće primene dobrog projektnog rešenja. Ovo uključuje neodgovarajuće razmatranje potencijalnog uticaja otkaza hardvera, pogrešnih postupaka, softverskih grešaka, ljudskih grešaka i slično.



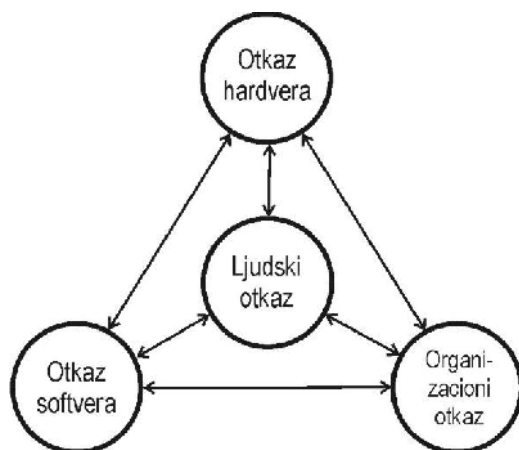
*Slika 12. Trougao opasnosti
(prema Ericson, 2005)*

Leveson (2011) opasnost definiše nešto drugačije, kao stanje ili skup uslova koji će, zajedno sa najgorim skupom uslova u okruženju, dovesti do nesreće (gubitka). Postoje dva važna aspekta ove definicije. Prvi je da opasnost treba da bude u granicama sistema nad kojim imamo kontrolu. Drugi deo definicije je da mora postojati neki skup uslova za najgori slučaj u okruženju, koji će dovesti do posledica. Sistemska opasnost je stanje na sistemskom nivou. Bilo kakvo pominjanje podsistema (kao što je otkaz podsistema) nije sistemsko stanje, iako može dovesti do nekog (biti uzrok).

Strukturou opasnosti bavili su se brojni drugi autori. Imai (1986), rodonačelnik škole kvaliteta, navodi da su tri gradivna bloka bilo kakve aktivnosti: hardver, softver, i „humanware”. On kaže da kontrola ukupnog kvaliteta znači da efekti kontrole kvaliteta moraju da uključe ljude, organizaciju, hardver i softver. Efikasno upravljanje znanjem u okviru organizacije, kako kaže, je instrument u smanjivanju nivoa ovih izvora neuspeha.

II.6.2 Uzroci neželjenih događaja

Uzroci nastanka neželjenih događaja potiču iz strukture opasnosti. DOE (1992) kao uzroke nastanka neželjenih događaja navodi: problem opreme/materijala, problem procedure, ljudsku grešku, problem projektnog rešenja, nedostatak obuke, problem upravljanja i spoljne pojave. Johnson (2003) navodi sledeće uzroke otkaza: regulatorni otkazi, greške rukovodstva, otkazi hardvera, otkazi softvera, ljudske greške i timski faktori. Hollnagel (1993), opet iz svoje perspektive, definisao je sledeće kategorije organizacionih genotipova (uzroka), kao: greške održavanja, neadekvatnu kontrolu kvaliteta, problem upravljanja, grešku u projektnom rešenju, nedekvatnu alokaciju zadataka i društveni pritisak. NERC (2010) ističe da događaji nisu tipično ishod akcija jedne osobe, već da je češće to rezultat kombinacije grešaka u upravljačkim i organizacionim aktivnostima. Haimes (2004) navodi da otkaz sistema može da bude uzrokovan neuspehom hardvera, softvera, organizacije, odnosno ljudi koji su interesne strane. Pristup upravljanja ukupnim rizikom koji usklađuje upravljanje rizikom sa upravljanjem ukupnim sistemom mora da se usmeri na sledeća četiri izvora otkaza: otkaz hardvera, otkaz softvera, organizacioni otkaz i ljudski otkaz, slika 13.



Slika 13. Uzroci otkaza sistema
(prema Haimes, 2004)

Gornji skup izvora neželjenih događaja treba da bude sveobuhvatan. Ta četiri elementa, međutim, nisu nužno nezavisni jedan od drugog. Razlika između softvera i hardvera nije uvek tako jednostavna, i odvajanje ljudskih i organizacionih propusta često nije lak zadatak. Navedene četiri kategorije pružaju značajnu osnovu na kojoj se gradi okvir upravljanja ukupnim rizikom. Organizacione greške često su u korenu neuspeha inženjerskih sistema. Ipak, kada je u pitanju određivanje strategije upravljanja rizikom,

inženjeri često imaju tendenciju da se fokusiraju na tehnička rešenja, delom zbog načina na koji su rizici i otkazi tradicionalno analizirani u prošlosti. Značaj razmatranja četiri izvora otkaza (Haimes, 2004) je dvostruk:

- oni su sveobuhvatni, uključuju sve aspekte životnog ciklusa sistema (na primer, planiranje, projektovanje, izgradnju, korišćenje i upravljanje),
- oni zahtevaju potpunu uključenost u proces procene i upravljanja rizikom svih lica na svim nivoima organizacione hijerarhije.

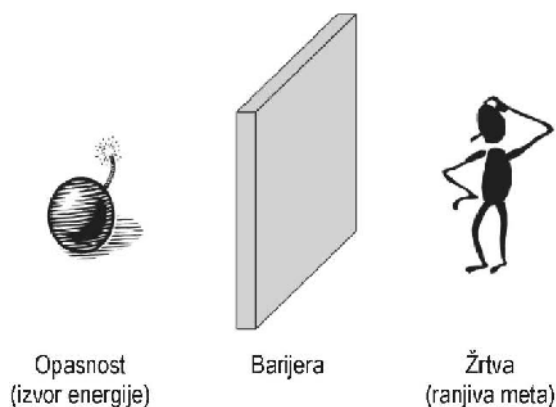
Johnson (2003) uzročne faktore deli u tri klase, redom, koji nisu potrebni ni dovoljni, koji su potrebni, ali ne i dovoljni i, najzad, koji su potrebni i dovoljni. Hollnagel (1993) pravi razliku između proksimalnih i distalnih uzroka, što je analogno konceptu (Woods i dr., 2010) „oštrog” i „tupog” kraja. Leveson (2004) takođe pravi razliku neposrednih uzroka i navodi da je traženje uzroka traženje krivca i da je stvar subjektivnosti kada se zaustaviti u tom traženju. Traženje uzroka otkaza komponente ili otkaza sistema na ovom mestu neće se detaljnije razmatrati zbog shvatanja potrebe da se prvo shvati kako neželjeni događaji uopšte nastaju, što će se učiniti nešto kasnije.

II.7 BARIJERE

Sagledavajući „sliku rizika” (Aven, 2008), razmatranje se nakon opasnosti i uzroka usmerava na barijere. Barijere, u ovom kontekstu, su elementi koji se nalaze između početnih i središnjeg elementa „slike rizika”, sa jedne strane, i središnjeg i krajnjih elemenata, sa druge strane. Ove elemente neki autori nazivaju i merama, odbranama, zaštitama, slojevima zaštite, bezbednosnim elementima, ograničenjima i drugim sličnim izrazima. Tom prilikom, sa namerom, zadržaće se sinonim zasnovan na stranoj reči, u ovom slučaju zbog unošenja namerne neznatne maglovitosti i, pri tome, zadržavanja širine pojma, jer je procena da će srpski prevod reči, „prepreke”, percepciju čitaoca suziti na samo fizički aspekt značenja. Mnogima od nas će biti slikovita interpretacija Hollnagel-a (2004) koji kaže, da „dok su barijere korišćene za odbranu srednjevekovnih zamkova više bile fizičke prirode, moderni princip kombinuje različite tipove barijera, od prijavljivanja događaja do bezbednosnih politika”. Barijere se smatraju težišnim elementima za sticanje uvida u sliku rizika. U nastavku će se prikazati početna ideja, zatim strateški koncept, a nakon toga razrada i preciziranje od strane referentnih autora.

II.7.1 Osnovni koncept barijera

Generalno, barijere su sredstva koja se koriste za zaštitu nekih vrednosti od nekih opasnosti. Koncepti koji se koriste u analizi barijera su prvobitno postavljeni u fundamentalnoj domino teoriji (Heinrich, 1931) još 30-ih godina prošlog veka. Gibson (1961) je, dalje, idejno postavio temelje razvoju energetskog modela, da bi Haddon (1966) nastavio razvoj koncepta neželjenog događaja kroz preveliko ili neočekivano oslobađanje energije. Takvu ideju koristi koncept barijera koji kaže da za sprečavanje neželjenog događaja mora biti podignuta barijera između izvora energije i predmeta ili osobe koji se štite, slika 14.



*Slika 14. Energetski model barijera
(prema Haddon, 1980)*

U svom referentnom radu Haddon (1973) predlaže taksonomiju 10 strategija za prevenciju neželjenih događaja, odnosno različitih kontrola koje se mogu koristiti za ublažavanje ili usmeravanje prenosa energije u sistemima čija je bezbednost kritična. Među njima su:

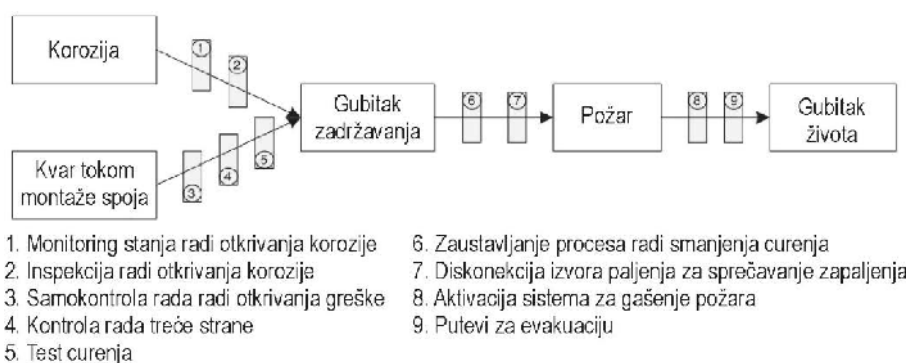
- mere za smanjenje količine energije koja se proizvodi,
- mere za odvajanje mete od izvora energije, bilo u vremenu ili prostoru,
- mere za promenu površine koja prima udar i za ojačanje mete.

U tom smislu i vizuelno prijemčivi koncept Reason-a (1990), naknadno nazvan konceptom „švajcarskog sira” od strane Lee-a (Eurocontrol, 2006), predstavlja dalji razvoj modela koji prikazuje kako udesi nastaju zbog rupa u višestrukim barijerama uzrokovanih aktivnim otkazima i latentnim uslovima. Za energetski model može se reći da je klasično tumačenje sistema barijera (Yang i Haugen, 2014), a može se primetiti i da je razvijen od strane sve redom kognitivnih psihologa.

Analiza barijera polazi od pretpostavke da opasnost dolazi u kontakt sa metom zato što barijere na neki način ne odgovaraju namenjenom zadatku. Ove opšte ideje su dovele do razvoja formalnijih tehnika za analizu barijera kao sredstva za sagledavanje slike rizika (Johnson, 2003).

Postoje različite perspektive u vezi sa time u kojoj meri barijere treba da imaju uticaj na tok energije ili sekvence događaja (Sklet, 2006). ISO:17776 (2000) navodi da barijere treba da „smanje verovatnoću” ili „smanje posledice”, dok Holand (1997) navodi da barijere treba da „spreče tok”, što CCPS (2001) podvodi pod „sprečavanje scenarija”.

Opet, neki autori tvrde da se gotovo sve može smatrati barijerom. Zbog toga je važno napraviti razliku između same barijere, koja može da direktno spreči, kontroliše, ili ublaži sekvencu događaja ili scenario nesreće i faktora koji utiču na rizik (eng. *Risk Influencing Factor* - RIF) koji utiču na performanse barijere (Aven i dr., 2006; Sklet i dr. 2006; Vinnem, 2007). Primer za RIF-a u slivu akumulacije za snabdevanje vodom za piće, koji utiče na antierozione građevine kao barijere, može da bude odgovornost za pregled stanja tih građevina i njihovo dovođenje u tehnički ispravno stanje. Stoga je važno da se specificira funkcija barijere kako bi se razjasnilo na kom nivou različite barijere utiču na scenario neželjenog događaja. Ovo se može ilustrovati sledećim primerom iz petrohemijske industrije; zadržavanje hidrokarbonata (u cevovodu) bi trebalo da spreči njegovo oslobađanje u atmosferu, dok se inspekcija sprovodi da bi se otkrila korozija, tako da se mogu primeniti mere za smanjenje rizika, da bi sprečile da korozija rezultira curenjem, slika 15..



Slika 15. Ilustracija uticaja barijera na procesnu nesreću (prema Sklet, 2006)

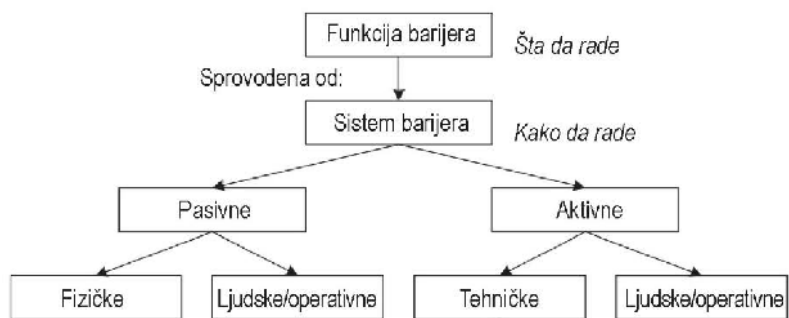
Najmanje dva različita modela perspektiva mogu biti osnova za koncept bezbednosnih barijera: energetski model i procesni model (Sklet, 2006; Yang i Haugen, 2014). Osnovni princip u energetskom modelu je odvojiti opasnosti (izvore energije) od žrtava (ranjivih meta) bezbednosnim barijerama (Haddon, 1980). Procesni modeli dele sekvence udesa u različite faze, koje nam pomažu da razumemo kako se stanje sistema postepeno pogoršava, od normalnog stanja do stanja u kome nastaje udes (Kjellen, 2000). Za procesne modele, faktori koji sprečavaju prelasku između faza u sekvenci udesa (ili procesa) mogu se smatrati bezbednosnim barijerama. Dok se energetski model fokusira prvenstveno na to kako izbeći povrede ili gubitke usled oslobađanja energije, modeli procesa su više fokusirani na sekvence događaja ili radne procese (Sklet, 2006).

II.7.2 Preciziranje terminologije u konceptu barijera

Uprkos činjenici da je koncept barijera primenjivan u praksi, dosta razmatran u literaturi, pa čak i zahtevan u zakonodavstvu ili standardima, nije razvijena zajednička terminologija koncepta barijera koja bi bila generalno primenljiva. Hollnagel (1999) navodi da je u svakodnevnom jeziku izraz barijera uglavnom sinonim za pojam funkciju barijere. Neophodno je biti lingvistički precizan i praviti razliku između funkcija barijere i sistema barijere. Sklet (2006) predlaže sledeću terminologiju koja se navodi u ovom poglavlju, a kojom se pre svega definišu: barijera, funkcija barijera, sistem i elementi barijera, performanse barijera i faktori koji utiču na barijere.

Barijere su fizička ili ne-fizička sredstva planirana za prevenciju, kontrolu ili ublažavanje neželjenih događaja ili nesreća. Funkcija barijera je funkcija planirana da spreči, kontroliše ili ublaži neželjene događaje ili nesreće. Sistem barijera je sistem koji je projektovan i primenjen da bi vršio jednu ili više funkcija barijera (Svenson, 1991). Prema tome, funkcija barijera se realizuje ili izvršava jednostrukim ili višestrukim sistemom barijera. Sistemi barijera se održavaju ili modifikuju da bi se održala željena funkcija barijera tokom operacija. Element barijere je, pri tome, deo barijere, ali ne dovoljan, u cilju postizanja zahtevane sveopšte funkcije. Uticajni faktor na barijere je faktor koji utiče na performanse barijera. Navedena definicija za funkciju barijera odnosi se na procesni model.

Postoji nekoliko načina za klasifikaciju bezbednosnih barijera, već prema brojnim autorima. Funkcije barijera mogu biti klasifikovane kao preventivne, kontrolne, ili ublažavajuće. Sistemi barijera se od strane raznih autora klasifikuju prema nekoliko dimenzija, na primer, (i) kao pasivni ili aktivni sistemi barijera, (ii) kao fizički, tehnički ili ljudski/operativni sistemi barijera, (iii) kao kontinualno funkcionalni/on-line ili aktivirani/off-line, i (iv) kao trajni ili privremeni sistemi barijera. Da bi se okarakterisale performanse sistema barijera neophodno je više atributa; funkcionalnost/ efektivnost, pouzdanost/ raspoloživost, vreme odziva, robusnost i na kraju opis okidajućeg događaja ili stanja. Klasifikacija barijera razmatrana je u više literaturnih izvora (Johnson, 1980; DOE, 1999; Hollnagel, 1999; Johnson, 2003), a prikazuje se ona koju predlaže Sklet (2006), slika 16.



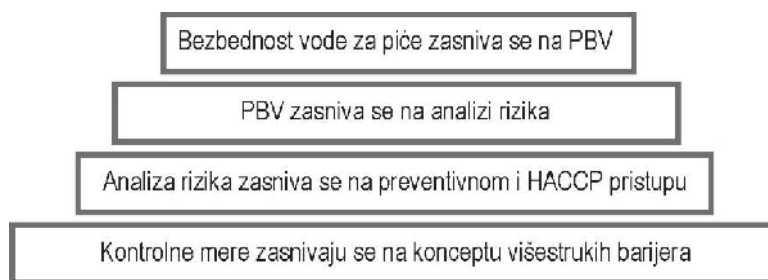
Slika 16. Klasifikacija barijera (prema Sklet, 2006)

Detaljna identifikacija, a zatim i klasifikacija barijera, prema funkcijama i sistemima, od fundamentalne je važnosti pri analizi rizika, u delu karakterizacije sistema. Koncept analize barijera predstavlja, u stvari, model uvida u sistem.

II.7.3 Koncept barijera u sektoru voda

II.7.3.1 Pristup višestrukih barijera u planovima za bezbednost vode

Planovi za bezbednost vode (WHO, 2005) oslanjaju se na više principa i koncepata iz drugih pristupa upravljanja rizikom, pri čemu posebno naglašavaju pristup višestrukih-barijera. Planovi za bezbednost vode (PBV) važe za osnovnu metodologiju analize rizika u vodovodnim sistemima, slika 17.



Slika 17. Lestve zasnovanosti bezbednosti VZP na višestrukim barijerama

Prema WHO (2008) obezbeđivanje mikrobiološke bezbednosti vode za piće (VZP) zasniva se na upotrebi višestrukih barijera, od sliva do potrošača, kako bi se sprečilo zagađenje vode za piće ili smanjenje zagađenja do nivoa koji nisu štetni po zdravlje. Bezbednost je povećana ukoliko postoje višestruke barijere, uključujući *zaštitu* vodnih resursa, pravilan izbor i rad niza koraka za tretman i upravljanje sistemom za distribuciju vode da bi se održao i zaštitio tretirani kvalitet vode. Poželjnija strategija je upravljački

pristup koji stavlja naglasak na *prevenciju* ili *smanjenje* ulaska patogena u izvorišta i smanjenje oslanjanja na procese tretmana za uklanjanje patogena. Pod holističkim pristupom PBV smatra celovitost u dimenziji linije vode, što se odnosi na izvorište, tretman i distribuciju („*end-to-end*” pristup, od sliva do potrošača - slavine).

Komentar pristupa odnosi se na činjenicu da je dimenzija u holističkom pristupu PBV koja se tiče linije vode (od slavine do potrošača) samo jedna od dimenzija vodovodnog sistema. Pretendujući da bude holistički okvir, PBV svakao treba da uključi i neke druge dimenzije, dimenziju celovitosti u smislu životnog veka sistema/elementa, na primer, sa barijerama koje su u funkciji te dimenzije. Pored toga, iako potencira pristup višestrukih barijera, PBV se ne drži teorije barijera koja je razvijana od strane više izvora, počev od INSAG (1966, 1999) inicirane nakon nesreće u Černobilju 1986. godine.

II.7.3.2 Koncept barijera u drugim radovima iz sektora voda

Iako mnogi tvrde da HACCP sistem ne isključuje pristup višestrukih barijera za upravljanje kvalitetom vode, diskutabilno je da li on zaista promovise takvu liniju (Nokes i Taylor, 2003). Havelaar (1994) je mišljenja da model „švajcarski sir” (Reason, 1990) može da ima široku primenu u okviru sektora voda i ističe očigledne paralele sa pristupom višestrukih barijera, koji obuhvata nekoliko slojeva odbrane, kako bi se sprečilo da se voda zagadi. Reason (1990) je, inače, postavio hipotezu da se neželjeni događaji i poremećaji javljaju usled kršenja ili zbog zaobilaženja skupa odbrana (čitaj: barijera) koje razdvajaju opasnost od dostizanja ugroženih okruženja, ljudi ili imovine. Uz to, skup koji može probiti odbranu broji tri faktora: ljudski, tehnički i organizacioni, ali i da nije dovoljno razmatrati samo opasnosti, u izolaciji, već čitavu organizaciju i njihove sveukupne interakcije.

Wu (2009) je sprovodeći istraživanja u tom pravcu, koristeći Reason-ov (1990) model višestrukih barijera, početne opšte barijere za zaštitu izvorišta, tretmana i distribucije proširio organizacionim barijerama, da bi sagledao ljudsku pouzdanost prilikom funkcionisanja sistema za snabdevanje vodom, uz pomoć procene ljudske pouzdanosti. Ovaj koncept, ovde samo naveden, detaljnije će se razmotriti u poglavlju koje se bavi ljudskim i organizacionim faktorima neželjenih događaja. Tchorzewska-Cieslak i dr. (2012) predlaže metode za analizu rizika prvog i drugog tipa, u vezi količine i kvaliteta

isporučene vode, respektivno, i pri tome navodi: kontrolnu i mernu barijeru, alarm barijeru i barijeru scenarija.

Koncepti za upravljanje rizikom koji se trenutno široko koriste u sistemima za snabdevanje vodom koriste se uglavnom za praćenje prisustva opasnosti između slojeva odbrane (Dokas, 2009). Ovi sistemi ne prate kritične parametre i latentne uslove koji stvaraju snage odgovorne za stvaranje rupa u odbrani. Rad na uspostavljanju bezbednog sistema za snabdevanju vodom, usvajanje i bukvalna primena pristupa višestrukih barijera prostim udvajanjem i slaganjem barijera, koje nisu odgovarajućih performansi, sinhronizovane i usklađene u čitavo okruženje, može se pretvoriti u svoju suprotnost i uliti lažnu sigurnost, a da pri tome suštinski takav način zaštite ne odgovara problemu sa kojim se pojedini sistem suočava. Neželjeni događaj može nastati uprkos brojnim barijerama, iz više razloga, npr. i iz neodgovarajućih interakcija inače dobro osmišljenih barijera.

II.8 NEŽELJENI DOGAĐAJI I POSLEDICE

U „slici rizika” (Aven, 2008) neželjeni događaj se nalazi na centralnom mestu. Posledice neželjenog događaja nalaze se na krajnjem desnom položaju. U dosadašnjem toku, disertacija razmatra rizik kao univerzalan koncept, ali sa polazištem pretežno iz drugih industrija. Primeri iz vodovodnih sistema uzimani su u vrlo malom obimu, i to je rađeno sa namerom. Međutim, u ovom poglavlju, razmatranje neželjenog događaja će se usmeriti upravo na one vodovodnih sistema.

II.8.1 Neželjeni događaji

Neželjeni (opasan ili štetan) događaj, iz definicije rizika, često se zove, previd, omaška, pogreška, otkaz, greška, nesreća, nezgoda, udes, i kako još ne. Perrow (1994), na primer, definiše neželjene događaje na nivou sistema. On definiše nesreću kao otkaz u podsistemu, ili sistemu u celini, koji oštećuje više od jedne jedinice i na taj način remeti tekući ili budući izlaz sistema (tj. izlaz prestaje ili se smanjuje do te mere da će brzo biti potrebne popravke). Nezgode definiše kao otkaz koji obuhvata štetu koja je ograničena na delove ili jedinicu, bilo da otkaz remeti sistem ili ne. Zbog jasnoće i boljeg razumevanja, na ovom mestu uvodi se sledeća konvencija: nesreća (eng. *accident*) i nezgoda (eng. *incident*) zajedničkim imenom će se nazivati udes. U prvom delu disertacije ovi događaji sa namerom su se vodili i navoditi isključivo kao neželjeni događaji.

Vodovodni sistem može da otkaze na više načina. Tradicionalno, režimi otkaza tiču se količine, pritiska, kvaliteta vode i kontinuiteta snabdevanja. EPA (2007) nudi nešto drugačiju klasifikaciju režima otkaza koja se tiče kapaciteta, performansi, istrošenosti i efikasnosti.

- u pogledu kapaciteta, otkaz nastaje kada potrebe prevazilaze projektovani kapacitet, recimo zbog rasta ili širenja sistema,
- u pogledu performansi (nivoa usluga), otkaz nastaje kada funkcionalni zahtevi prevazilaze projektovani kapacitet, kada nisu ispunjeni pojedini regulatorni zahtevi ili je povećan broj neispravnih uzoraka vode,

- u pogledu istrošenosti, otkaz nastaje kada istrošenost sredstva smanjuje performanse ispod prihvatljivog nivoa, i tiče se fizičkog propadanja usled starosti, intenzivne upotrebe, dejstva prirode,
- u pogledu efikasnosti, otkaz nastaje kada troškovi funkcionisanja prevazilaze moguće alternative, što se odnosi na period isplativosti.

Otkaz sistema za distribuciju vode Fares i Zayed (2009) klasifikuju kao neispunjenje ugovorenog nivoa usluga (otkaz performansi) i mehanički kvar. Pri tome, mehanički kvar (kvar cevi) definišu kao nemogućnost da se zadovolje osnovni zahtevi distributivnog sistema, neuspeh da se zadovolji potražnja korisnika ili neuspeh da se održi pritisak u specifičnim granicama.

Kontaminacija vode za piće je identifikovana kao glavni problem u mnogim zemljama, i privlači pažnju javnosti u pogledu diskusija o pitanjima bezbednosti vode za piće i upravljanja rizikom kod vodovodnih sistema. Problematika bezbednosti voda dobija na važnosti u stručnoj i široj javnosti, podstaknuta publicitetom zbog izbijanja nekih hidričnih bolesti kojima je bilo izloženo stanovništvo u mnogim delovima sveta. Westrell (2003), koja se bavila kvalitetom vode, otkaz sistema u smislu kvaliteta vode vidi kroz:

- pojavu bolesti u vezi sa vodom za piće,
- pojavu bolesti z vezi sa rekreativnim vodama,
- pojavu bolesti u vezi sa sa ponovnom upotrebom otpadnih voda i mulja.

Otkazi u pogledu kvantiteta i kvaliteta vode svakako su najčešće percipirani, ali sistem za snabdevanje vodom mora i da podjednako održivo funkcioniše (odnosno može da otkáže) u socijalnom, ekonomskom i ekološkom pogledu, i u vremenu, ali i po pitanju odnosa sa javnošću i bezbednosti i zdravlju na radu. Prepoznati neželjeni događaji za vodovodni sistem navode se uporedo sa razvojem jednog primera u poglavlju V ove disertacije.

Predviđanje otkaza sistema je svakako prirodan zahtev koji može da postavi neko ko ima za zadatak da upravljanja vodovodnim sistemom. Proces predviđanja kvarova cevi, na primer, stoga ima važnu ulogu u upravljanju infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema, u procesima podrške planiranju i donošenju odluka (Martins, 2011). Takav proces ima za cilj procenu budućeg ponašanja sistema. Međutim, prognoza kvarova je

složen proces, jer dostupni podaci o kvarovima često predstavljaju samo kratku istoriju kvarova i nepotpune evidencije.

U principu, svi modeli za predviđanje kvarova imaju tendenciju da u potpunosti ne prepoznaju i na odgovarajući način ne modeliraju osnovne procese koji se dešavaju. Ali, pri tome, pucanje cevi je samo jedan oblik kvara vodovodnog sistema. Pre udubljivanja u modele, pre matematičkog modeliranja, ne realnosti nego podataka koje smo subjektivno odabrali da modeliramo, možda nije loše postaviti jedno sasvim neočekivano pitanje. Da li je za pucanje cevi kriva cev? Da li, ako pukne jedna cev, a bez snabdevanja vodom ostane čitavo naselje zato što zatvarači nisu ispravni, da li su u tom slučaju zatvarači krivi? Kvar vodovodnog sistema se, generalno, shvata kao događaj koji se, naravno, povremeno dešava i koji treba otkloniti, i za koji treba odrediti odgovarajuću, da li reaktivnu da li proaktivnu strategiju. Ali, da li smemo, bar za trenutak da pomislimo, da kvar nije dopustiv, pošto vodovodni sistem treba da bude sistem sa visokom pouzdanošću, zar ne? Da li nam kvar služi za opravljavanje i eventualno uvođenje u evidenciju? Ponekad i za modeliranje? Šta zapravo predstavlja kvar cevi kao neželjeni događaj i kako ga percipirati? Da li u kvaru cevi vidimo isključivo cev? Šta je sa čitavom prošlošću te cevi, kroz sve faze njenog životnog veka, u kojoj su uloge imali investitori, projektanti, izvođači, operateri, svi kao pojedine interesne strane? Odgovori na ova pitanja ponudiće se u nastavku.

II.8.2 Posledice neželjenih događaja

Nakon definisanja neželjenih događaja u sistemu za snabdevanje vodom u nastavku će se razmotriti mogućnost sagledavanja posledica fizičkog kvara i narušenog kvaliteta vode. Ovde se treba podsetiti tvrđenja Johnson-a (2003) koji kaže da je troškove teško proceniti kada bezbednosti preti ljudska greška, sistemski otkaz ili menadžerski propust.

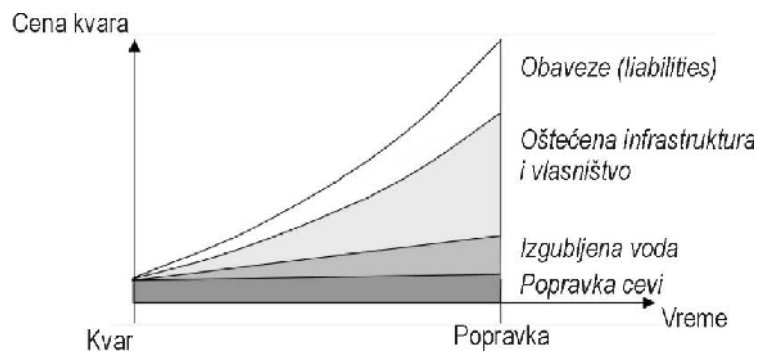
II.8.2.1 Posledice fizičkog kvara u sistemu za snabdevanje vodom

Sud o potencijalnim posledicama svojstven je svakoj proceni rizika (Fares i Zayed, 2009). Posledica podrazumeva gubitak ili štetu neke vrste. Posledice u vezi sa kvarom cevi Makar i Kleiner (2000) svrstavaju u tri osnovne kategorije:

- direktni troškovi; što su troškovi opravke, izgubljena voda, odštetni zahtevi, itd.;

- indirektni troškovi; što su troškovi prekida snabdevanja, pogoršano stanje sredstava, smanjen kapacitet zaštite od požara, itd.;
- socijalni troškovi; što su troškovi degradacije kvaliteta vode, smanjenje reputacije, ometanje saobraćaja, troškovi prekida snabdevanja bolnica, škola, itd.

Primer direktnih troškova su i uzrokovane materijalne štete, štete po ljudsko zdravlje, štete po životnu sredinu, štete po osnovu gubitka vode i smanjene proizvodnje, troškovi popravke, troškovi sanacije i čišćenja, i tako dalje. Pri detaljnom proračunu posledica kvara Fuchs-Hanusch i dr. (2012) uključuju i naknade za zauzeće saobraćajnica. Misunas (2005) je gubitke u vezi sa kvarom cevi prikazao na slici 18.



Slika 18. Gubici u vezi kvara
(Misunas, 2005)

Neki od indirektnih troškova su parnice i povrede ugovora, nezadovoljstvo potrošača, političke reakcije, gubitak tržišnog udela, kazne i penali državne administracije (Muhlbauer, 2004; Bhave, 2003). Posredne posledice je teže kvantifikovati u novčanoj vrednosti (Muhlbauer, 2004).

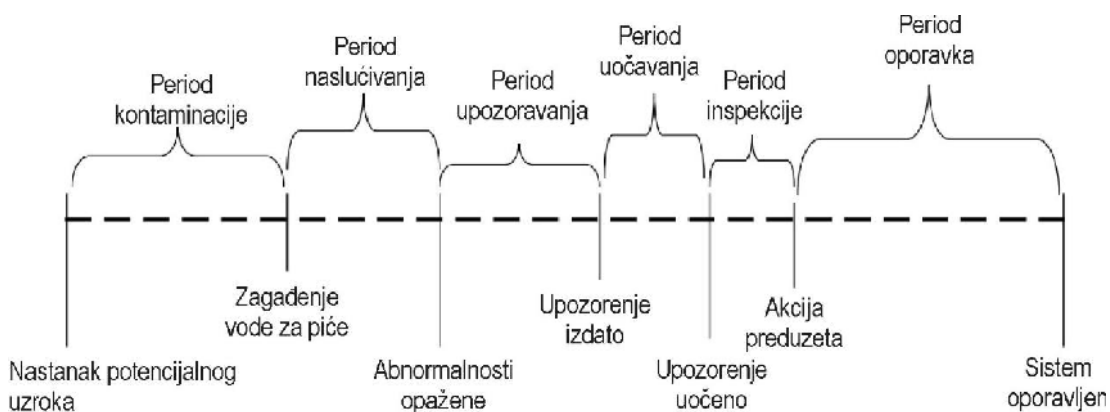
Linhe (2008) za posledice uzima pokazatelj izgubljenih minuta kod potrošača (eng. *Customer Minute Lost* - CML), koji je originalno uveden u elektrodistribucionim sistemima (Nordgard, 2010). Iako veoma važan, parametar je indikacija samo jedne vrste posledica. Pored toga, sistemi male zrelosti, bez razvijenog registra sredstava na bazi GIS-a (na primer), nemaju ni tehničkih mogućnosti da odrede ovaj parametar.

Generalno govoreći, (tačne) posledice nekog kvara nije moguće odrediti jer na njih utiče i vreme proteklo do sticanja informacije da je do kvara došlo, brzina reagovanja na saniranju kvara, ali i okruženje. Jedan od primera koji ilustruje potonje je kvar vodovodne

cevi u centru Beograda kojom prilikom su poplavljeni trezori banke sa vrednim umetničkim delima.

II.8.2.2 Posledice narušenog kvaliteta u sistemu za snabdevanje vodom

Razmatrajući događaje sa narušenim kvalitetom vode Wu (2009) ističe su oni retko jednokratni događaji i da se nezgode obično razvijaju u vremenu i traju po nekoliko dana. Razvoj (ili životni ciklus) tipičnog incidenta vode za piće je prikazan na slici 19. Analizom više desetina slučajeva, Wu primećuje da sami korisnici i regulatori mogu da imaju važnu ulogu u sprečavanju ozbiljnijih posledica tokom ovih događaja, a njihova uloga da osete nenormalnosti, da prijave nenormalnosti, i da se usklade sa merama koje operater vodovoda preduzima ustvari direktno određuje posledice.



Slika 19. Razvoj (ili životni ciklus) tipičnog incidenta sa kvalitetom vode za piće (prema Wu, 2009)

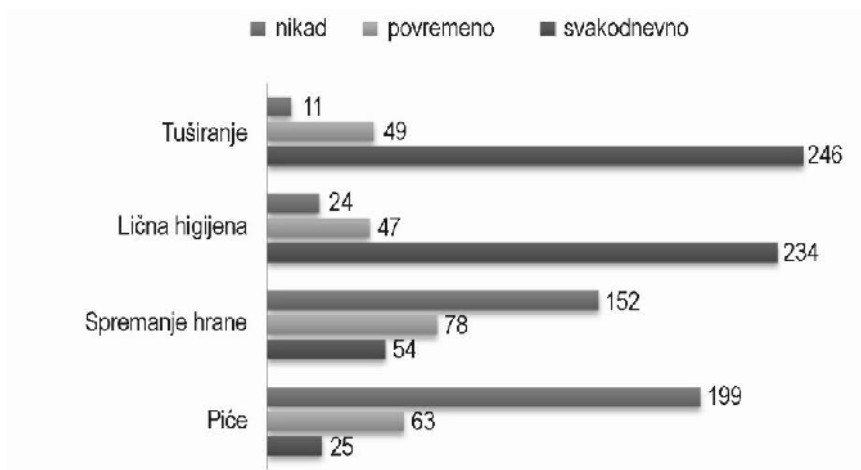
U Evropi, opis masovnih posledica sa narušenim kvalitetom vode za Irsku i Veliku Britaniju navodi Semenza i dr. (2007), za Republiku Irsku navodi Bradley (2007). Primer masovnih posledica sa kvalitetom vode je slučaj Bergen (Norveška) iz 2004. kada usled epidemije izazvane patogenom protozom Giardia 1400 stanovnika imalo dijagnozu Giardioza, sa procenom da je određene stomadne tegobe imalo između 4000 i 6000 ljudi (Ivetić, 2014).

U Severnoj Americi zabeležen je značajan broj hidričnih epidemija (Yoder i dr., 2008). Dramatičan slučaj izbijanja hidrične epidemije u Kanadi bio je u Walkerton-u 2000. godine, gde se razbolelo više od 2300 ljudi, a sedam umrlo. Pored negativnih efekata na zdravlje ljudi, slučaj Walkerton imao je značajan ekonomski trošak, procenjen na preko 65 miliona CAD uključujući i troškove 9.5 miliona CAD za javne istrage radi istraživanja

dogadaja (Rizak i Hrudey, 2007). Nakon pojave kriptosporidija u Milvokiju, Wiskonsin u SAD, 1993. godine, izazvanih criptosporidium oocysts koji su prošli kroz jedno gradsko postrojenje za tretman (MacKenzie i dr., 1994), procenjeno je da se tokom dve nedelje razbolelo 403000 stanovnika u oblasti Milvoki, sa 54 smrtnih slučajeva koji se pripisuju ovoj pojavi (Hoxie i dr., 1997). Troškovi bolesti za slučaj Milvoki procenjeni su na 96.2 miliona USD (Corso i dr., 2003).

U Srbiji je u periodu 2003. -2012. registrovano 30 hidričnih epidemija sa oko 1400 obolelih osoba, kao posledica korišćenja mikrobiološki neispravne vode za piće (Ilić, 2013). Pri tome, u 2012. godini nezadovoljavajući kvalitet bio je u 44% kontrolisanih javnih vodovoda, mikrobiološka neispravnost konstatovana je kod 14% vodovoda, fizičko-hemijska kod 12%, a udružena kod 21% kontrolisanih centralnih vodovoda (Matić i dr., 2013; „M.J.Batut”, 2013), a slične cifre su i za naredne godine. Tako su 2014. godine registrovane tri hidrične epidemije usled korišćenja mikrobiološke neispravne vode za piće i to iz individualnih objekata seoskih naselja („M.J.Batut”, 2015).

Procena da dođe do narušenog kvaliteta vode koja se isporučuje korisniku je jedna stvar, a da takav narušeni kvalitet uzrokuje hidričnu epidemiju, opet, druga stvar, veoma delikatna i nezahvalna za procenu. Istraživanje koju je sprovela Drobac (2015) nakon utvrđenog narušenog kvaliteta vode u vodovodnom sistemu grada Užica, odnosno povećanih koncentracija cijanobakterija, bavilo se upotrebom vode u toku zabrane korišćenja i konzumacijom ribe iz akumulacije Vrutci. U toku zabrane korišćenja vode iz vodovodne mreže, većina anketiranih ispitanika (od ukupno 320) nije koristila vodu za piće iz gradskog vodovoda (69%), manji broj je to činio povremeno (22%) i još manje ispitanika svakodnevno (9%). Oko polovine ispitanika (53%) tada nije koristilo ovu vodu za spremanje hrane, dok je druga polovina to radila povremeno (28%) ili svakodnevno (19%). Za ličnu higijenu (pranje ruku, zuba, umivanje) 77% ispitanika je svakodnevno koristilo ovu vodu u toku zabrane, dok je 15% to radilo povremeno, a 8% nikad. U toku zabrane korišćenja za tuširanje, ovu vodu je svakodnevno koristilo 80 % ispitanika, 16 % povremeno i svega 4% nikada, slika 20.



Slika 20. Upotreba vode iz vodovodne mreže Užica u toku zabrane korišćenja (prema Drobac, 2015)

Procenat ispitanika koji u poslednje tri godine nisu konzumirali ribu iz akumulacije Vrutci iznosio je 68%. Sa druge strane, na godišnjem nivou 17% ispitanika je konzumiralo ribu. Može se uočiti pad konzumacije jer se pre decembra 2013. godine 23 ispitanika hranilo ribom, dok se nakon decembra taj broj smanjio na 7. Treba napomenuti da postoji 18 (5.9%) ispitanika koji su se tokom poslednjih godina svakodnevno hranili ovom ribom, a njih 5 (2%) to još uvek praktikuje i nakon cvetanja vode. Navedeni podaci potvrđuju nezahvalnost procena posledica razmatranog neželjenog događaja.

Kao rezime čitavog odeljka navode se zaključci razmatranja pojedinih slučajeva upravljanja vodama u širem smislu, da su sistemi kojima upravljamo složeni, nepredvidljivi i odlikuju se neočekivanim odgovorima na pojedine upravljačke mere (Pahl-Wostl, 2002), te je hipotetičko određivanje posledica njihovih otkaza svakako veoma delikatno. Ovim saznanjima veoma se ugrožava sam cilj naučnog istraživanja koji se tiče metodologije analize rizika, odnosno dovodi se u pitanje mogućnost sagledavanja rizika uopšte. Ako je već konstatovan problem sa određivanjem verovatnoća neželjenih događaja, a upravo se konstatuje problem sa određivanjem posledica, šta ostaje od rizika? Odgovor na ovo pitanje će neko vreme stajati u vazduhu, nakon čega će autor izneti svoje mišljenje.

II.9 LJUDSKI I ORGANIZACIONI FAKTORI

II.9.1 Unapređenje postupka donošenja odluka

Važna uloga procesa donošenja odluka svakako je da unapredi uključivanje analize rizika u razvoj sistema, zbog činjenice da je veliki broj neželjenih događaja svoje korene imao upravo u procesu planiranja i projektovanja. Generalno i tradicionalno, pri projektovanju fokus se uglavnom stavlja na tehnički sistem. Inženjerski objekti se planiraju, projektuju i izvode tako da imaju određene nedostatke; oni ne mogu da budu izgrađeni u skladu sa idealnim namerama, i kao takvi zahtevni su za funkcionisanje i održavanje. Pored toga, u faze projektovanja i funkcionisanja objekta su po pravilu uključene različite organizacije. Odluke donete u fazi planiranja i projektovanja utiču, pa stoga treba da se odraze, na kasnije faze životnog ciklusa infrastrukturnih sistema (Hale, 2007). Bea (2001) takođe ističe da je osnovni rizik povezan upravo sa ljudskim i organizacionim faktorima koji se razvijaju tokom životnog ciklusa infrastrukturnog sistema.

Prema tome, generalno je prihvaćeno da se većina nesreća u industriji na neki način može pripisati čoveku, kao i tehničkim faktorima, u smislu da ih akcije ljudi pokreću ili doprinose nesrećama, ili da ljudi mogu da deluju bolje da se nesreće izbegnu (HSE, 2003). Upravljanje ljudskim faktorima svakako ima vitalnu ulogu u kontroli rizika. Uspešno upravljanje ljudskim faktorima i kontrola rizika uključuje razvoj potrebnih mera koje treba da uzmu u obzir ljudske sposobnosti i nesavršenosti.

II.9.2 Ljudski faktori

„Ljudski faktori” su grana nauke i tehnologije koja uključuje ono što je poznato i postavljeno teorijom o ljudskom ponašanju i njegovim biološkim karakteristikama, što se validno može primeniti na specifikaciju, projektovanje, vrednovanje, funkcionisanje i održavanje proizvoda i sistema za unapređenje bezbednosti, efektivnosti i zadovoljavajuću upotrebu od strane pojedinaca, grupa i organizacija (Goodwin, 2007). Ljudski faktori obuhvataju veliki opseg pitanja, uključujući i perceptivne, fizičke i mentalne sposobnosti ljudi, kao i interakcije pojedinaca sa svojim poslom i radnim okruženjem, uticaj opreme i dizajna sistema na ljudske performanse, i iznad svega,

organizacione karakteristike koje utiču na bezbedno ponašanje na poslu. Kao i sa prethodnim pojmovima, puno istraživača, puno definicija.

Pri tome, pojmovi „ljudski faktori” i „ljudska greška” često se koriste kao sinonimi, ali kako je istakao (Gordon, 1998), važno je napraviti razliku između pozadinskih uzroka nezgoda (ljudskog faktora) i njihovih neposrednih uzroka (ljudske greške). Tradicionalno, ljudski faktori se definišu kao interakcija između čoveka i mašine, iako postoje mnoge varijacije (Dempsey i dr., 2006). Ljudska greška može da se definiše kao otkaz planiranih akcija da bi se postigli željeni ciljevi, bez udela nekog nepredvidivog događaja. Prema Jacobs-u i Haber-u (1996), ljudske greške su obično deo većih, organizacionih procesa koji podstiču nebezbedne aktivnosti, koji na kraju proizvode otkaz sistema.

Analiza ljudske pouzdanosti (eng. *Human Reliability Analysis* - HRA) nastala je iz potrebe da se opišu pogrešne ljudske radnje u kontekstu probabilističke procene rizika (Hollnagel, 2000). Kako se, istorijski, težište krivice za neželjene događaje pomerilo sa tehnoloških na ljudske uzroke, 80-tih godina prošlog veka, trend je uticao da su pojedini autori predložili da se uzrok čak 80% svih nesreća može pripisati ljudskoj grešci (Whittingham, 2003). Sveobuhvatan pregled HRA literature navode Dhillon i Liu (2006), zajedno sa pregledom primenjenih istraživanja u različitim sektorima.

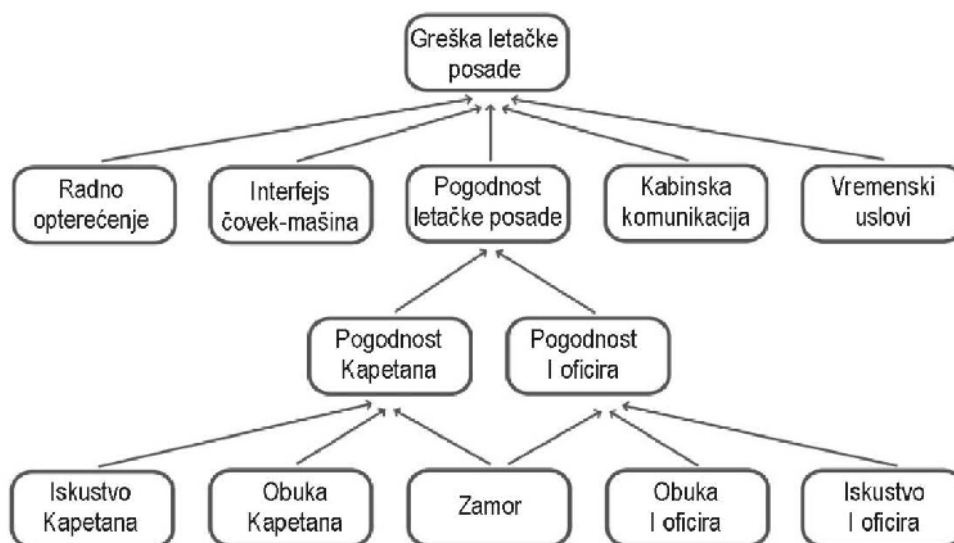
Međutim, Leveson (2004) navodi da ljudski element ne može biti projektovan. Ljudi nisu isto što i komponente tehničkog sistema. Oni nemaju verovatnoću „otkaza” poput komponenti. Inženjeri ne mogu da dodele karakter, toleranciju rizika ili stalni visoki nivo motivacije koji su potrebne za donosioca odluke ili operatera.

II.9.3 Organizacioni faktori

Organizacioni faktori prema Bellamy i dr. (2008) karakterišu se raspodelom zadataka, osmišljavanjem radnih mesta, i obuhvataju izbor, obuku i kulturu, i njihovu koordinaciju radi ostvarivanja aktivnosti. Glavna pitanja organizacije i bezbednosti obuhvataju faktore kao što su složenost (procesa, fizičkih komponenti, kontrola i zadatka), veličinu i starost postrojenja i faktore oblikovanja bezbednosnih performansi organizacije, kao što su

liderstvo, kultura, nagrade, ljudstvo, komunikacija i koordinacija i socijalne norme i pritisci.

Tokom niza godina razvijani su QRA uz uključivanje ljudskih i organizacionih faktora. Neki od primera iz nuklearne, avio i offshore industrije su I-RISK (Bellamy i dr., 2000), Uzročno modeliranje avio bezbednosti (CATS) (Ale i dr., 2009), Organizacioni model uticaja rizika (ORIM) (Øien, 2001), Barijere i operativna analiza rizika (BORA) (Aven i dr., 2006), slika 21.



Slika 21. Ilustracija modela performansi letačke posade (prema Ale i dr., 2009)

Iste tehnologije koje omogućavaju rast i obećavaju globalni prosperitet takođe mogu da izazovu velike poremećaje i neželjene dugoročne posledice (Leveson, 2004). Da bi se nosili sa i upravljali takvim rizicima (Beck, 1992), moramo razumeti ne samo tehnologije, već i organizacije i institucije koje implementiraju, održavaju i razvijaju se zajedno sa tehnologijama. Organizacioni faktori imaju ulogu u skoro svim udesima i predstavljaju kritičan deo njihovog razumevanja i sprečavanja. Dva istaknute škole mišljenja obrađuju organizacione aspekte bezbednosti: Teorija Normalnih Udesa (NAT) (Perrow, 1984) i Visoko Pouzdane Organizacije (HRO) (LaPorte 1996; LaPorte i Consolini 1991; Roberts 1990; Rochlin i dr., 1987; Weick 1987), koje će se kasnije detaljnije razmotriti.

Organizacioni faktori sadrže se, na kraju krajeva, i u kontroli kvaliteta, koja rečeno jezikom Kaizen-a (Imai, 1986), zahteva saradnju svih ljudi u kompaniji, uključujući i:

- top menadžment, menadžere, supervizore i radnike (aspekt organizacije),
- u svim oblastima korporativnih aktivnosti, kao što su istraživanje tržišta i razvoj proizvoda, planiranje, projektovanje, pripreme za proizvodnju, nabavku, upravljanje nabavkom, proizvodnja, kontrola , prodaja i servisne službe (aspekt životnog ciklusa),
- kao i finansijsku kontrolu, osoblje administracije, i obuku i obrazovanje.

II.9.4 Faktori rukovodstva

Rukovodstvo igra važnu ulogu u latentnim uzrocima neželjenih događaja, kako ih je klasifikovao (Reason, 1990). Socijalni i faktori rukovodstva mogu da spreče da se preduzimaju korektivne akcije, čak i ako se potencijalne opasnosti identifikuju. Ovi faktori potiču iz kulture unutar organizacije. Westrum (1992) identifikuje patološku kulturu koja „ne želi da zna” o pitanjima u vezi sa bezbednošću. U takvom okruženju, menadžment će izbegavati bilo kakvu odgovornost za pitanja bezbednosti. Osobe koje prijavljuju kršenje bezbednosti se smatraju neposlušnima. Bilo kakav neuspeh da se postignu bezbednosni ciljevi se ili kažnjava ili prikriva. Nasuprot tome, birokratska kultura sluša glasnike, ali je odgovornost odeljena tako da bilo kakvi propusti dovode isključivo do lokalnih korekcija. Poboljšanja bezbednosti se efektivno ne komuniciraju između grupa u okviru iste organizacije. Nove ideje se mogu posmatrati kao problem. One se čak mogu posmatrati kao pretnja od strane nekih ljudi unutar organizacije. Konačno, generativna kultura aktivno traži poboljšanja bezbednosti. Glasnici su obučeni i nagrađeni, a odgovornost za neuspeh deli se na više različitih nivoa unutar organizacije. Bilo kakvi neuspesi takođe dovode do dalekosežnih reformi, a nove ideje su dobrodošle. Generativna kultura tipična je za visoko pouzdane organizacije.

RIZIK U VODOVODNIM SISTEMIMA

II.10 ANALIZA RIZIKA U VODOVODNIM SISTEMIMA

Počevši od definisanja rizika, preko razmatranja okvira i metoda analize rizika, pa do pregleda specifičnih pojmova o riziku i elemenata slike rizika došli smo do poglavlja zbog kojeg smo sve prethodno i sagledavali. Do nedavno, opšta percepcija u sektoru voda bila je da analiza rizika obezbeđuje samo okvir za razmatranje zdravstvenih aspekata, bezbednosti i zdravlja na radu, i incidenata u životnoj sredini, u skladu sa zahtevima pojedinih ISO standarda za koje se vodovodna preduzeća sertifikuju. Ova percepcija je možda nastala iz svesti o najočiglednijoj upotrebi procene rizika u opasnim sektorima, kao što su nuklearna, hemijska i naftna industrija, gde postoje i zakonske obaveze sveobuhvatne procene rizika, SEVESO direktiva, na primer (The European Parliament, 2012). Međutim, dok su ove primene svakako važne, procena rizika se u ovim industrijama takođe primenjuje i radi unapređenja poslovanja.

Pri razmatranju rizika u sektoru voda Marlow i dr. (2003) navode da generalno postoje niži nivoi opasnosti nego u drugim sektorima. Pored toga, vrednost prenošenog proizvoda (pitka voda) je relativno niska. Pristup održavanja tehničke ispravnosti sredstava na način „popravke kvarova” zbog toga može da bude tolerisan mnogo više nego u drugim sektorima. Osnova za primenu formalizovanih tehnika procene i upravljanja rizikom je stoga bila niža nego u drugim opasnijim industrijama. U procesu transformacije društva i promene vlasništva dolazi do sve većeg pritiska na vodovodne sisteme da smanje troškove, pri održavanju i unapređenju nivoa usluga. Iz toga proističe i zahtev za promenu stava, kako inženjera tako i donosioca odluka, prema riziku. Shodno tome, sada postoji više zahteva za primenu formalnih tehnika procene rizika.

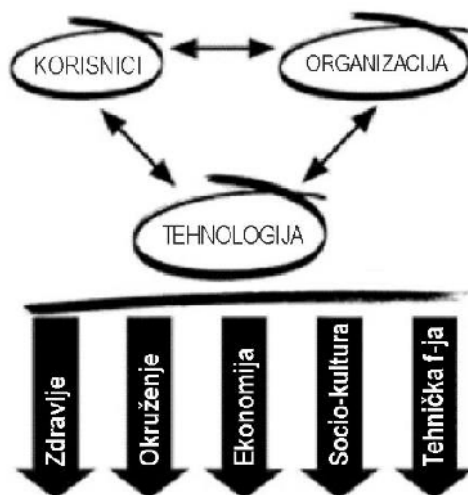
Sposobnost da se shvati, komunicira, procenjuje i upravlja rizik sve više postaje suštinska poslovna delatnost. Brojna velika vodovodna preduzeća počela su da integrišu svoje odgovornosti za finansijsku kontrolu zajedno sa svojim programima za upravljanje rizikom, uključujući i one koje postoje za upravljanje sredstvima i poštovanje propisa (Pollard, 2005). Sektor voda doživljava značajan pomak u pristupu upravljanja rizikom na onaj koji je sve više eksplicitno i bolje integrisan sa drugim poslovnim procesima. Ovo

je delom odgovor na planove upravljanja sredstvima (finansijska i ekološka regulacija), javnog zdravlja (bezbednost vode za piće) i zaštite životne sredine (npr. upravljanje slivom), ali takođe može predstavljati veće prepoznavanje da snabdevanje bezbednom vodom za piće zaslužuje da bude tretirano kao „visoko pouzdana” usluga (Pollard, 2005).

Preventivno upravljanje rizikom je postalo ključni koncept u snabdevanju vodom za piće nakon aktivne promocije pristupa višestrukih barijera (Havelaar, 1994), objavljenih revidiranih smernica vode za piće WHO (2008) i raznih istraživanja pojava bolesti (Hrudey i Hrudey, 2004; Smeets i dr., 2008). Polard i dr. (2004) ističu da metodologija za analizu rizika može pružiti dragocenu podršku za planiranje i optimizaciju procesa, ali bez građenja odgovarajuće kulture upravljanja rizikom i zagledani samo u tehnički deo problema, sposobnost da se spreče incidenti je ograničena (Pollard, 2005). Prema tome, brojni su izazovi sa kojima se treba suočiti.

II.10.1 Ciljevi funkcionisanja sistema za snabdevanje vodom

Opštinska infrastruktura je mesto složenog preplitanja većine aspekata ljudskog društva (Vanier i dr., 2006). Efikasno i ekonomično upravljanje opštinskom infrastrukturom nije jednostavno. Donosioci odluka moraju da se suoče sa većinom izazova koje predstavljaju složeni uslovi, kao što su nedostatak transparentnosti, unutrašnja dinamika, međusobno zavisne promenljive, i nepotpuno razumevanje sistema (Dorner, 1996). Definisane ciljeva je prvi korak u rešavanju ovog složenog problema. Podsetimo se da jedna od ponuđenih definicija (ISO, 2009a), rizik stavlja nasuprot ciljevima. U tom smislu rizik se može karakterisati kao mera značajnosti odstupanja od cilja. Više autora je pisalo o strukturisanju ciljeva. Mysiak i dr. (2010) navode primere kratko-, srednje- i dugo-ročnih ishoda u odnosu na sveukupne ciljeve upravljanja prirodnim resursima i načela životne sredine. Malmquist (2002, 2005) navodi pet centralnih grupa ciljeva (tj. aspekata održivosti), i to: zdravlje i higijena, životna sredina i korišćenje resursa, tehnologija i funkcija, ekonomija i socijalno – kulturni, slika 22.



Slika 22. Konceptualni okvir „urbanih voda”
(prema Malmquist, 2002,2005)

Svetska zdravstvena organizacija je 2005. godine predstavila okvir za bezbednost vode za piće, u skladu sa ciljevima koji se zasnivaju na zdravlju (WHO, 2005). Takve ciljeve treba uspostaviti od strane visokog nivoa hijerarhije u vodovodnoj organizaciji pod realnim operativnim uslovima sa specifičnim ciljem da se zaštiti i poboljša javno zdravlje. Od značaja su sledeće četiri vrste ciljeva:

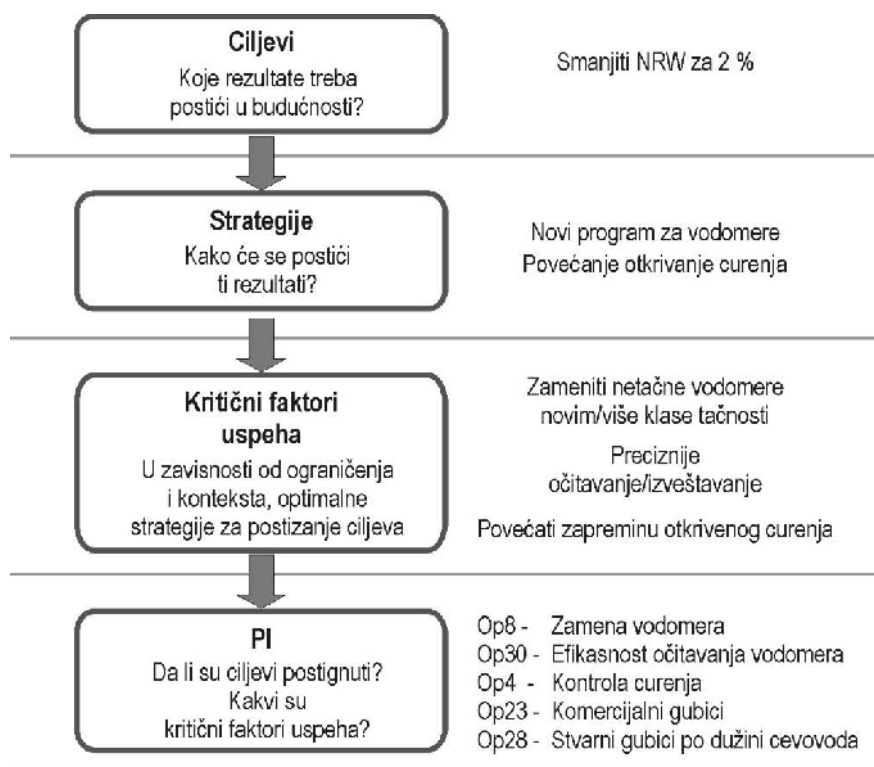
- zdravstveni ciljevi smanjenja rizika od bolesti,
- ciljevi kvaliteta vode izraženi kao preporučene vrednosti za aspekte vode za piće koji predstavljaju zdravstveni rizik zbog dugotrajnog izlaganja ili promenljivih koncentracija,
- ciljevi učinka usmereni na aspekte koji predstavljaju zdravstveni rizik zbog kratkoročnog izlaganja i zdravstvenih implikacija za fluktuacije u broju i koncentraciji,
- specifični tehnološki ciljevi, npr. za sisteme za snabdevanje manjih opština, zajednica i domaćinstava.

Primarni cilj vodovodnih sistema je, dakle, snabdevanje vodom:

- koja je bezbedna, tj. bez bilo kojih patogenih mikroorganizama i hemikalija,
- koja je prihvatljiva, tj. bez mirisa, dobrog ukusa i u koju potrošači imaju poverenje,
- koja je pouzdana, tj. obezbeđeno neprekidno snabdevanje.

Ciljeve zasnovane na zdravlju WHO (2008, 2009) navodi kao ciljeve: zdravstvenih ishoda (epidemioloških i na bazi procene rizika), kvaliteta vode, performansi i pojedine tehnologije.

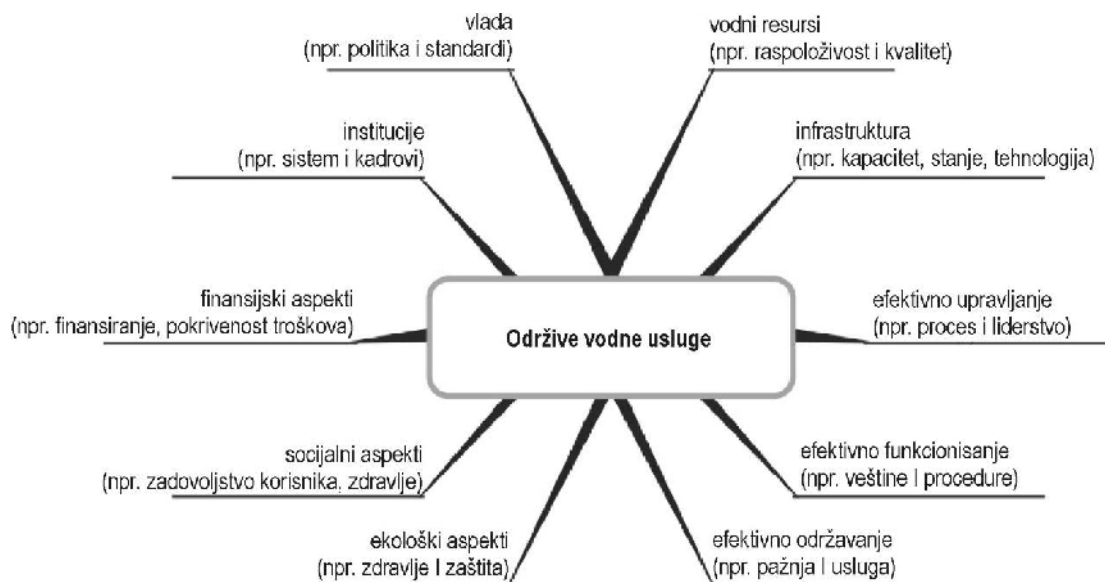
Alegre i dr. (2006) predstavlja strukturirani proces podrške donošenju odluka, počevši od postavljanja ciljeva, definisanja kriterijuma, razvoj mernog sistema i zadavanje željenih vrednosti, slika 23. Ciljevi se mogu postavljati na osnovu pravnih i regulatornih zahteva, lokalnih zahteva, standarda (npr. ISO 24500:2007, EN 752, ISO 55000), tehničkih smernica (DVGW), najbolje prakse i slično. Ciljevi se razvijaju u kriterijume za vrednovanje ciljeva - performanse, a merni sistem se formira od indikatora (pokazatelja) prethodno određenih performansi. Ova linija se završava izborom željenih vrednosti indikatora za vodovodni sistem u datom kontekstu - benčmarkova.



Slika 23. Strukturirani način za merenje ciljeva (prema Alegre i dr., 2006)

Brojni su, a opet veoma slični, načini hijerarhisanja ciljeva, da li se postavljaju na regionalnom, nacionalnom ili lokalnom nivou. Kriterijumi karakteristika nemačkog sektora voda (WVGW, 2011) su dugoročna bezbednost snabdevanja i raspoloživost, visok kvalitet vode za piće, visoki standardi odvođenja otpadnih voda, visoko zadovoljstvo korisnika i održivo korišćenje vodnih resursa, pri obraćanju pažnje na

ekonomsku efikasnost, sažeto kao: bezbednost, kvalitet, zadovoljstvo kupaca, održivost i ekonomska efikasnost. Jack i dr. (2011) navode aspekte održivosti snabdevanja vodom za južnoafričku praksu, slika 24.



Slika 24. Aspekti održivosti snabdevanja vodom (prema DWA, 2008)

Sud da li su performanse dobre ili loše, odgovarajuće ili neodgovarajuće, zavisi od ciljeva društva (NAP, 1996). Performanse vodovodnih sistema stoga treba da se mere u kontekstu društvenih ciljeva i mnoštva aktera koji koriste i pod uticajem su infrastrukturnih sistema. Kako društva mogu da budu više i manje zrela, ciljevi vodovodnih kompanija mogu da budu spregnuti sa ciljevima društva ili pak, na drugi način određivani. U svakom slučaju, metodologija analize rizika treba da započne od određivanja ciljeva vodovodnog sistema koji se razmatra, ako već nisu eksplicitno navedeni.

II.10.2 Strukturiranje rizika u vodovodnim sistemima

Na osnovu ciljeva snabdevanja vodom, trebaju se obuhvatiti dve široke kategorije rizika, tj. rizici u vezi kvaliteta i kvantiteta vode (Lindhe, 2008). SZO, međutim, naglašava da su, bez obzira na veličinu i složenost sistema, rizici u vezi kvaliteta vode od primarnog značaja. Pored toga, evidentno je da rizici u vodovodnim sistemima više nisu ograničeni na aspekte kvaliteta i kvantiteta. Hrudey i dr. (2006) navode da je nastanak rizika prvenstveno vođen povećanjem očekivanja korisnika i strogih zakonskih zahteva.

Drugi izazovi usled povećanih sektorskih promena, npr. privatizacija, globalizacija sektora, povećana konkurencija, nove tehnologije, trendovi ka finansijskoj održivosti takođe utiru put suočavanja sa nizom novih rizika (Hrudey i dr., 2006). Pored „postojećih rizika”, Rosen i dr. (2007) su u sklopu projekta TECHNEAU prepoznali značaj razmatranja mogućih „budućih rizika” (kako kažu) sa kojima će se vodovodne kompanije verovatno suočiti: sabotaža, teroristički napadi, sukobi, nove hemikalije, pojava patogenih, zabrinutost javnosti, klimatske promene i starenje sistema za distribuciju.



Slika 25. Hijerarhija rizika primenjena na sektor voda (prema Office Cabinet, 2002)

Pollard (2004) je na osnovu koncepta Office Cabinet-a (2002) naveo šest kategorija rizika na tri različita organizaciona niva, odnosno na operativnom, programskom i strateškom nivou, tabela 1.

- Rizici na strateškom nivou uglavnom se odnose na poštovanje propisa, komercijalne ciljeve i finansijske aktivnosti vodovoda. Ti rizici na strateškom nivou su, pre svega, u vezi sa odlukama o ulaganjima u infrastrukturu, aktivnostima spajanja i akvizicije, ugledu kompanije i dugoročnoj održivosti investicionih odluka;
- Rizici povezani sa upravljanjem sredstvima i sa postojećim slivom razmatraju se na programskom nivou. Lindhe (2008) navodi listu faktora koji predstavljaju rizik za vodovodnu infrastrukturu: rast populacije, povećanje potrošnje, industrijska i komunalna zagađenja, prirodne katastrofe, terorističke pretnje, nezadovoljni radnici i kompjuterski hakeri;
- Rizici na operativnom nivou odnose se na neuspeh određene komponente procesa na nivou postrojenja. Na ovom, nivou procesa, Pollard i dr. (2004) navode četiri

kategorije rizika: bezbednost i zdravlje na radu, kvalitet vode, količina vode i životna sredina. U vezi donošenja odluka u vodovodnim kompanijama Pollard i dr. (2004) identifikuju šest glavnih kategorija rizika, tabela 1.

*Tabela 1. Kategorije rizika i uzroka
(prema Pollard i dr., 2004).*

1.	Finansijski rizik	Proizlazi iz finansijskog poslovanja i upravljanja poslovanjem, sa interne i eksterne perspektive
2.	Poslovni (komercijalni) rizik	Generiše se od konkurencije među kompanijama zbog privatizacije i finansijske nestabilnosti
3.	Rizik po javno zdravlje	Neuspeh i neadekvatnost procesa tretmana i distribucije mogu da izazovu pretnju po zdravlje od različitih zagađivača
4.	Rizik po životnu sredinu	Uzrokovan otkazom opreme ili ljudskim greškama koje dovode do uticaja na životnu sredinu
5.	Rizik po ugled	Od gubljenja poverenja potrošača
6.	Usklađenost / pravni rizik	Nepridržavanje standarda za kvalitet vode, rukovanje i skladištenje hemikalija za tretman, ispuštanje otpada, i održavanje bezbednosti i zdravlja na radu operativnog osoblja i ljudi koji žive u blizini opasnih postrojenja

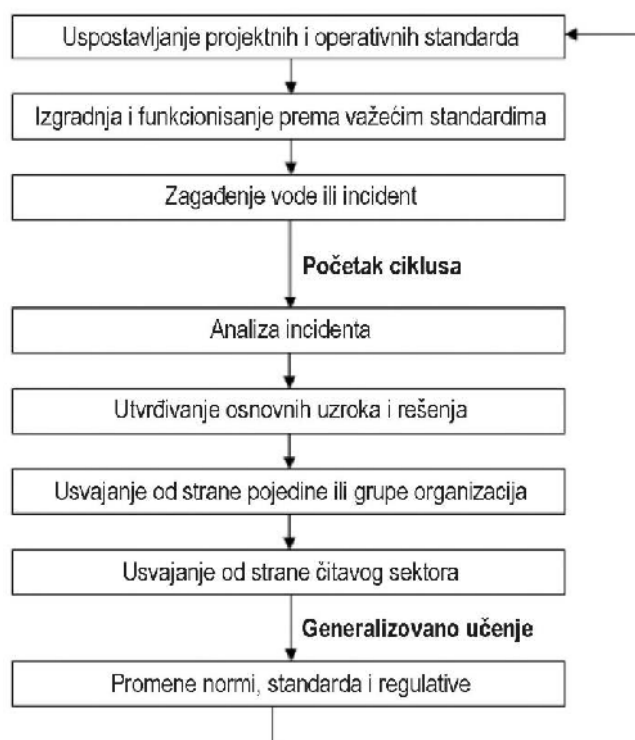
Zbog jake povezanosti između kategorija rizika Pollard i dr. (2004) ističu da posledice jednog rizika mogu da utiču na druge na različite načine, i da je zbog toga važno da se razvije okvir koji bi mogao uzeti u obzir sve kategorije rizika u nekom vodovodnom sistemu.

Da bi pravilno odrazila svojstva sistema analiza rizika treba da integriše čitav sistem vode za piće, od izvora do slavine. Potrebno je izvršiti posebne analize različitih delova sistema i, kako se navodi, „spojiti rezultate” (Lindhe, 2008). Integrisana analiza, kako kaže Lindhe, ima nekoliko prednosti, pod uslovom da se razmatraju interakcije između delova i događaja. Činjenica da vodovodni sistemi često imaju kompleksnu strukturu sa interakcijama između podsistema, kao i činjenica da su predmet širokog spektra rizika, analizu rizika čini važnim, kao i teškim zadatkom (Lindhe, 2008).

II.10.3 Tradicionalna analiza i upravljanje rizikom u sektoru voda

Tradicionalno, vodovodna preduzeća upravljaju rizikom držeći se retrospektivnog pristupa u kome prethodna iskustva ili incidenti obezbeđuju glavne ulazne elemente za razvoj standarda za planiranje, projektovanje i operativne procedure. Na osnovu opisa MacGillivray i Pollard (2008), upravljanje rizikom koje se sprovodi u sektoru voda može se opisati kao ciklus, slika 26. Projektovanje i funkcionisanje sistema za snabdevanje vodom sprovodi se držeći se ustaljenih pravila struke, procedura i standarda. Prema

MacGillivray i Pollard (2008), ciklus tradicionalnog upravljanja rizikom počinje kada se nakon nekog neželjenog događaja preduzme analiza radi identifikacije njegovih osnovnih uzroka. Analiza se zaključuje odgovarajućim rešenjima u tehničkim, operativnim ili administrativnim oblastima, kako bi se sprečilo ponavljanje neželjenog događaja. Identifikovana rešenja kasnije se prilagođavaju organizacijama. Ukoliko je opšte prirode, rešenje može biti prihvaćeno od celog sektora, što se ogleda u promenama u nacionalnim standardima i/ili regulativama.

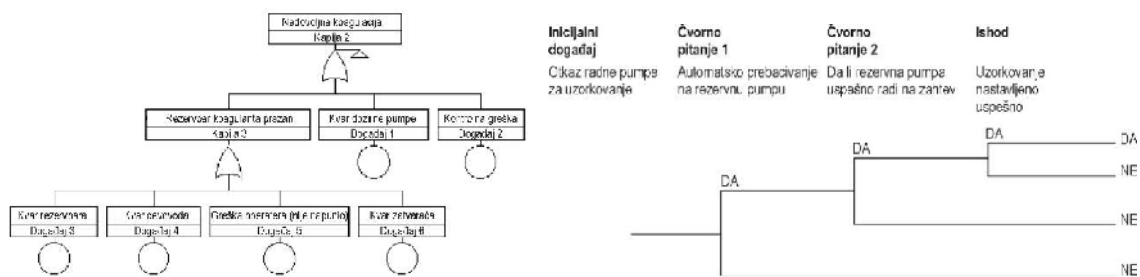


Slika 26. Tradicionalni procesi upravljanja rizikom u sektoru voda (prema MacGillivray i Pollard, 2008)

Pri obrazlaganju investicionog održavanja vodovodnih sistema Marlow i dr. (2003) daje pregled pragmatičnih pristupa za procenu rizika u sektoru voda Velike Britanije, odnosno različitih elemenata u vezi sa analizom rizika i upravljanjem sredstvima, gde je kontekst uređen na regulatornom nivou. Faktori koji utiču na rizik grupisani su u: regulatore, imovinu, operacije, strategije upravljanja i spoljne faktore, dok su posledice grupisane kao: direktni troškovi, indirektni / nematerijalni troškovi i strateške posledice. Izveštaj sumira:

- usluge koje pruža operater, i za njih: sredstva koja su uključena u pružanje usluga, indikatore nivoa usluga, faktore koji utiču na rizik, i potencijalne posledice u vezi sa otkazom usluga,
- sredstava koja su uključena u pružanje usluga (od zahvatanja do ispuštanja); rizici povezani sa sredstvima karakterišu se u odnosu na tipične otkaze, posledice i uticaj na uslugu.

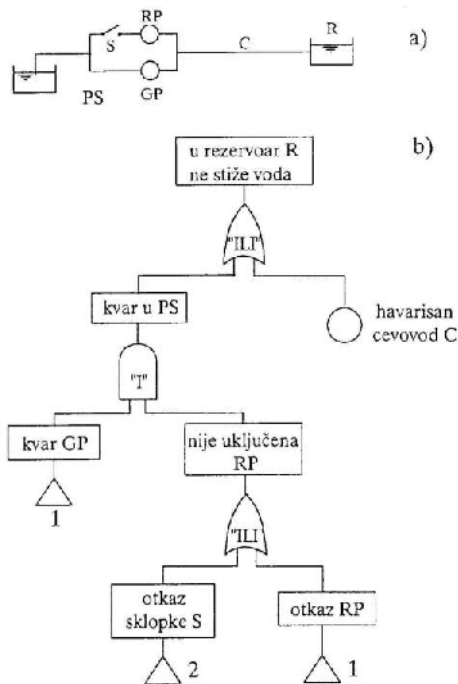
Primer grafičkih prikaza pojedinih metoda analize rizika prikazan je na slici 27.



Slika 27. Primer a) stabla otkaza i b) stabla događaja (prema Marlow i dr., 2003)

Razmatrajući postupak analize rizika u vodovodnom sistemu Tchorzewska (2012) predlaže metode prve (u vezi kvantiteta) i druge grupe (u vezi kvaliteta vode), a tom prilikom primenjuje mehanistička stabla otkaza, u kombinaciji sa semi-kvalitativnim matricama rizika, što je veoma daleko od modeliranja realnog sistema. Dašić (2003) ističe da je stablo otkaza jedna od metoda za analizu otkaza, pa time i pouzdanosti tehničkih sistema, koja se često koristi u svetu. Kod nas se, kako kaže, metod stabla otkaza koristi veoma retko, više na nivou istraživanja, i to pre svega u mašinskoj i elektromašinskoj industriji, a u hidrotehnici nije korišćen, mada je to jedna od oblasti tehnike gde bi imao puno opravdanje, pošto se radi o bezbednosti veoma delikatnih sistema, sa velikim brojem elemenata čija se pouzdanost mora pratiti, i sa nepovoljnim socijalnim posledicama ukoliko dođe do otkaza sistema.

Na slici 28 dat je primer jednog jednostavnog stabla otkaza za sistem sastavljen od tri elementa, kojim se voda od izvorišta transportuje do rezervoara (R). Pumpna stanica (PS) sastoji se od dve istotipne, paralelno vezane pumpe: glavna pumpa (GP) i rezervna pumpa (RP) koju u rad uključuje automatska sklopka (S) u slučaju kada GP ne radi.

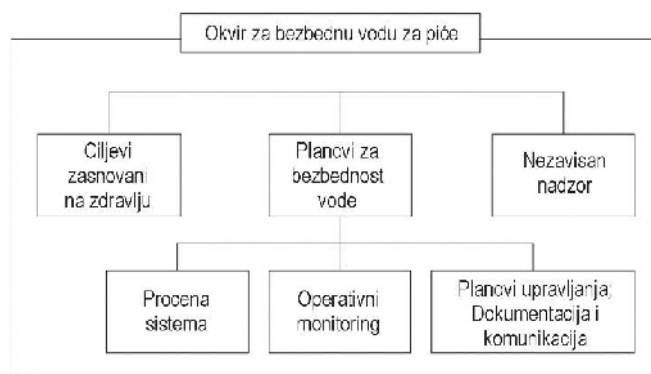


Slika 28. Primer formiranja stabla otkaza (prema Dašić, 2003)

Međutim, generalno govoreći, može se navesti da su sledeće prakse tipične kada se govori o analizi rizika u sektoru voda: Planovi za bezbednost vode, TECHNEAU okvir i HACCP.

II.10.4 Plan za bezbednost vode

Svetska zdravstvena organizacija je predstavila okvir za bezbednost vode za piće koji sadrži pet ključnih elemenata (WHO, 2005), od kojih tri sačinjavaju plan za bezbednost vode, slika 29.



Slika 29. Okvir za bezbednu vodu za piće (prema WHO, 2005)

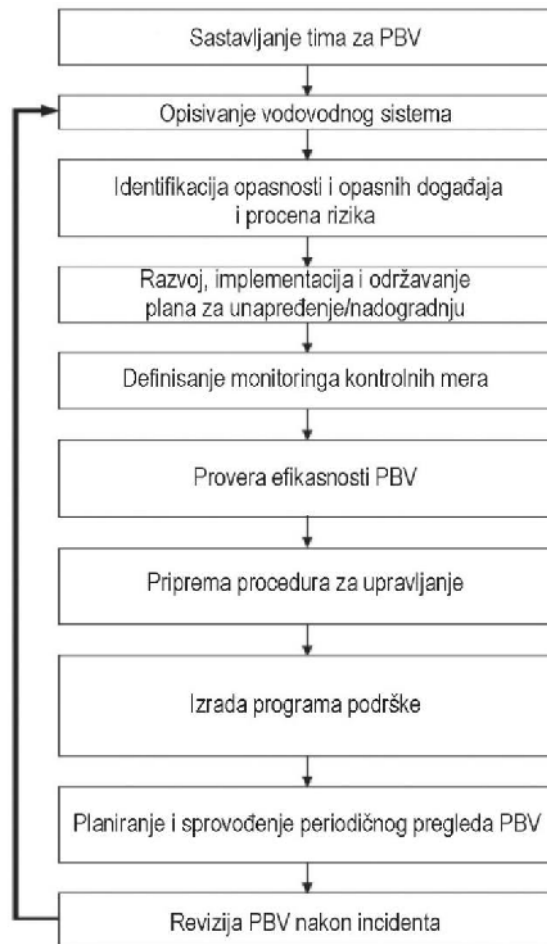
PBV (WHO, 2005) je izradio tim mikrobiologa pod vođstvom Davison-ove. Podnaslov dokumenta je „Upravljanje kvalitetom vodom za piće od sliva do potrošača”. Dokument je referentni materijal na kojem se zasniva obezbeđenje bezbedne vode za piće na bazi rizika. Dokument je praćen Smernicama (WHO, 2008, 2011) i Uputstvom (WHO i IWA, 2009), radi tumačenja, usmeravanja rada i davanja praktičnih uputstava za njegovu primenu.

PBV je, kako se navodi, najefikasniji (!) način (WHO, 2005) za konzistentno obezbeđivanje bezbednosti snabdevanja vodom za piće je kroz upotrebu sveobuhvatnog pristupa procene i upravljanja rizikom, koji obuhvata sve korake u snabdevanju vodom, od sliva do potrošača, odnosno razmatra sve komponente sistema. Pristup PBV je razvijen da organizuje i sistematizuje dugu istoriju prakse upravljanja koja se primenjuje na vodu za piće i da obezbedi primenjivost ovih praksi na upravljanje kvalitetom vode za piće (eksplicitno, a implicitno čitavim sistemom (Zenz-Šotić, 2015)). PBV pretenduje da se oslanja na više principa i koncepata iz drugih pristupa upravljanja rizikom, posebno na pristup višestukih-barijera i kritičnih kontrolnih tačaka. Razvoj PBV treba da bude vođen zdravljem, u skladu sa ciljevima, i nadziran kroz nezavisan nadzor (Rosen i dr., 2007).

Upravljanje mikrobiološkom bezbednošću vode za piće kroz PBV zahteva sistemsku procenu, kroz tri koraka tj. komponente:

1. prvi korak je procena razmatranog sistema, da bi se utvrdile potencijalne opasnosti koje mogu uticati na sistem i identifikovale kontrolne mere potrebne za smanjenje ili eliminisanje opasnosti,
2. drugi korak je operativni monitoring, da bi se obezbedilo da barijere u sistemu funkcionišu efikasno,
3. treći korak je plan za upravljanje, za opis akcija koje treba da se preduzmu pod normalnim i incidentnim uslovima.

Ključni koraci razvoja PBV prikazuju se na slici 30.



Slika 30. Pregled ključnih koraka razvoja planova za bezbednost vode (prema WHO, 2005)

Planovi treba da se bave svim aspektima snabdevanja vodom za piće i da se fokusiraju na kontroli zahvatanja, tretmana i isporuci vode za piće. Efikasno upravljanje rizikom zahteva identifikaciju potencijalnih opasnosti, njihovih izvora i potencijalnih opasnih događaja i procenu stepena pojedinih rizika. U ovom kontekstu:

- opasnost je biološki, hemijski, fizički ili radiološki agens koji ima potencijal da izazove štetu,
- opasan događaj je događaj ili situacija koja može dovesti do prisustva opasnosti (šta se može dogoditi i kako),
- rizik je verovatnoća da identifikovana opasnosti uzrokuje štetu na izloženim populacijama u specifičnom roku , uključujući i veličinu te štete i/ili posledice.

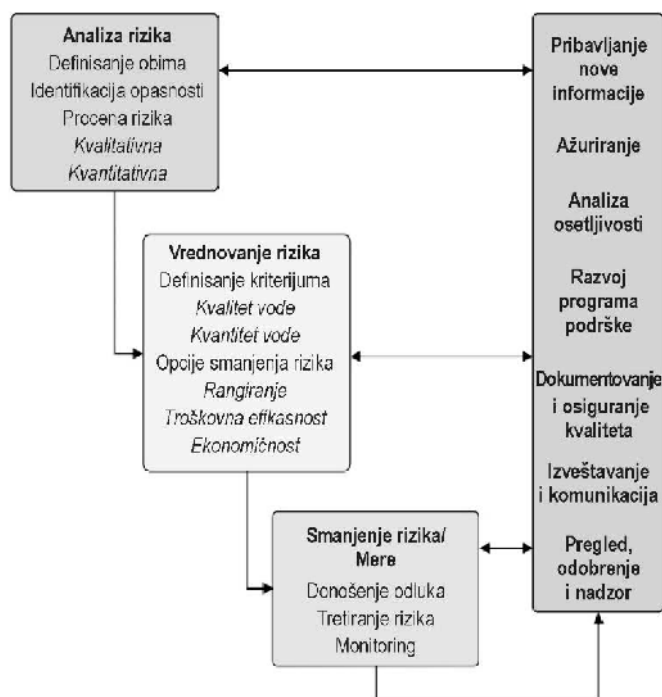
Kao deo postupka za rangiranje rizika WHO (2005) sugerise metodu matrice rizika sa diskretnim skalama verovatnoće i posledica, koja je kao kvalitativna (ili semi-

kvantitativna) jednostavna za upotrebu, a rezultati laki za komunikaciju. Međutim, takav postupak ne može da se koristi da se razmotri niz događaja, modeliraju interakcije između događaja ili kvantifikuje rizik. Postupak može da se koristi za analizu sistema sa jednostavnim strukturama i vrše preliminarne analize za usmeravanje daljih analiza. Da bi se omogućila analiza sistema, uključujući i složene uslove, potrebne su dodatne metode i tehnike.

Važno je primetiti da se pristup PBV, sa poreklom iz mikrobiološke struke, odnosi na bezbednost vode. Međutim, ukoliko je reč o bezbednosti, bezbednost vodovodnog sistema bi svakako mogao da bude širi, inženjerski koncept, i kao takav bi trebao da obuhvati čitav univerzum aspekata, uključujući i aspekt bezbednosti vode za piće.

II.10.5 TECHNEAU okvir

Evropski projekat TECHNEAU (Rosen i dr., 2007) razvio je okvir za podršku vodovodnim sistemima obezbeđivanjem strukture i alata za upravljanje rizikom, slika 31. On definiše upravljanje rizikom, kao sistematsku primenu politike, procedura i praksi upravljanja na zadatke analiziranja, vrednovanja i kontrole rizika.



Slika 31. TECHNEAU okvir za upravljanje rizikom (prema Rosen i dr., 2007)

Okvir je razvijen na osnovu postupka za upravljanje rizikom od strane Međunarodne komisije za elektrotehniku (IEC, 1995) i pristupa PBV (WHO, 2005). Glavna struktura okvira podeljena je u tri glavna koraka koji su u usvojeni iz postupka za upravljanja rizikom. Međutim, drugi aspekti PBV uključeni su da ga specifično povežu za sektor voda. Tri glavna koraka koji predstavljaju okvir su analiza rizika, vrednovanje rizika i smanjenje rizika ili kontrola.

Prema TECHNEAU, opasnost je izvor potencijalne štete ili situacija sa potencijalom da izazove štetu (npr. biološki, hemijski, fizički ili radiološki agens ili okolnosti koji imaju potencijal da imaju negativan uticaj na snabdevanje bezbednom i dovoljnom količinom vode). Rosen i dr. (2007) su predstavili više tehnika za identifikaciju opasnosti u sistemu. Proces identifikacije opasnosti se u velikoj meri zasniva na postavljanju pitanja. Stoga, prilikom formulisanja pitanja treba uzeti u obzir ceo sistem ili proces, a preporučuju da se koristi kombinacija spiskova provera i „šta-ako” analiza u cilju sistematičnije identifikacije opasnosti.

TECHNEAU je razvio bazu opasnosti (Beuken i dr., 2007) koja sadrži sveobuhvatan popis opasnosti i opasnih događaja, te vodovodima može da posluži kao spisak provera. Definicije tehnika za identifikaciju opasnosti (Rosen i dr., 2007) prikazane su u tabeli 2.

*Tabela 2. Definicije tehnika za identifikaciju opasnosti
(prema Rosen i dr., 2007)*

Brza razmena ideja	Proces koji generiše ideje o mogućim opasnostima i opasnim događajima koji se mogu javiti u okviru sistema koji se analizira, kroz spontani doprinos članova.
Iskustva iz prošlosti	Analize nesreća i nezgoda koji su se dogodili u prošlosti i raspoloživih podataka o pouzdanosti za identifikovanje problematičnih oblasti, kao i da obezbedi input za analizu učestanosti.
Šta - ako analiza	Kreativna brza razmena ideja za ispitivanje sistema, procesa ili operacija od strane grupe iskusnog osoblja koji postavljaju pitanja koja počinju sa šta - ako, npr. šta ako je usisna cev pumpe zagušena?
Spiskovi provera	Spisak konkretnih stavki za identifikaciju poznate vrste opasnosti i potencijalnih nesreća.

Predloženo je da se rizici vrednuju korišćenjem jednog od dva pristupa, kvalitativnog ili kvantitativnog. Da bi se rizici sračunali kvantitativno, moraju biti sprovedene kvantitativna vrednovanja verovatnoće i posledica.

Pregled relevantnih metoda analize rizika primenljivih na sisteme za snabdevanje vodom za piće, razmatranih projektom TECHNEAU, navodi se u Prilozima D1 do D3.

II.10.6 Analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke

Većina Planova za bezbednost vode (NHMRC, 2004/11/16; NZMOH, 2001/14; UKWIR, 2003/5; WHO, 2005) objavljenih do sada bazirani su na adaptivnoj formi HACCP (analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke) postupka. Njihova primena u sektoru voda je naširoko raspravljana u literaturi (Havelaar, 1994; Hrudehy i Hrudehy, 2004). Ukratko, HACCP je razvijen od strane Američke agencije za istraživanje svemira (NASA) 1960-tih godina kako bi se osigurala bezbedna proizvodnja prehrambenih proizvoda koji se koriste u svemirskim misijama. Brzo je primenjena širom prehrambene industrije sa osnovnim principom da se obezbeđuje monitoring sistem zasnovan na opasnostima. Codex Alimentarius komisija je 1997. objavila poslednju verziju smernica za primenu HACCP u prehrambenoj industriji (CAC, 1969/1997/2003), izlažući sedam ključnih principa:

1. sprovođenje analize opasnosti,
2. određivanje kritičnih kontrolnih tačaka (CCP),
3. uspostavljanje kritičnih granica,
4. uspostavljanje sistema za monitoring kontrole CCP,
5. uspostavljanje korektivne mere koju treba preduzeti kada monitoring pokazuje da pojedina CCP nije pod kontrolom,
6. uspostavljanje procedure za verifikaciju da bi se potvrdilo da HACCP sistem funkcioniše efikasno,
7. uspostavljanje dokumentacije u vezi sa svim procedurama i evidencijama koji odgovaraju ovim principima i njihovoj primeni.

HACCP promoviše proaktivno upravljanje opasnostima kroz identifikaciju „kritičnih kontrolnih tačaka”, kako bi mogle da se prate i smanje. Primena HACCP na vodovodne sisteme je prvi put opisana u Holandiji (Havelaar, 1994). U pogledu bezbednosti vode, karakteristika HACCP metodologije, kako je prvobitno zamišljeno, je u tome što se u velikoj meri bavi opasnostima, a ne rizicima.

Međutim, ovde treba reći i da HACCP i nije osmišljen da bude potpuno sveobuhvatan sistem upravljanja, već dodatak na postojeće, dobre prakse upravljanja. Nokes i Taylor (2003), na primer, navode da koncentrisanje samo na ograničen broj kritičnih kontrolnih tačaka, kao izloženih tačaka, može biti sprovedeno na račun širokog spektra drugih „preventivnih mera” koje su takođe važne.

II.10.7 Ljudska greška u sistemima za snabdevanje vodom

Sistem urbanih voda je više od samo tehničkog sistema (Westrell, 2003). Korisnici i akteri (vodovodne kompanije, lokalna samouprava, državna uprava) formiraju sistem sa interakcijama koje treba da se proučavaju (Malmquist, 2002,2005). Analiziranjem incidenata sa vodom Woo i Vicente (2003) zaključuju da efektivno upravljanje rizikom treba da razmotri različite aktere na svakom nivou, uključujući državnu i lokalnu upravu, regulatore, udruženja, kompanije, rukovodstvo, osoblje, kao i samo funkcionisanje.

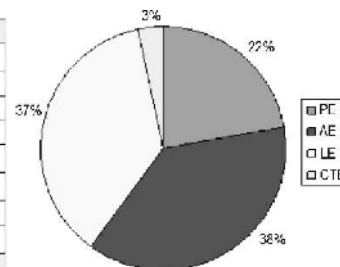
Hrudey i Hrudey (2004) su proučavali slučajeve pojave bolesti u 15 razvijenih zemalja tokom proteklih 30 godina, i pružili detaljnu retrospektivnu analizu razmatranih incidenata sa vodom, pri čemu su zaključili da je organizaciona pouzdanost kritičan faktor koji doprinosi incidentima sa vodom za piće. Dinamičke snage koje dovode do neželjenih događaja često postoje neko vreme, ali povratne sprege koje mogu otkriju bezbednosne implikacije ovih snaga često su u velikoj meri nedostupne akterima koji ove sisteme posmatraju (Vicente i Christoffersen, 2006). Dakle, ljudske aktivnosti i faktori igraju važnu ulogu u incidentima sa kvalitetom vode u sistemima za snabdevanje vodom za piće, kako navode Pollard i dr. (2008), ali bez razlike i u ostalim vrstama incidenata.

Kako rasprostranjenost incidenata sa kvalitetom vode i izbijanje bolesti nameću zahtev za analiziranjem i shvatanjem uloge operatora i organizacija u sistemu snabdevanja vodom, Wu i dr. (2009) su sprovedli klasifikaciju doprinosa ljudskih grešaka za 62 nesreće vode za piće, koji su se desili u brojnim zemljama od 1974. do 2001. godine, tabela 3, slika 32. Iz analize 61 slučaja, primećuje se da potrošači vode i regulatori mogu da imaju važnu ulogu u sprečavanju ozbiljnijih posledica tokom ovih događaja. Njihovo učešće može biti da oseće nenormalnosti, da prijave nenormalnosti, i da se usklade sa merama koje operater vodovoda preduzima. Pored toga, na osnovu uočenih ograničenja, Wu je

predložio proširenje modela „švajcarski sir” (Reason, 1990), uvođenjem potrošača i trećih lica, upravo radi obuhvatanja ljudske greške.

Tabela 3. Distribucija ljudske greške u 61 slučaju

KLASIFIKACIJA GREŠAKA	Došavanja	
Olakazi fizičkog sistema i ekstremni uslovi okruženja (PE)	39	
Aktivne greške (AE)	Pogrešna verovanja o sigurnosti vodovodnog sistema	16
	Greške da se prepoznaju upozorenja	11
	Greške da se preduzmu adekvatne mere na upozorenja	19
	Ostalo	20
Ukupno došavanja aktivnih greški		66
Latentne greške (LE)	64	
Uticaj korisnika, treće strane (CTE)	6	
UKUPNO	172	



Slika 32. Distribucija ljudske greške (prema Wu i dr., 2009)

Iako je presuđivanje o vrsti greške dosta hrabar korak, analiza prikazanih rezultata pruža ilustraciju nekih mogućih scenarija. Pri tome, ostaju brojni izazovi, a Pollard (2005) ističe da analiza rizika treba da proširi svoj domet izvan inženjerskih sistema, i da sagledava upravljačke (sistemske) i ljudske faktore kao podjednako ključne za efektivno upravljanje rizikom (Pollard i dr., 2004).

Sumirajući Poglavlje II, u kojem su razmatrani višestruki aspekti pojma „rizik”, a „slika rizika” korišćena kao potka za shvatanje sastavnih elemenata rizika, konstatovano je da rizik, kao koncept verovatnoće i posledica, ima izvesne manjkavosti u opredeljenosti ka neželjenim događajima: određivanju verovatnoća, posledica i linearnosti uzročno-posledičnih odnosa.

Razmatrani su teoretski okvir, metodologija i empirijska iskustva iz drugih oblasti u kojima je „rizik” začeo i ima najveći progres (svemirska, nuklearna, procesna i avio industrija) radi mogućeg transfera tehnologije na vodovodne sisteme.

Sprovedeno je testiranje hipoteze h1: Rizik koji se razmatra mora biti sveobuhvatan i ukupan. Ukupnost rizika u vodovodnim sistemima podrazumeva da se tradicionalne metode analize rizika, koje se pretežno bave tehničkim aspektom rizika, i koje su obično razvijene za elektro-mehaničke sisteme, moraju proširiti kako bi obuhvatile i ostale, ljudske i organizacione aspekte, ili se, ipak, mora zauzeti neko drugo stanovište.

POGLAVLJE III

UPRAVLJANJE SREDSTVIMA VODOVODNIH SISTEMA

U ovom delu disertacije, u kojem će se razmatrati upravljanje sredstvima sistema za snabdevanje vodom za piće, testiraće se hipoteza h2: Upravljanje sredstvima može da se vrši na odgovarajući način jedino putem upravljanja sistemom kao celinom. Najpre će se navesti osnovni pojmovi o upravljanju infrastrukturnim sredstvima, a zatim razmatrati elementi putem kojih je moguće sagledavanje složenih sistema.

OSNOVNI POJMOVI O UPRAVLJANJU SREDSTVIMA

III.1 Uvod

III.1.1 POJMOVI

U skladu sa ISO 55000 (2014) sredstvo je nešto (stavka, stvar ili entitet) što ima potencijalnu vrednost za organizaciju i za koju organizacija ima odgovornost. Sredstvo se shvata kao bilo koja imovina lica ili organizacije koja ima vrednost i stvara prihod (Amadi - Echendu i dr., 2007). Fizičko sredstvo je stavka ekonomske, komercijalne ili razmenljive vrednosti, koja ima opipljivo ili materijalno postojanje. Portfolio sredstava je kompletan asortiman sredstava i sistema sredstava u vlasništvu ili u zakupu od strane organizacije. Sistem za upravljanje sredstvima je skup međusobno povezanih ili međusobno zavisnih elemenata organizacije radi uspostavljanja politika, ciljeva i procesa za postizanje tih ciljeva (ISO 55000, 2014).

Opštinska infrastruktura su sredstva kojima je vlasnik opština. Ona obuhvata sledeće klase sredstava: saobraćajnice, mostove, transportne sisteme, sisteme za snabdevanje vodom za piće, i drugo (Vanier i dr., 2009). Infrastruktura sredstva su stacionarni sistemi koji formiraju mrežu i služe čitavoj zajednici, gde je sistem kao celina namenjen da se održava beskonačno, na određenom nivou usluga, stalnom zamenom i obnavljanjem svojih komponenti (IPWEA, 2006). Infrastruktura je, dakle, skup fizičkih sistema koji pružaju neku vrstu javne usluge. Zbog toga što ovi sistemi imaju visoke godišnje prihode, kaže se da pružaju „kapitalne” (engl. *capital-intensive*) usluge (Grigg, 2003). Druge vrste sredstava (na primer, stručni kadar, finansije, informacije i nematerijalna sredstva, kao

što je intelektualna svojina) i njihov odnos prema fizičkim sredstvima raspravljaju se u PAS 55-2 (2008), a relevantni dijagram koji pokazuje taj odnos je reprodukovano na slici 33 (Hooper i dr., 2009).



Slika 33. Veza fizičkih sredstava sa drugim sredstvima (prema PAS 55-2, 2008).

III.1.2 IMPERATIV UPRAVLJANJA

Sistemi za snabdevanje vodom za piće, generalno, sastoje se od izvorišnih kapaciteta, postrojenja za prečišćavanje vode i distributivnih mreža, a njihov direktan uticaj se prostire sve do slavina potrošača. Ovi sistemi sastoje se od građevinskih objekata, cevi, pumpi, zatvarača, rezervoara, mernih uređaja, armatura i drugih elemenata. Sa dužinom od oko 40.000 kilometara u Srbiji (RZS, 2015), distributivni sistemi čine pretežni deo fizičke infrastrukture za snabdevanje vodom. Vrsta i starost cevi koje čine te sisteme, na primer, varira u rasponu od liveno-gvozdene cevi, instalirane krajem 19. veka (početak savremenog snabdevanja vodom u Beogradu je 1892. godina) do cevi od duktil liva čija je ugradnja otpočela pre 10-tak godina. Kako je reč o sistemima sa dugim životnim vekom svojih sredstava, projektovanje i izvođenje vršeni su u različitim vremenskim presecima, od strane raznih projekatata i izvođača, ponekad sa nedostatkom integralne perspektive. Ovi sistemi, pri tome, ne predstavljaju prost zbir komponenti, a ukupan životni vek tih sistema je neograničen. Ujedno, znatan broj elemenata tih sistema dostići će kraj svog očekivanog životnog veka u narednim desetinama godina. Pojedini vodovodni sistemi, pri tom, funkcionišu u raznim kontekstima, različite su zrelosti, i možda imaju drugačije ciljeve.

Vodovodne kompanije operativno upravljaju, dakle, velikim brojem objekata, opreme i cevovoda, i kao takvi predstavljaju veliki deo vrednosti ukupne opštinske infrastrukture. Posedovanje i korišćenje ovih sredstava predstavlja veliki izazov (Graham i dr., 2008). Za većinu vodovodnih kompanija osnovni zadatak je da obezbede kvalitetnu uslugu po pristupačnoj ceni. Međutim, troškovi imaju tendenciju da rastu kako infrastruktura stari. Vodovodne kompanije finansiraju se uglavnom od prihoda od prodaje vode. Sa retkim izuzecima, ovi prihodi ne mogu da povrate punu cenu vlasništva imovine. Kao rezultat toga, starenje infrastrukture, ali i regulatorni zahtevi, stavljaju sve veći značaj na primenu pristupa koji uključuje različite (i) vremenske horizonte, (ii) interesne strane, (iii) životni vek sredstava, (iv) svojstvene rizike i performanse, kako sadašnje tako i ciljane. Skup metodologija i tehnika koji se primenjuju na ovom zametnom problemu je okarakterisan kao upravljanje infrastrukturnim sredstvima (eng. *Infrastructure Asset Management - IAM*).

Infrastruktura uključena u pružanje usluga snabdevanja vodom i kanalisanja naselja predstavlja značajnu vrednost i na nacionalnom nivou. Kao što su sadašnje generacije nasledile sredstva iz prethodnih, buduće generacije će naslediti kumulativni uticaj sadašnjih i tekućih odluka u vezi upravljanja tim sredstvima. Iz ove perspektive, može se reći da je IAM blisko povezano sa održivošću sektora voda i IAM bi stoga trebalo da bude ključ za ispunjavanje ciljeva održivosti (Marlow, 2006; Allbee, 2005). Stoga, neophodno je razmotriti održivi sistem za snabdevanje vodom za piće, ne samo u smislu vodnih resursa, već i iz perspektive upravljanja fizičkim sredstvima koja se koriste za pružanje usluga (Marlow, 2008).

Potreba za strateškim IAM u vodovodima često se ističe u literaturi (Lemer, 1998, Vanijer i dr., 2006, Alegre, 2009). Period velikih kapitalnih investicija u vodovodima je završen: kako infrastruktura stari i propada, rizik od neuspeha da se obezbedi potreban nivo usluga raste, a potreba za predvidivom strategijom dobija na značaju. Povećani zahtevi za unapređenje nivoa usluga, ekonomičnost, ekonomsku kontrolu i odgovornosti takođe su razlozi za primenu predvidljive IAM strategije u vodovodima (Vanijer i dr., 2006, Alegre, 2009).

Sa promenama u okruženju u kojem vodovodi funkcionišu, gde zahtevi postaju sve strožiji, postaje sve važnije da se vodovodima upravlja što efikasnije putem IAM

(Rokstad, 2012). Produžavanje trajanja imovine (kroz efikasne i odgovarajuće odluke o rehabilitaciji, popravci i zameni), održivost, jasno finansijsko planiranje, poboljšano reagovanje u vanrednim situacijama i bezbednost imovine su prednosti IAM planiranja identifikovane od US EPA (2008). Alegre (2009), takođe identifikuje sposobnost za planiranje klimatskih promena, mogućnost za upravljanje rizikom, promociju investicija i operativne efikasnosti, kao i jasno obrazloženje i transparentnost investicionih prioriteta, kao razloge za sprovođenje i ujedno koristi od IAM. Za generalne razloge sprovođenja IAM koncepta Urquhart (2007) navodi i regulatorne zahteve, starenje infrastrukture i zahteve za obnavljanjem, promenljivu tražnju, političke i ekonomske uticaje i pritiske, zahteve da se opravdaju ulaganja u infrastrukturu, potrebe za isplativim programima i zahtev da se postigne više sa manje.

Tokom poslednjih 25 godina, IAM je već usvojen kao vladajuća paradigma za upravljanje u elektrodistribucionim kompanijama (Hammond, 2000; Brown i Humphrey, 2005). Principi IAM razvijeni su u sektorima koje su u velikoj meri zavisne od performansi fizičkih infrastrukturnih sredstava, kao što su snabdevanje vodom, transport i snabdevanje energijom (Nordgård, 2010). U ovom radu, pažnja će se usmeriti na aspekt IAM koji se tiče rizika.

III.1.3 PERCEPCIJA UPRAVLJANJA SREDSTVIMA

Tokom poslednjih četvrt veka uspostavljene su mnoge definicije AM u brojnim sektorima. Graham i dr. (2008), međutim, navode da i dalje nema konsenzusa u sektoru voda SAD u pogledu definicije AM. Sve definicije, ipak, imaju tendenciju da imaju zajedničke elemente: upravljanje kapitalnim i operativnim troškovima na osnovu životnog ciklusa, pružanje adekvatne usluge i upravljanje rizikom na prihvatljivom nivou.

Najveći broj autora pod AM podrazumeva izradu planova za rekonstrukciju sredstava (Alegre, 2009). Veliki broj praktičara, posebno u procesnoj industriji, ima fokus na održavanju. Svetske konsalting kompanije pod AM smatraju pre svega finasijske bilanse aktive. I, možda paradoksalno, svi su oni u pravu. Svako od njih se suočava sa sopstvenim izazovima.

Marlow (2008), pored toga, navodi da fokus aktivnosti na upravljanju sredstvima značajno varira u zavisnosti od toga gde je pojedina organizacija u razvoju svojih okvira za upravljanje imovinom. Na primer, kako primećuje Marlow (2008), „najbolja praksa” strateškog okvira za AM evoluirala je tokom vremena tako da je pomeren fokus:

- sa pogleda kome je u središtu imovina (sredstva),
- preko onog koji eksplicitno razmatra osnovnu svrhu posedovanja i održavanja portfolija imovine, što je stvaranje vrednosti kroz pružanje usluga,
- do onog koji je zasnovan na održivosti.

Razlog za postojanje različitih koncepata AM može stoga biti vođen prirodom različitih sredstava (Van der Lei i dr., 2010). To znači da će različitim tipovima sredstava biti potrebne specifične AM aktivnosti.

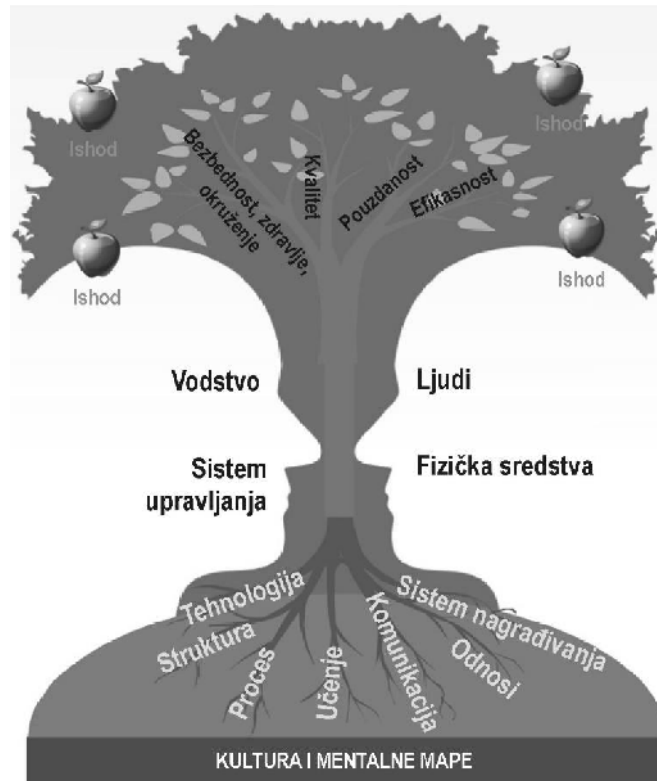
III.2 Definisanje upravljanja sredstvima

III.2.1 PREGLED DEFINICIJA

Već naviknuti, u ovom radu, da definicija nekog pojma nije jedan formalan izraz, već mnoštvo „doživljaja”, i ovo poglavlje ne odustaje od te tradicije. Izazov je toliko dramatičan da se može meriti sa poglavljem u kome je napravljen pregled definicija rizika. Činjenica da je, za razliku od pojma „rizik”, ovde reč o nešto specifičnijem pojmu, mnogo ne menja stvar.

Nedoumice u terminološkom određenju šta predstavlja pojam „upravljanja sredstvima” potiče delom zbog toga što se pojam koristio najviše u bankarstvu i finansijama (Bishop, 1997). Kao što je navedeno od strane (Causey, 2005; Marlow i dr., 2007; Marlow i Burn, 2008; Marlow, 2008) taj pojam je loše definisan i u upotrebi su brojne definicije. Sredstva i AM, uz to, imaju različita značenja u različitim kontekstima i za različite organizacije (Hooper i dr., 2009). Bliži pogled na ove zadatke i njihov međusobni odnosi otkriva šta bi AM mogao biti. U Prilogu E1 navodi se pregled ključnih hronološki poređanih definicija za upravljanje sredstvima.

Lafraia i dr. (2013) ističu da upravljanje sredstvima mora da ima odgovarajuće okruženje za procvat: pravo rukovodstvo, ponašanje i kulturu, slika 34. Drvo kao metafora izabrano je zato što ilustruje, na aksiomskom nivou, da su rukovodstvo, kultura, emocije i ponašanje od vitalnog značaja. Neophodno je da svi ovi elementi funkcionišu zajedno, ako treba da bude postignut željeni ishod.



*Slika 34. Drvo kao metafora AM
(prema Lafraia i dr., 2013)*

Slično riziku, brojnost definicija za AM predstavlja mnoštvo različitih percepcija i interesa iz njegove primene. U nastavku, detaljnije će se razmatrati predložene definicije koje se mogu smatrati za ključne, definicije koje su formulisali Vanier (2000), PAS (2003) i ISO (2014), Alegre (2009), a nešto kraće i neke druge, kako zbog referentnosti samih autora, tako i zbog prihvaćenosti njihove primene u širokoj praksi.

III.2.2 DEFINICIJA VANIER-A

Upravljanje sredstvima po Vanier-u (2000) mora da da odgovor na 6 pitanja.

1) Šta posedujemo? (I gde je to?)

Odgovor je jednostavan, ali fundamentalan, jer puno organizacija ne zna što poseduje i gde se to nalazi, pošto je reč o infrastrukturnim i razućenim sistemima, i u velikom delu, podzemnim sredstvima. Donošenje odluka bez uvida u sistem ne može da rezultira najboljim ishodima, već samo autističnim rešenjima.

2) Koliko to vredi?

Potreban je odgovor na pitanje o vrednosti imovine kojom se raspolaže. Vrednost može biti nabavna, knjigovodstvena i fer, a poslednja daje realnu osnovu za usvajanje različitih finansijskih kalkulacija, što posredno ima uticaja i na cenu usluge.

3) Kog obima je odloženo održavanje?

Odgovor se odnosi na akumulaciju obima neizvršenog a potrebnog održavanja, zbog pravljenja finansijskih scenarija i planiranja održavanja.

4) U kakvom je stanju?

Odgovor treba da bude u funkciji određivanja preostalog životnog veka i određivanja prioriteta u odlučivanju o potrebnim radovima i finansijskim sredstvima.

5) Koliki je preostali životni vek?

Preostali životni vek može da se tiče fizičkog života, nivoa usluga i knjigovodstvenih bilansa. Efektivni životni vek tiče se dominantnog od navedenih, a koristi se za planiranje nabavke novih sredstava ili kapitalne rekonstrukcije postojećih.

6) Šta prvo popraviti?

Odgovor uključuje prethodnih 5 nivoa i dolazi kao rezultat uvida u sva sredstva (čitav sistem).

Primena ovog koncepta na opštinsku infrastrukturu (Vanijer i dr., 2009) obuhvata osam procesa i šest aspekata koje treba ocenjivati u svakom procesu. Procesi i aspekti su navedeni u tabeli 4.

Tabela 4. Procesi i aspekti u upravljanju opštinskom infrastrukturuom (prema Vanijer i dr., 2009)

Procesi	Aspekti
1. Izbor postupaka	1. Inventar
2. Numerisanje sredstava	2. Performanse
3. Pregled sredstava	3. Životni vek
4. Ocena sredstava	4. Troškovi životnog ciklusa
5. Procena budućih potreba	5. Kritičnost
6. Integrisanje potreba	6. Alternative
7. Predlaganje resursa	
8. Optimizacija investicija	

Vanier-ova (2000) formulacija AM je fundamentalna, a odmah je uočljiva paralela koja se može povući sa definicijom rizika Kaplan-a i Garrick-a (1981), obzirom da se pojam definiše pitanjima. U ovom slučaju, pitanja su usmerenija i direktno se odnose na sredstva. Šta, gde, koliko, ... Formulacija se prevashodno odnosi na održavanje sredstava, u smislu potreba za održavanjem, odloženog obima održavanja, stanja sredstava (zbog određivanja obima popravki) i prioriteta popravki. U formulaciji se ne pominju vremenski horizonti planiranja, planovi ili ciljevi, interesne strane, faze životnog ciklusa, rizik ili performanse. Celovitost se implicitno može pronaći u navodima za određivanje prioriteta, ali i pored toga nema elementa sistemskog pristupa. Dakle, usmerenje je na održavanju sredstava (redovnom i interventnom, kao operativnom, i zamenama dotrajalih sredstava, kao kapitalnom održavanju), i planiranju održavanja ili zamena, odnosno finansijskim posledicama. Anegdotni primeri iz velikog broja tipičnih organizacija koje održavaju opštinsku infrastrukturu ukazuju na to da ne mogu da počnu da odgovaraju ni na prvo pitanje, a kamoli preostalih pet (Vanier, 2000).

III.2.3 DEFINICIJA PAS 55 I ISO 55000

Široka primena koncepta upravljanja sredstvima dovela je do formulisanja i objavljivanja javno dostupne specifikacije PAS 55 (eng. *Publicly Available Specification*) (BSI, 2008a; BSI, 2008b). PAS 55 se koristi(o) kao vodič prevashodno u vodovodima Komonvelta (Marlow, 2008).

Britanski Institut za upravljanje sredstvima (IAM) izdao je standard 2004. godine (dorađen 2008.) od strane industrijske radne grupe, kojom je dao podsticaj Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju (ISO) da otpočne sa radom na ISO 55000, koji je proglašen 2014. godine. To je standard za upravljanje organizacijama u kojima su fizička sredstva ključna za uspeh organizacije (Van der Lei i dr., 2010). Aktuelni naglasak je na puno širim upravljačkim kompetencijama koje rukovodilac fizičke imovine mora posedovati. O ovoj disciplini se promišljalo samo kao o trošku koji se treba minimizirati. AM sa ovom definicijom predstavlja holistički pristup (Van der Lei i dr., 2010).

Za razliku od Vanier-a (2000) analizom PAS 55 (2004, 2008) i ISO 55000 (2014) može se ustanoviti da je definicija upravljanja sredstvima usmerena na organizaciju. Navodi se da su AM „... aktivnosti i prakse organizacije”. Definicija ukazuje da organizacija treba

da upravlja performansama, rizicima i troškovima sredstava i sistema sredstava. Definicija navodi da je cilj postizanje strateškog plana organizacije. Prema tome, u ovom slučaju može da se uoči pomeraj (promena paradigme) od promene fokusa sa pojedinih sredstava ka organizaciji, što su primetili i Marlow (2007) i Van der Lei i dr. (2010). Ciljevi (organizacije) uvode se kroz formulisani organizacioni strateški plan. Ciljevi (organizacije) uvode integraciju pojedinih sredstava u sistem.

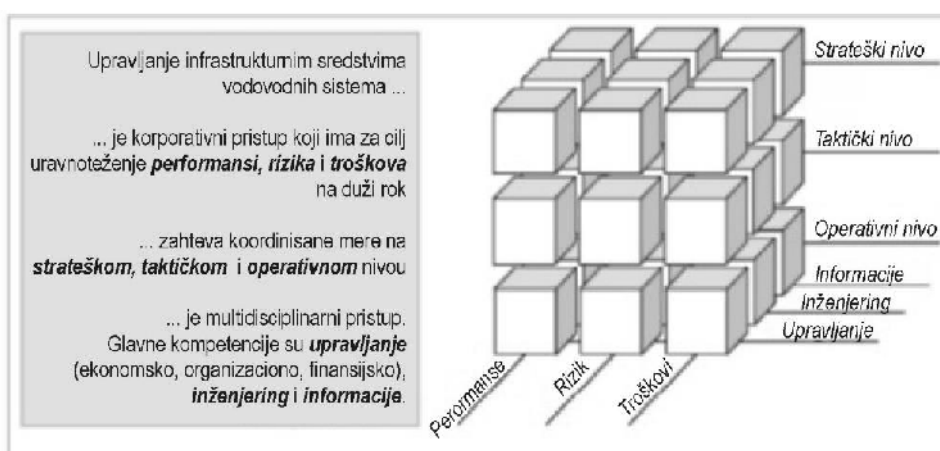
Ovde je razborito podsetiti se navoda geštalt psihologa koji kažu da je sistem drugo od zbira njegovih elemenata. Ovakav sistemski koncept ima dugu istoriju u filozofskim principima čija istorija seže od davna i uključuje mnoga čuvena imena. Nemački psiholozi Wertheimer, Koffka, i Kohler početkom 20. veka koncept su konačno zasnovali kao „geštalt psihologiju”, koja naglašava istraživanje iskustva kao objedinjene celine. Nemačka reč „geštalt” znači obrazac, formu, ili oblik. Geštalt psiholozi verovali su da je obrazac ili forma najvažniji deo iskustva. Celovita forma daje značenje svakom pojedinačnom elementu iskustva. Drugim rečima, celina je važnija od zbira svojih delova, kako se uobičajeno navodi (u npr. Rasmussen i Svedung, 1997; Haimes, 2004), odnosno, sistem je drugo od zbira njegovih elemenata, kako originalno navodi Koffka (1935). Geštalt psihologija znatno je uticala na istraživanje ljudske percepcije, a psiholozi su koristili geštalt ideje u razvoju nekoliko principa, na primer principa zatvaranja koji kaže da ljudi imaju tendenciju da vide nepotpune modele kao potpune ili objedinjene celine (Kohler, 1975) ili principa apstrakcije hijerarhije, odnosno aspekta „zašto” gornjeg nivoa kontrolne petlje (Rasmussen, 1986). Hollnagel i Woods (1983) takođe navode da kao geštalt princip u psihologiji, sistem čovek - mašina nije samo zbir svojih delova, čoveka i tehnike, a da je konfiguracija ili organizacija komponenti (tehničkih i ljudskih) kritična determinanta za ishod ili izlaz iz sistema kao celine.

Cilj je, dakle, svojstvo organizacije, odnosno sistema, a ne pojedinih sredstava. Međutim, definicijom PAS i ISO, za sredstva i sisteme sredstava su rezervisane performanse, rizici i troškovi. Ovo donekle nije dosledno ako se želi cilj organizacije postaviti u plan ispred performansi sredstava. Rizik bi trebalo da bude svojstvo sistema, ne sredstava (komponenti). U pojedinim slučajevima komponente mogu da izvršavaju zadatke koji su im dodeljeni, a da sistem dospe u neželjeno stanje (Leveson, 2004). U tom slučaju bitne

su ne samo komponente, već i njihove interakcije. Upravo u ovom kontekstu, u ovom radu, istražuje se odgovarajuća metodologija analize rizika.

III.2.4 DEFINICIJA ALEGRE

Alegre i dr. (2006) navodi da je upravljanje sredstvima multidisciplinarna oblast, koja zahteva kompetencije u inženjeringu, upravljanju i informacijama. Ako su uključene različite discipline upravljanja sredstvima, IAM se može ilustrovati duž tri ose, slika 35; performanse, rizik i troškovi su uravnoteženi na strateškom, taktičkom i operativnom nivou, pomoću informacionih, inženjerskih i upravljačkih tehnika.



Slika 35. Dimenzije IAM
(prema Alegre i dr., 2006)

Glavne kompetencije tiču se upravljanja (ekonomskog, organizacionog i finansijskog), inženjeringa i informacija, što čini definiciju IAM prilično sveobuhvatnom. Može se primetiti posebno uključivanje izraza „na duge staze”, čime se stavlja akcenat na činjenicu da je AM dugoročno planiranje i razmatranje životnog ciklusa sredstava. Ključna komponenta upravljanja sredstvima vodovodnih sistema, kako Alegre navodi, je njihova rehabilitacija. Takođe, Alegre ističe da postoji opšta saglasnost o krajnjem cilju upravljanja infrastrukturnom imovinom: optimizacija balansa između performansi, troškova i rizika na duge staze.

Prema Alegre (2009), postoji pet ključnih pitanja na koja treba da se odgovori u sprovođenju IAM pristupa:

- *Kakvo je trenutno stanje infrastrukture?* Odgovor zahteva popis postojećih fizičkih sredstava i procenu njihovog stanja i sadašnje vrednosti, uzimajući u obzir očekivani preostali korisni vek i troškove zamene.
- *Koje performanse mogu da se očekuju od infrastrukture?* Odgovor zahteva razumevanje ciljnih performansi (svakog aktera, pravnih i ugovornih obaveza) i aktuelnih performansi.
- *Koje su najkritičnije komponente za obezbeđivanje potrebnih performansi na održiv način?* Ovo zahteva analizu pod kojim će okolnostima doći do kvarova, kako će se pojaviti i sa kojom verovatnoćom. Takođe je potrebno da se shvate troškovi popravki i da se procene posledice svake vrste otkaza.
- *Koji minimalni troškovi tokom životnog ciklusa koji mogu biti dozvoljeni?* Ova IAM strateška faza implementacije podrazumeva identifikaciju stavki tekućih investicija, funkcionisanja i održavanja i analizira najviše održivu alternativu za upravljanje opcijama za predmetnu organizaciju.
- *Koja je najbolja dugoročna strategija investicija koja može da se usvoji?* Da bi se odgovorilo na ovo pitanje zahteva se planiranje investicija i identifikovanje načina finansiranja.

Oblik i sadržaj pitanja koje postavlja Alegre (2009) svakako da podseća na pitanja koje je postavio Vanier (2000), definicija upravljanja sredstvima je znatno sofisticiranija, a poput Varier-a kao ključnu komponentu navodi rehabilitaciju sredstava, kao proaktivni pristup održavanju.

Međutim, na ovom mestu treba napomenuti i da (Røstum, 2000) ističe da prednosti proaktivnog nad reaktivnim pristupom održavanja nisu dokazane. Obzirom na generalno kratak period posedovanja zapisa o kvarovima, kao i potpunost i kvalitet tih podataka, postoje teškoće da se oceni proces degradacije sredstava. Razmatrajući posebno vodovodnu mrežu, pažljivijim posmatranjem može da se dođe do zaključka da veliki broj cevi nema zabeležene kvarove. Za razmatrane vodovode u Portugaliji Martins (2011) je uočio da više od 90 % cevi nikada nisu imale kvar tokom perioda u kome postoje podaci o kvarovima, dok su globalna iskustva PureTech-a (Higgins i dr., 2012) da je zamena potrebna za svega 4% od ukupne dužine cevi čije je stanje snimljeno elektromagnetnim postupkom. Prema tome, mišljenje je autora ove disertacije da je rehabilitacija ili

rekonstrukcija samo jedan deo koncepta upravljanja sredstvima, i da se fokusiranjem IAM pretežno na tu vrstu aktivnosti, posebno u smislu činjenice da rehabilitaciju nije razborito razmatrati van opštinskog nivoa, zajedno sa ostalom infrastrukturom (saobraćajnicama i drugim podzemnim instalacijama), previđaju suštinski elementi koji vode do dostizanja ciljeva sistema za snabdevanje vodom.

III.2.5 KOMENTAR OSTALIH DEFINICIJA

U ovom odeljku, radi pokušaja sticanja celovitosti IAM iskustva, kratko se komentarišu pojedine definicije upravljanja sredstvima navedene u Prilogu E1.

Graham i dr. (2008) konstatuju da AM ima više od jedne definicije unutar sektora voda Severne Amerike, i da iako ključni koncepti postaju sve poznatiji, strategije za efikasno sprovođenje ovih koncepata nisu široko shvaćene. Uz to on dodaje da su mnoge druge industrije i međunarodne kompanije razvile sopstvene okvire politike za AM. Vidić (2011) je mišljenja da je koncept upravljanja fizičkom imovinom dobio šire značenje i platformu nego što je u početku bio (održavanje), pa ga danas možemo razumeti kao proces čiju važnost prepoznaju i koriste sve poslovne funkcije u organizaciji.

Parsons (2006) navodi da AM stavlja korisnika u centar pažnje, a ne inženjering, da bi se održao nivo usluga ka korisnicima po najmanjim troškovima, i da bi se razmatrali scenariji rizika. Hooper i dr. (2009) navodi da su ciljevi dobrog IAM da:

- uspostavi bezbednost sredstava,
- obezbedi potrebnu raspoloživost sredstava,
- ispunji potreban nivo usluga i kvaliteta,
- pokaže ekonomsko i efikasno korišćenje sredstava,
- optimizuje potrošnju tokom vremena,
- akterima prikaže pozitivan utisak.

Brown i Spare (2004) u AM prepoznaju ideju za mogućnost praćenja korporativnih ciljeva visokog nivoa, naniže do upravljanja pojedinim sredstvima. Oni ističu da AM nije:

- održavanje na bazi pouzdanosti,
- praćenje stanja opreme,

- opterećenje opreme na višem nivou,
- pregled rizika za neuspešne projekte,
- „crna kutija” koja prati sredstva i daje prioritete u trošenju sredstava.

McKeown (2011) navodi da AM nije način da se upravlja sredstvima (!) i da je zasnovan na perspektivi funkcije/namene, a ne na perspektivi sredstava. Naizgled kontradiktorna definicija potiče od stručnog porekla istraživača, koji je sistem inženjer, i koji zastupa shvatanje zasnovano na prethodno obrazloženom geštalt principu.

Definicija Ugarelli-jeve i Bruaset-a (2010) ide dalje od definicije US EPA (2008), jer obuhvata i rizik kao faktor za optimizaciju, i definiše skup procesa potrebnih za sprovođenje AM. Nekoliko definicija navode da je upravljanje rizikom jedan od tri osnovna elementa AM, zajedno sa troškovima i performansama. Dakle, upravljanje rizikom će biti važan deo holističkog pristupa AM (Nordgård, 2010). Iz navedenih definicija, može se konstatovati da je AM način upravljanja informacijama i inženjering znanja, na nekoliko nivoa, u cilju da se uspostavi ravnoteža korišćenja resursa sa željenog nivoa usluga i prihvatljivog nivo rizika.

Valencia i dr. (2011) zaključuju da kao prvo, postoji rastuće prepoznavanje unutar infrastrukturnih kompanija da holističko, stanovište životnog ciklusa, ili sistemski pogled, može da obezbedi metodologiju i tehnike potrebne za rešavanje pitanja infrastrukture. Drugo, prepoznaju da svrha AM može biti jedino realizovana sa kvalitetnim podacima o sistemu infrastrukture. Konačno, definicija identifikuje da menadžeri sredstava imaju dužnost da minimiziraju troškove zainteresovanim stranama. Ovi troškovi nisu samo ograničenja za operativne budžete, već bi trebali da uključe troškove čitavog životnog ciklusa sistema i nematerijalne troškove, kao što su troškovi koji se odnose na životnu sredinu, bezbednost i zdravlje na radu, gubitak poverenja javnosti i drugi socijalni troškovi.

Alegre i Covas (2010) ukazuju da je proces upravljanja infrastrukturom interni proces koji ne može da bude kupljen „ključ u ruke”. IWA (2011), konačno, ističe da strateško upravljanje imovinom daje okvir vodovodnim kompanijama da usvoje sistemski pristup za bavljenje problemima u vezi funkcionisanja i održavanja. To uključuje uspostavljanje skupa upravljačkih procedura kako bi se obezbedilo bolje funkcionisanje i održavanje

postojećih sredstava i strategija investicija za planirano održavanje, za najniže projektovane ukupne rashode tokom efektivnog trajanja sredstva ili sredstva srazmerna ključnim pokazateljima učinka, što se definiše strateškim planom kompanije.

III.2.6 KLJUČNI ELEMENTI UPRAVLJANJA SREDSTVIMA

Apstrahujući ukupnost navedenih definicija, potreba, iskustava i inicijativa, ponovo bez pretenzija da se postavi „najbolja” istina, ideja je da se umesto toga navedu gradivni blokovi, iliti ključni elementi AM strategije. Kao ključni elementi za karakterizaciju AM, dakle, izdvajaju se sledeći:

- planovi organizacije (na strateškom, taktičkom i operativnom nivou, kao željeno buduće stanje),
- interesne strane (svaka sa svojom ulogom, tj. pravima, obavezama i odgovornostima, i međusobnim odnosima),
- životni ciklus sredstava (viđen i kroz faze životnog ciklusa i vek trajanja sredstava),
- rizici (u vezi sredstava, sistema sredstava i kritičnih sredstava odn. sistema sredstava),
- postojeće stanje (funkcije, performanse i stanja),
- ciljevi (funkcije, performanse i stanja).

Rezimirajući i sažimajući, pod AM autor će podrazumevati kontekst upravljanja sistemom pri poznavanju svih njegovih komponenti i delova, na načelima upravljanja sredstvima (vremenskim horizontima, interesnim stranama, životnom veku sredstava, svojstvenim rizicima i performansama, kako sadašnjim tako i ciljnim).

Upravljanje sredstvima može se okarakterisati i kao način da se upravlja sistemom na način da se upravlja svim njegovim elementarnim komponentama, odnosno sredstvima. Centralni je dakle holistički pristup. AM je, gledajući iz perspektive jednog vodovodnog sistema, paradoksalno, možda više usmeren na samu organizaciju nego na tehnički sistem, u smislu promene filozofije razmišljanja i rada ((i) od funkcijskog (ii) preko usmerenog na sredstva (iii) do usmerenog na organizaciju). AM predstavlja zapravo proces upravljanja rizikom (Cromwell i Speranza, 2007), upravo zbog ciljeva, koji su im

ishodište. AM predstavlja sistemsku perspektivu pri sagledavanju vodovodnog sistema (Graham i dr., 2008). Individualni procesi u razvoju i upravljanju infrastrukturom ne bi trebalo da budu samo dobro i efikasno obavljani, već i da se kombinuju kao celina (Thorpe, 2000).

Bez dobro postavljenog okvira za razmatranje rizika, lokalne samouprave kao vlasnici, i vodovodne kompanije kao operateri sistema za snabdevanje vodom, ometeni su u donošenju odluka pri upravljanju sredstvima radi dostizanja ciljeva sistema kao celine. Na tragu ove konstatacije, nastavlja se istraživanje svojstava sistema za snabdevanje vodom, kao veoma složenih sistema.

KARAKTERISTIKE VODOVODNIH SISTEMA

U ovom delu disertacije, u kojem će se sagledavati pojedine osobine složenih sistema, sprovedeće se priprema za testiranje hipoteze h3. Složeni sistemi imaju svojstvene karakteristike čije je prepoznavanje i analiziranje polazište za određivanje odgovarajuće metodologije za analizu rizika. U poglavlju se razmatraju sistemski pristup upravljanju sredstvima, hijerarhijske karakteristike čitavog konteksta donošenja odluka, složenost, adaptivnost i izdržljivost, odnosno čitav socio-tehnički kontekst, kako bi se konačno došlo do saznanja o potrebi za promenom paradigme – promenom tradicionalnog načina sagledavanja rizika u sistemima za snabdevanje vodom.

III.3 Sistemski pristup upravljanju sredstvima

Bilo koja sredstva, a nas se prevashodno tiču vodovodna, tek u sistemu dobijaju ulogu i smisao zbog kojeg su projektovana i izgrađena. Komponente ovih sistema razvijane su ili nabavljane od različitih strana i konačne performanse sistema zavisiće od pravilnog sklapanja i integracije njegovih delova. Razlog tome je što je donošenje odluka sprovedeno od strane različitih timova ljudi širom organizacije tokom godina (odnosno decenija). Donošenje odluka u ovakvim okolnostima može lako postati fragmentirno i reaktivno. Sistemsko razmišljanje i sistemski pristup, prema tome, treba da karakterišu naš odnos prema tim sistemima. Brojni autori koji su rešavali pojedine probleme sistema za snabdevanje vodom su tu činjenicu isticali, što će se navesti u nastavku, a nas se ta priroda tiče da bi sa tim znanjem usmerili istraživanje u smeru postavljenog zadatka – određivanja odgovarajuće metodologije analize rizika.

Shvatajući AM i sistem inženjering (SI) kao posebne tehnike, Valencia i dr. (2001) poredi njihove karakteristične procese poređenjem navoda pretežno iz referentne literature iz ovih oblasti, SI Priručnika (Walden i Roedler, 2015) i Međunarodnog priručnika za upravljanje infrastrukturom (IPWEA, 2015), i pronalazi znatan stepen podudaranja, tabela 5.

*Tabela 5. Poređenje šest procesa IAM sa šest procesa SI
(prema Valencia i dr., 2011)*

SI	IAM
Proces definisanja zahteva interesnih strana	Nivo usluga
Proces upravljanja odlučivanjem	Optimizovano donošenje odluka
Proces upravljanja rizikom	Procena i upravljanje rizikom
Proces upravljanja informacijama	Informacioni sistemi i upravljanje podacima
Proces merenja	Merenje nivoa usluga
Proces upravljanja životnim ciklusom	Upravljanje životnim ciklusom sredstava

Efikasno upravljanje sistemom zahteva široku sistemsku perspektivu koja obuhvata sve interakcije i odnose (NAP, 1996). Lindhe (2010) ističe da je, kada se analizira sistem kako bi se utvrdile eventualni neželjeni događaji i procenio rizik, neophodno imati dobro razumevanje sistema. Upravljanje sredstvima predstavlja sistemsko razmišljanje odnosno obuhvatanje mnoštva elemenata i procesa koji čine neko vodovodno preduzeće u jedan međusobno povezan sistem, kojim treba da se upravlja da bi ostvario ciljeve (Graham i dr., 2008). Pretpostavka da analiza rizika mora da budu sastavni deo ukupnog procesa odlučivanja, zahteva sistematičan, holistički pristup u bavljenju rizikom (Haimes, 2004).

Mnogi istraživači i praktičari navode da tradicionalni pristupi upravljanja infrastrukturom više nisu efektivni. Godau (2004) navodi takvu tvrdnju zbog složenosti tehnologije i drugih spoljnih faktora, poput ekonomije, politike, i životne sredine. Robinson i dr. (1998) razmatraju potrebu za promenom, pošto su infrastrukturni sistemi sada međusobno povezani više nego ikada. Osnovna pretpostavka ovih istraživača i praktičara je da će sistemski perspektiva pomoći u rešavanju problema sa kojima se susreću u upravljanju infrastrukturom. Radna grupa za Infrastrukturne sisteme (ISEWG) Međunarodnog odbora sistem inženjera (INCOSE) objavila je posebno izdanje za infrastrukturu, u kojem Jackson (2004) zaključuje da SI nesumnjivo ima primenu za upravljanje infrastrukturnim sistemima.

Sistemski inženjering i analiza rizika dele fundamentalnu geštalt psihologiju i filosofiju koja zagovara holističku spoznaju u donošenju odluka. Oni se međusobno dopunjuju i upotpunjuju (Haimes, 2007). Integracija sistema predstavlja jedan od najvažnijih i kritičnih elemenata u sistemskom inženjeringu i analizi rizika. Sistemski pristup podrazumeva da neka svojstva sistema mogu jedino biti adekvatno tretirana u celini, uzimajući u obzir sva gledišta i odgovarajuće socijalne i tehničke aspekte (Ramo, 1973).

Govoreći o sistemskom pristupu, a zagledani u naše sisteme za snabdevanje vodom, mi bi prevashodno trebali da budemo zainteresovani za sistemske neželjene događaje. Međutim, većina metodologija ne odražava ovu široku sistemsku perspektivu. Tradicionalni pristup procene rizika, koji se u velikoj meri zasniva na modeliranju uzročnih lanaca i događaja, bio je predmet oštih kritika, npr. Rasmusena (1997), Hollnagel-a (2004) i Leveson (2004). Suprotno tome, ali generalizujući, Haimes (2004) ističe da se tradicionalni pristup procene rizika koji se koristi u QRA može posmatrati kao poseban slučaj sistemskog inženjeringa. Aven (2011) diskutuje da neke od ključnih metoda koje se koriste u proceni rizika nisu u stanju da obuhvate sistemske udese. Hollnagel (2004) zaključuje da je za modeliranje sistemskog udesa potrebno ići dalje od uzročnih lanaca, tj. da se moraju opisati performanse sistema kao celine, gde se koraci i faze na putu do nesreće vide kao delovi celine, a ne kao odvojeni događaji. To nije interesantno samo za modeliranje događaja koji dovode do pojave nesreće, koji se sprovode na primer u stablima događaja i otkaza, već i da se obuhvati niz faktora na različitim nivoima sistema koji doprinose nastanku tih događaja.

Leveson (2007), konačno, navodi da tradicionalne metode i alati za analizu i upravljanje rizikom nisu bile posebno uspešne u primenama za sisteme sa visokom tehnologijom sa distribuiranim donošenjem odluka. Tradicionalni pristupi, uglavnom zasnovani na gledanju uzročnosti u smislu lanca-događaja sa relativno jednostavnim vezama uzrok-posledica, zasnivaju se na pretpostavkama koje se ne uklapaju za nove vrste sistema. Takvi pristupi nastali su u svetu primarno mehaničkih sistema, a zatim su adaptirani za elektro-mehaničke sisteme, od kojih niti jedni ne dosežu nivo kompleksnosti, ne-linearnih dinamičkih interakcija, i tehnoloških inovacija koji su prisutni u današnjim socio-tehničkim sistemima. Uz to, pored tradicionalnih infrastruktura, razvijaju se i sve složeniji informaciono-komunikacioni sistemi sa značajnim međuzavisnostima.

III.4 Ljudski i organizacioni faktori i hijerarhijski nivoi odlučivanja

Prema definicijama, AM pokriva širok spektar pitanja, i opisuje pre filozofiju nego ograničeni proces (Nordgård, 2010). Podsetimo se, ISO 55000 (2014) definiše sredstvo kao stavku, stvar ili entitet koje ima potencijalnu ili stvarnu vrednost u organizaciji. Pored toga, isti izvor definiše AM koordiniranu aktivnost organizacije da ostvari vrednost od sredstava. Alegre (2009) navodi da ne treba zaboraviti da su ljudi glavna komponenta IAM programa. Pojedinci iz sektora voda ukazuju na to da najveće poteškoće sa kojima se suočava AM nisu tehničke prirode, već organizacione. Organizacija, prema tome, u kojoj se nalaze ljudi, sada nam skreće pažnju sa tradicionalnih, pretežno tehničkih aspekata.

Haimes (2004) koristi izraz „hijerarhijski odnosi” sa željom za razumevanjem šta može poći naopako na različitim nivoima hijerarhije sistema. Neophodno je prihvatiti postojanje makroskopskih rizika koje viši nivoi rukovodstva shvataju, i koji se znatno razlikuju od mikroskopskih rizika opaženih na nižim nivoima. U određenoj situaciji, mikroskopski rizik može postati kritičan faktor u pokretanju stvari naopako. Haimes, prepoznaje da je većina organizacionih, kao i tehnoloških sistema, hijerarhijska po strukturi, a time upravljanje rizikom takvih sistema mora biti vođeno i biti odgovarajuće takvoj strukturi. Rizici povezani sa svakim podsistemom u okviru hijerarhijske strukture doprinose i na kraju određuju rizike celokupnog sistema. Haimes (2007) takođe navodi da se dobro upravljanje tehnološkim sistemima mora baviti holističkom prirodom sistema u smislu (i) hijerarhijske, (ii) organizacione i (iii) suštinske strukture odlučivanja. Samo kada su ova pitanja obrađena u širem kontekstu upravljanja, gde su sve opcije i njihovi povezani kompromisi razmotreni unutar hijerarhijske organizacione strukture, može se realizovati upravljanje ukupnim rizikom. Većina, ako ne i sve, organizacije su hijerarhijske u svojoj strukturi i, samim tim, u procesu donošenja odluka koje oni prate. Na svakom nivou organizacione hijerarhije su višestruki, konfliktni, kompetitivni i nesrazmerni ciljevi koji pokreću proces donošenja odluka. U središtu dobrih upravljačkih odluka je odgovarajuća alokacija resursa organizacije među različitim hijerarhijskim nivoima i podsistemima.

Razmatrajući AM jedne distributivne kompanije Brown i Spare (2004) navode uži, korporativni kontekst, i pri tom novoe vlasnika sredstva, menadžera sredstava, i

operatera. Vlasnik imovine odgovoran je za postavljanje ukupnih kriterijuma odlučivanja (što Marlow nešto drugačije definiše), zadatak menadžera sredstava je da prevede ove kriterijume u plan sredstava, dok pružalac usluga izvršava plan i daje povratnu informaciju. Tri uloge i njihove oblasti rada usmerene su na delove upravljanja životnim ciklusom sredstava. Ideja koja stoji iza ovog razdvajanja je da svaka od uloga treba da se fokusira na svoje osnovne procese, pri čemu doprinose ukupnom okviru za AM, kao što je prikazano na slici 36.



*Slika 36. AM okvir
(prema Brown i Spare, 2004).*

Na nivou rukovodstva Vanier (2009) navodi da se srednji menadžeri obično nose sa taktičkim i strateškim procesima u vezi predviđanja i integrisanja potreba i određivanja resursa, strateški planeri ili članovi AM tima ih pomažu u ovom zadatku u većim opštinama, dok viši menadžeri imaju odgovornost da odluče koja od ovih strateških intervencija predstavlja najbolju opciju. Na nivou izvršilaca Vanier navodi da je tipično da tehničko i operativno osoblje pruža podatke i informacije za podršku AM okviru, jer su oni ti koji moraju da popišu, pregledaju i ocene pojedina sredstva. Navedne uloge mogu biti glavne samo u lokalnom, kontekstu vodovodne organizacije. U nekim drugim kontekstima, uloge mogu biti daleko brojnije. MacGillivray i dr. (2006) navode da organizaciona hijerarhija postoji čak i u „ravnim” organizacijama, a Hopkins (2009) pri razmatranju hijerarhije navodi da je jasno da su viši menadžeri ti koji imaju najveći uticaj na bezbednost i da je njihova struktura podsticaja stoga kritična.

Generalno i tradicionalno, organizacije nisu organizovane da podrže kros-funkcionalne aktivnosti (kroz funkcionalne celine) i donošenje odluka koje zahteva AM (Graham i dr., 2008). Organizacije se, međutim, obično organizuju upravo kroz funkcionalne forme, npr. kroz sektor investicija, sektor upravljanja, sektor održavanja, sektor transporta, itd., zbog čega je potrebna odgovarajuća metodologija upravljanja sredstvima/sistemom kako bi obezbedila integraciju preko organizacionih funkcija. Bez ove karakteristike, teško je da će organizacija biti u stanju da celovito ide ka svom cilju, što potvrđuju i Van der Lei i dr. (2010).

Nordgård (2008) prethodnu korporativnu hijerarhiju proširuje nivoom vladinih tela, dok Janssens (2013) prepoznaje nivo vlade, kompanije (unutar kojeg podnivo menadžmenta i osoblja) i nivo korisnika. Zahtevi koji se stavljaju pred sisteme za snabdevanje vodom se zbilja pružaju van usko korporativnih. Infrastruktura predstavlja vrednu imovinu koja pruža širok spektar usluga na nacionalnom, državnom i lokalnom nivou (NAP, 1996). Njene performanse definisane su stepenom u kojem sistem služi ciljevima društva na višestrukim nivoima. Identifikacija ovih ciljeva i procena i poboljšanje performansi infrastrukture sprovode se kroz, u suštini, politički proces koji uključuje više interesnih strana.

Wu i dr. (2009) takođe navode da se organizaciona granica za incidente sa kvalitetom vode za piće proteže daleko izvan korporativne strukture kako bi obuhvatila i druge zainteresovane strane, i analizom brojnih slučajeva primećuje da potrošači vode i regulatori mogu da imaju važnu ulogu. Woo i Vicente (2003) zaključuju da efikasno upravljanje rizikom treba da razmotri različite aktere na svakom nivou, uključujući vladu, regulatorna tela / udruženja, kompaniju, menadžment, zaposlene, i samo funkcionisanje. Ovi nivoi predstavljaju kompleksan socio-tehnički sistem upravljanja rizikom (Rasmussen i Svedung, 1997).



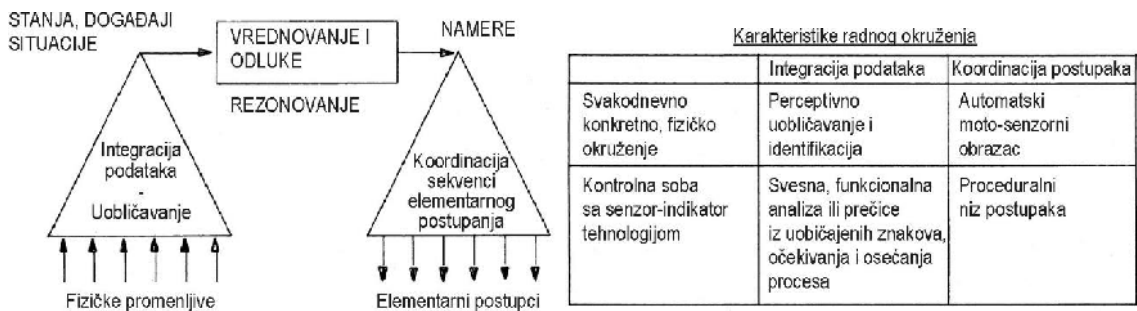
Slika 37. Nivoi izveštavanja i monitoringa u bezbednosno kritičnim primenama (prema Johnson, 2003)

Johnson (2003), koji se bavi sistemima izveštavanja o incidentima kao sredstvom da se obezbedi način da se smanji nivo otkaza, ističe da takvi sistemi moraju da funkcionišu na nekoliko različitih nivoa kako bi se smanjila mogućnost latentnih kvarova i smanjile posledice katalitičkih neuspeha. Na slici 37 prikazan je idealizovan pogled na ovaj proces. Prikazani dijagram je pojednostavljen, jer politička i ekonomska nužnost često razbijaju ovaj lanac ponašanja, ali je vrlo indikativan. Naizgled prosti pojmovi, kao što su „regulator” i „menadžment”, kriju mnoštvo uloga i odgovornosti koje su često u suprotnosti (Toft i Reynolds, 1997).

III.5 Suočavanje sa složnošću

Razvoj i funkcionisanje sistema za snabdevanje vodom, odnosno upravljanje infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema, kako je na prethodnim stranama prikazano, je složen zadatak. Sa jedne strane, to je inženjerski zadatak koji podrazumeva postavljanje brojnih pretpostavki i sprovođenje inženjerskih računica, ali ujedno je i misaoni zadatak, kojim su se kao takvim bavili kognitivni psiholozi. Oni su se bavili načinom na koji donosioci odluka razmišljaju pri suočavanju sa složenim zadacima. Kako je kapacitet donosioca odluka za analizu i odlučivanje ograničen na razmatranje samo određenog broja informacija, jedini način da se čovek suoči sa velikim brojem informacija, koje se mogu naći u nekom sistemu, je da struktuiraju situaciju i da problem prenese do predstave na nivou sa manjom rezolucijom. Zadatak procesiranja podataka tada je: struktuirati informacije na višem nivou predstave stanja sistema; napraviti izbor namere na tom nivou; a zatim planirati niz kontrolnih akcija koje će odgovarati nameri višeg nivoa (Rasmussen i Lind, 1981), slika 38.

Donošenje odluka na višem nivou odnosi se na stanja, vrednosti i namere za postupanje. To zavisi od drugog načina pri suočavanju sa složnošću: zdrav razum prirodnog rezonovanja zasniva se na kvalitativnoj predstavi (velikih) skupova fizičkih varijabli u pogledu objekata i funkcija koje se karakterišu stanjima i osobinama, a ne fizičkim promenljivima i njihovim kvantitativnim odnosima.



Slika 38. Karakteristike procesiranja podataka zavisne od radne situacije (prema Rasmussen i Lind, 1981)

Pri stabilnom radu nekog sistema, očekivanja u pogledu stanja sistema su dosta izvesna, pa se pažnja može usmeriti samo na znakove koji su pogodni da potvrde ili opovrgnu očekivanja (pretpostavke o izvesnosti ishoda). Na primer, pri ustaljenom radu vodovodnog sistema takvi znakovi su neregularni pad pritiska kao posledica kvara

cevovoda ili otkaz crpne stanice. Međutim, ovakav jednostavan ulaz-izlaz model nije primenljiv za manje poznate situacije. U uslovima postojanja znatne neizvesnosti Rasmussen (1979) navodi da odluke moraju biti zasnovane na povratnim spregama, odnosno na predstavama koncepta u vezi unutrašnje uzročne strukture sistema, a razmatranje (procesiranje) podataka od strane donosioca odluke onda uključuje unutrašnji ili mentalni model uzročne strukture sistema.

Hijerarhijska agregacija/dekompozicija u takvom kontekstu koristi se za promenu rezolucije pažnje koja se primenjuje na problem – što se veoma često povezuje sa promenom u nivou apstrakcije koja se koristi za uzročnu predstavu. Hijerarhije agregacije i apstrakcije igraju važnu ulogu u struktuiranju razmatranih problema.

III.5.1 APSTRAKCIJA HIJERARHIJE

Apstrakcija hijerarhije (AH) je način na koji se ljudi bave složenošću. Ako proces donošenja odluka pri radu i razvoju nekog vodovodnog sistema treba da uzme u obzir svu, npr. vodovodnu armaturu: sva kolena, račve, montažno-demontažne komade, spojnice i slično, model takvog sistema bi bio izuzetno glomazan. Sistem sa toliko mnogo detalja bi bio veoma težak za sagledanje. Ako se umesto toga zauzme pristup apstrakcije hijerarhije, to će omogućiti onome koji osmišljava ili analizira vodovodni sistem da ignoriše pojedine detalje i pažnju najpre usmeri na pitanja visokog nivoa. Svrha apstrakcije hijerarhije je da, dakle, sakrije informacije i upravlja složenošću. Inženjeri u mnogim disciplinama koriste pristup apstrakcije hijerarhije za osmišljavanje i izgradnju složenih sistema.

Ova vrsta predstavljanja je nezavisna od događaja (Vicente i Tanabe, 1993), jer pruža informacije o strukturi sistema koja je nezavisna od bilo kakvih konkretnih događaja ili posledica događaja. Kako nepredviđeni događaji predstavljaju znatnu pretnju po bezbednost složenih sistema, suštinski je potrebno da predstava radnog domena ne bude zavisna od događaja koji se unapred moraju znati. AH predstava može pomoći suočavanju sa nepredviđenim događajima (Vicente i Rasmussen, 1992) i time se svrstava u tehniku inženjeringa izdržljivosti (RE).

Rasmussen (1986) je pokazao kako nivoi apstrakcije hijerarhije zajedno sa reprezentovanjem sistema mogu da se koriste za ilustraciju prostora odlučivanja koji ljudi prelaze pri rešavanju problema. Kroz obimna sagledavanja načina na koji ljudi rešavaju tehničke probleme, Rasmussen je primetio da postoje različiti nivoi rasuđivanja i razmišljanja o procesu. Ovi nivoi razlikuju se u smislu njihove udaljenosti od fizičkog oblika bilo koje komponente sistema do njegove ukupne, funkcionalne, svrhe sistema. Rasmussen navodi da nivoi apstrakcije hijerarhije karakterišu problem donosioca odluke i deli ih na pet različitih kategorija: od najkonkretnijeg nivoa (tj. fizičke forme) do najvišeg nivoa apstrakcije (funkcionalne svrhe), a to su, slika 39:

– Funkcionalna svrha:

Opšti smisao sistema i njegova svrha; npr. ciljevi sistema na visokom nivou (što su za neki vodovodni sistem upravo ciljevi vodovodnog sistema);

– Apstrahovana funkcija:

Opšti i simbolički nivo sistema; npr. opisi u smislu mase ili energije za prenos toka kroz sistem (hidrodinamički model kao sredstvo za opisivanje bilansa mase i energije za: izvor (od ulaza vode u sistem), akumulaciju (od skladištenja vode u rezervoarima) i ponor mase i energije (od potrošnje vode), finansijski model, itd.);

– Generalizovana funkcija:

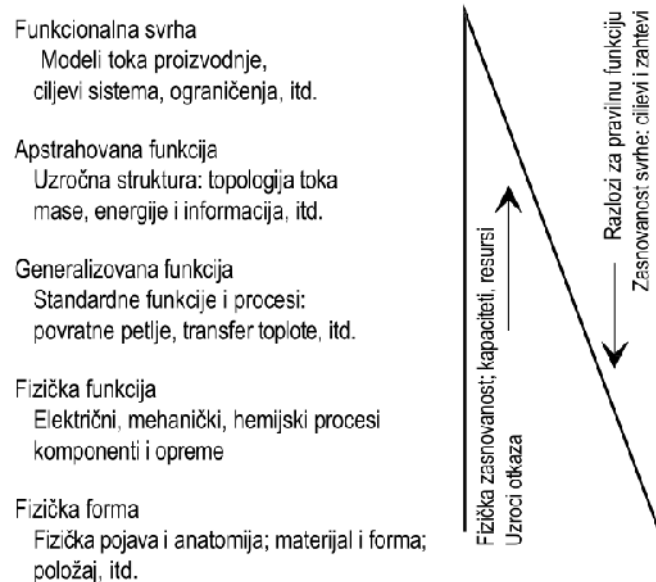
Generalizovani procesi sistema koji odražavaju strukturu ponašanja; npr. dijagram toka informacija i povratnih petlji (hidraulička šema sistema za snabdevanje vodom za opisivanje vrednosti protoka vode iz izvora (ulaz vode u sistem), akumulacije (skladištenja vode u rezervoarima) i ponora (potrošnje vode), tehnološke šeme, itd.);

– Fizička funkcija:

Specifični procesi koji se odnose na skupove komponenti u interakciji; npr. specifični pod-sistemi, kao što su električni ili mehanički (Pošto samo pojedinačne komponente imaju merljiva stanja u ovom sistemu, opisi su na dekompoziciji nivoa komponente. Opisuju se podešavanja pumpi i zatvarača, stanja u rezervoarima, vrednost potrošnje, itd.);

– Fizička forma:

Statički, prostorni, opis specifičnih objekata u sistemu u čisto fizičkom smislu; npr. slika ili predstava komponenti (cevi, vodovodna armatura, pumpe, rezervoari u smislu izgleda, stanja i lokacija svake od komponenti).



*Slika 39. Apstrakcija hijerarhije
(prema Rasmussen, 1986)*

AH je format predstave na više nivoa, gde se na svakom nivou opisuje sistem u smislu različitog skupa atributa ili „jezika” (Bisantz i Vicente, 1994). Svaki nivo AH je zapravo drugačiji model istog sistema. AH se može primeniti i kao okvir predstavljanja znanja. Predstavljanje znanja ima višestruku, centralnu ulogu u analizi i projektovanju složenih sistema.

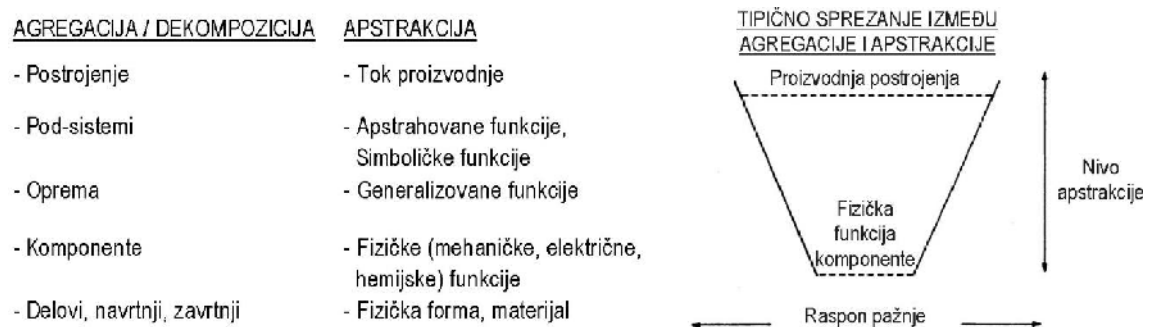
Pri kretanju od jednog nivoa apstrakcije do sledećeg višeg nivoa, promena u svojstvima sistema predstavlja ne samo uklanjanje detalja informacija o fizičkim ili materijalnim svojstvima. Pored toga, informacija se dodaje na principima višeg nivoa koji regulišu funkciju saradnje različitih funkcija ili elemenata na nižem nivou, što je već navedeno pri razmatranju geštalt principa. U inženjerskim sistemima principi višeg nivoa su prirodno izvedeni iz svrhe sistema, odnosno iz razloga za konfiguraciju na nižem nivou.

Sistematska upotreba apstrakcije hijerarhije čini se važnom za formulisanje informacija potrebnih donosiocu odluke kako bi bio u stanju da identifikuje i izvrši odgovarajući kontrolni zadatak u datoj situaciji. Na svakom nivou apstrakcije, razlozi i specifikacije,

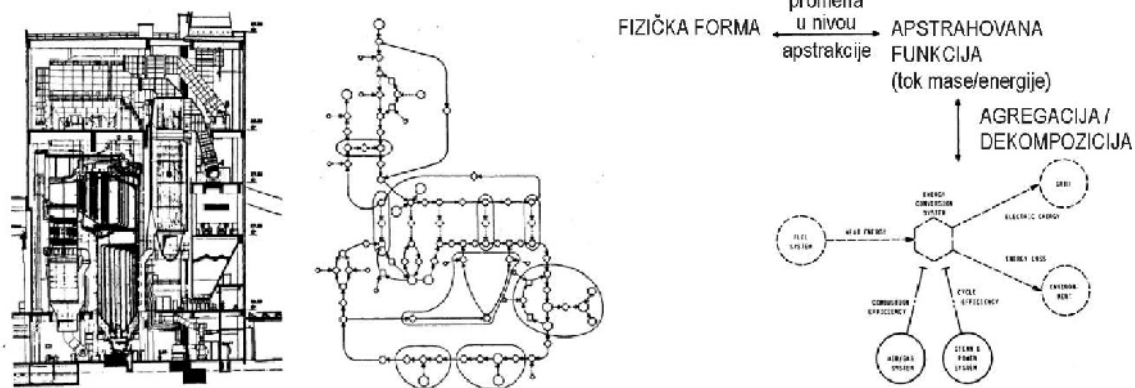
odnosno uslovi za pravilan rad, formulisani su odozgo, a sredstva za kontrolu i potencijal za funkciju, odnosno fizičke sposobnosti i limiti, dolaze odozdo. U slučaju poremećaja zbog tehničkih otkaza, uzroci neispravnosti prostiru se odozdo kroz hijerarhiju apstrakcije, u isto vreme u kojem su pravila za odgovarajuće funkcije izvedene odozgo (Polanyi, 1958). Rasmusen (1986), slično, zaključuje da ljudi rade odozgo kada traže svrhu funkcionalnih zahteva, a odozdo kada traže uzroke sistemskih problema. Induktivno i deduktivno prethodno je detaljnije osvetljeno u odeljku II.3.3.

III.5.2 SPREZANJE HIJERARHIJA APSTRAKCIJE I AGREGACIJE

Hijerarhija može biti strukturirana na mnogo načina. U kontekstu osmišljavanja kontrolnog sistema i donošenja odluka, hijerarhija je prirodno organizovana na način na koji su komponente povezane (agregirane) u funkcionalne celine - podsisteme. Dve dopune AH uključene u predstavljanje znanja su dimenzije agregacije/dekompozicije (i) deo-celina i (ii) topološke veze. Deo-celina („part-whole”) dimenzija dekompozicije je konceptualno ortogonalna na dimenziju sredstva-ishodi („means-end”) (Rasmussen, 1986). Ovo omogućava rezonovanje kroz različite nivoe dekompozicije sistema, pored različitih nivoa apstrakcije, slika 40. Na primer, na nivou apstrakcije hijerarhije funkcionalne svrhe ciljevi sistema za snabdevanje vodom mogu se razložiti na podciljeve, dok se na nivou fizičke funkcije crpna stanica može razložiti na pumpe, cevne veze i zatvarače. Ideja mapiranja nivoa apstrakcije na dekompoziciju sistema sadržana je u razmatranjima Rasmussen-a (1986) za opisivanje rada u socijalno-tehničkim sistemima i kasnijim istraživanjima Vicente-a (1999). Na slici 41 ilustrovana je, pored ostalog, dekompozicija/agregacija jedne elektrane u funkcionalnom domenu (Rasmussen i Lind, 1981).



Slika 40. Ilustracija hijerarhije agregacije i apstrakcije i karakterističnih spojnica (prema Rasmussen i Lind, 1981)



Slika 41. Ilustracija upotrebe apstrakcije i agregacije u predstavljanju elektrane (prema Rasmussen i Lind, 1981)

Rezultati iz nekoliko eksperimenata i terenskih studija pokazali su da, u praksi, postoji veza između (i) nivoa apstrakcije i (ii) nivoa dekompozicije (Vicente i Rasmussen, 1992). Na višim nivoima apstrakcije, razmišlja se o sistemu na grubom nivou dekompozicije, dok su na nižim nivoima apstrakcije prirodni detaljniji nivoi dekompozicije. Na primer, prirodnije je da se na nivou čitavog sistema opišu opšti ciljevi, a da se lokacija i izgled objekata sistema opišu na nivou pojedinačnih komponenti.

Kada se izaberu načini za realizaciju funkcije ili procesa na sledećem nižem nivou, moraju se vrednovati posledice i moguće sporedne pojave na gornjem nivou, a moraju se uvesti i uzročne veze (kontrolne petlje, na primer) za uklanjanje neželjenih stepeni slobode (slobode za mogućnost adaptacije) koji su dodati fizičkoj realnosti uvedenoj pri kretanju na niže nivoe apstrakcije. Cilj procesa uređivanja bezbednosti je da se koordiniraju i ograniče moguća stanja i funkcije fizičkog sistema na one koje odgovaraju svrsi sistema, putem odgovarajuće konfiguracije sistema i odgovarajućih kontrolnih veza. Na svakom funkcionalnom nivou, razlozi i uslovi za funkcije dobijaju se odozgo, dok se podrška i potencijal za funkcije, kao i uzroke kvara propagiraju odozdo.

III.6 Adaptivno upravljanje i izdržljivost sistema

Suočavanje sa složenoću pri rešavanju zadatka snabdevanja vodom za piće usmerava nas i na načine kako upravljati našim sistemima. Upravljanje može da se definiše kao planirani i svrsishodan postupak ili praksa vršenja uticaja na sistem, upravljajući njime u određenom pravcu (Pahl-Wostl i dr., 2006). Generalno, upravljanje ima za cilj postizanje određenih ciljeva. Kontrolisati objekat, prema teoriji kontrole, znači uticati na njegovo ponašanje, kako bi se postigao željeni cilj (Sontag, 1998). Određivanje vrste kontrole, centralne ili distribuirane, treba da bude u skladu sa prirodom sistema kojim upravljamo.

Koncept „adaptivno upravljanje” odnosi se na fleksibilno donošenje odluka koje se može adaptirati u svetlu neizvesnosti, a ishodi iz aktivnosti upravljanja i drugih događaja postaju bolje shvaćeni. Pažljivo sagledavanje ovih rezultata unapređuje naučno razumevanje i pomaže prilagođavanju politika ili operacija, kao delova iterativnog procesa učenja. Adaptivno upravljanje takođe prepoznaje važnost prirodne varijabilnosti u doprinosu izdržljivosti. To nije „*trial-and-error*” proces, već naglašava učenje kroz rad. Adaptivno upravljanje (US ACE, 2004) ne predstavlja zadatak sam po sebi, već sredstvo za efektivnije odluke i unapređene koristi. Njegova prava mera je u tome koliko dobro pomaže u ispunjavanju ekoloških, socijalnih i ekonomskih ciljeva, povećavanja naučnog znanja, i smanjenja tenzija između zainteresovanih strana.

Povećanje svesti o složenosti problema okruženja i sistema „čovek-tehnologija-okruženje” ohrabreno je razvojem pristupa upravljanja na osnovu uvida, po kojem su sistemi kojima treba da se upravlja, u širem smislu, složeni, ne-predvidljivi i odlikuju se neočekivanim odgovorima na pojedine upravljačke mere (Pahl-Wostl, 2002; Pahl-Wostl i dr., 2006). Takvi kompleksni adaptivni sistemi mogu da se karakterišu hijerarhijom komponenti u interakciji, unutar i preko nivoa, sa pojavnim svojstvima koji se ne mogu predvideti poznajući samo komponente (Lansing 2003).

Sistemi za snabdevanje vodom za piće, iako percipirani primarno kao urbani sistemi, deo su ukupnog sektora voda. Kako je podela na urbane i vodoprivredne sisteme administrativne tj. birokratske prirode, neodgovarajuće razmatranje vodoprivrednog aspekta tih sistema, može da ugrozi sam sistem. Skorašnji primer svakako je neodgovarajuće postupanje sa akumulacijom Vrutci. Sistemi „ljudi-tehnologija-

okruženje” u sektoru voda mogu se okarakterisati kao složeni adaptivni i reflektivni. Takve kompleksne adaptivne sisteme karakteriše adaptacija, heterogenost preko nivoa i distribuirana kontrola (Pahl-Wostl, 2006). Vodovodni sistemi se mogu pronaći u ovom kontekstu. Prostor stanja nije zatvoren i predvidiv, već otvoren i razvija se. Razvoj može biti zavisn od putanje i konteksta; sistem pokušava da se odupre spoljnim pritiscima kroz adaptaciju u menjanju svoje unutrašnje strukture. Sam sistem je u stalnoj promeni. Što se tiče pretpostavki paradigme kontrole, može se obratiti pažnja na sledeće razlike, tabela 6:

*Tabela 6. Različite vrste sistema i njihovih karakteristika
(prema Pahl-Wostl, 2006)*

Svojstva kontrolabilnih mehaničkih sistema	Svojstva reflektivnih složenih adaptivnih sistema
Sistem može da postoji u konačnom skupu stanja i svako stanje može da bude jedinstveno karakterisano posmatranjem	Stanje sistema zavisi od istorije i konteksta, može da se razvije potpuno novo stanje
Na osnovu karakterizacije sistema može se napraviti jedinstveni skup mera kontrole za tranziciju sistema iz jednog stanja u drugo	Sistemi mogu adaptacijom da se odupru spoljnim pritiscima, a ljudi mogu da se ponašaju drugačije nego što se očekivalo, i promene čak i pravila pod kojima rade
Neizvesnosti u funkcijama tranzicije stanja mogu da se kvantifikuju verovatnoćama	Za neka ekstremna stanja može biti nemoguće kvantifikovati tranzicione verovatnoće, izuzetno teško je izražavanje nelinearne raspodele probabilističke verovatnoće
Rizici se kvantifikuju proizvodom verovatnoće događaja i veličine očekivane štete	Procena rizika zahteva dijalog jer ljudi sude rizike različito, na osnovu svoje percepcije da utiču na rizik

Zbog mogućnosti da se upravljačke akcije zasnivaju na nepotpunom razumevanju sistema i efekata upravljanja, Mysiak i dr. (2010) ističu potrebu za osmišljavanjem i vođenjem adaptivne politike kroz hipotezu o opsegu mogućih odgovora sistema, uključujući i procese u okruženju i ljudska ponašanja kroz aktivnosti upravljanja. Metodologija analize rizika, za kojom smo u potrazi, svakako da treba da počiva i na principima adaptivnog upravljanja vodama, koje je definisano kao sredstvo unapređenja upravljanja vodama putem sistemskog pristupa (Pahl-Wostl, 2007), a opisano kao sistemski pristup u unapređenju upravljanja i prilagođavajućih promena kroz učenje iz ishoda politike i prakse upravljanja (Holling, 1978, Walters, 1986).

Adaptivni sistemi bi kao takvi trebali da budu i izdržljiviji pri suočavanju sa brojnim izazovima, pri funkcionisanju u realnom svetu. Izdržljivost (eng. *resilience*) je pojam korišćen u više koncepata. Percepcija autora je da je pojam „izdržljivost” u nekom smislu smenio ranije češće upotrebljavan antipod pojam „ranjivost”, u smislu afirmisanja

pozitivnog, a ne isticanja negativnog. Zbog preglednosti, referentne definicije izdržljivosti prikazuju se u Prilogu F1. Koncepti izdržljivosti su brojni, a ovde se navode referentni, koji su direktno razmatrani u sektoru voda: (i) izdržljivost i ranjivost društveno-ekoloških sistema (Holling, 1973, 1995), (ii) izdržljivost po infrastrukturu i ekonomske sisteme (Matalas, 1977; Haines, 2004, 2009), (iii) izdržljivost infrastrukturnih sistema (Gay i Sinha, 2013), i (iv) inženjering izdržljivosti (Hollnagel i dr., 2006; Woods, 2006).

Poslednji navedeni koncept, inženjering izdržljivosti (eng. *Resilience Engineering* - RE) je pojmovno razvijen u okviru inženjeringa bezbednosti. Naime, nakon udesa spejs šatla Kolumbia, februara 2003. godine, a koristeću ovu nesreću kao povod, najbolji u oblasti i na vrhuncu svoje forme, kako navodi Reason u editorijalu referentnog izdanja (Hollnagel i dr., 2004) Woods, Hollnagel i Leveson artikulišu koncept inženjeringa izdržljivosti, koji menja dotadašnju paradigmu bezbednosti i predstavlja novi način razmišljanja o bezbednosti. Prema inženjeringu izdržljivosti, otkaz je rezultat (neodgovarajućih) adaptacija potrebnih da bi se nosilo sa trenutim uslovima, a nije rezultat kvara (Hollnagel i dr., 2006). Pristup uključuje proučavanje uspešnog funkcionisanja umesto proučavanja otkaza i kao takav je u suprotnosti sa onim što je tradicionalno: sa postupkom koji navodi otkaze kao da su stvari, da bi se zatim nešto uradilo kako bi se smanjio njihov broj.

Prema Woods (2006), RE je paradigma za upravljanje bezbednošću koja se fokusira na to kako da se pomogne donosiocima odluka da se nose sa složenošću, pod pritiskom da se postigne uspeh. Umesto da prethodni uspeh vidi kao razlog da se smanje napori, izdržljive organizacije nastavljaju da ulažu napore u predviđanje promenljivog potencijala za otkaz, zato što procenjuju da je njihovo znanje o neusaglašenostima nesavršeno i da se njihovo okruženje neprestano menja. Pojedinci i organizacije uvek moraju da adaptiraju svoj rad trenutnim uslovima, jer su sredstva i vreme ograničeni. U tom kontekstu, uspeh se pripisuje sposobnosti pojedinaca i organizacija da predvide promenu oblika rizika pre nego što dođe do gubitka (Hollnagel i dr., 2006).

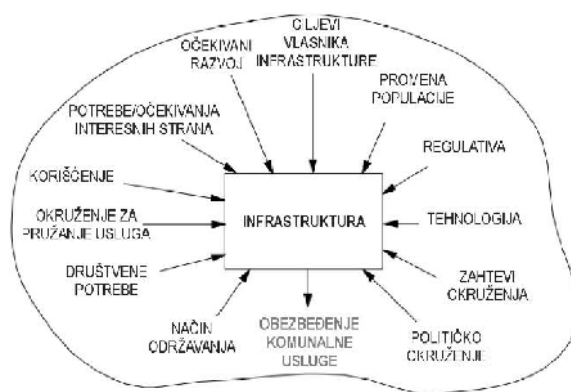
Postoji jaka veza između gubitka kontrole i neočekivanih događaja. Neočekivani događaji često se smatraju za rezultat nedostatka kontrole (npr. Johnson, 1980; Kjellen i Larsson, 1981). Pojava neočekivanih događaja, međutim, može imati svoje uzroke van sistema. Jedinostvenost RE pristupa, koji je zasnovan na sistemskom pogledu, pokušaj je da se pri

analizi sistema pažnja pomeri dalje od klasične orijentacije na komponente i otkaze na predviđanje ponašanja na nivou sistema. Ona takođe ima za cilj da ide iznad tradicionalnih orijentacija prema nivoima, npr. tehničkih, ljudskih ili organizacionih, tražeći da se obuhvati veća, holistička realnost uslova, kako za neuspeh, tako i za uspeh. Zbog dinamičnosti, kako unutrašnje tako i spoljašnje, moraju se očekivati fundamentalna iznenađenja u vidu pojavnog fenomena. Iz iskustva smo već videli nedostatke prediktivnih modela koji bi trebali da daju nagoveštaj o tome „Šta je najverovatnije da se desi?“ Izdržljiva organizacija, nasuprot tome, mora da bude spremna da bude iznenađena, sa stavom „Pripremi se da budeš iznenađen“. Npr. pripremi se kvalitet vode u akumulaciji za snabdevanje vodom za piće bude narušen, i razvijaj kapacitete sistema u svim aspektima kako bi mogao da se suočiš sa izazovima.

Sumirajući ovaj odeljak, može se zaključiti da tradicionalne metode analize rizika ne uzimaju u obzir adaptaciju koja je prisutna u realnim sistemima kao element koji povećava izdržljivost sistema na svakodnevne izazove.

III.7 Socio-tehnički kontekst

Sve prethodno upućuje nas na značaj susretanja tehničkog i društvenog dela razmatranog problema. U tom smislu, perspektiva procesa razvoja i upravljanja infrastrukturom može se sagledati razmatranjem slike 42, koja pokazuje niz faktora koji utiču na razvoj i funkcionisanje infrastrukture tokom njenog životnog ciklusa (Thorpe, 2000). Ovi faktori nastaju ne samo iz inženjerskih zahteva tehnologije, ekonomije i menadžmenta, već i iz socijalnih i političkih uticaja, kao što su zakonodavstvo, socijalne potrebe, zahtevi zaštite životne sredine, kao i političko okruženje. Ove različite zahteve treba uzeti u obzir.

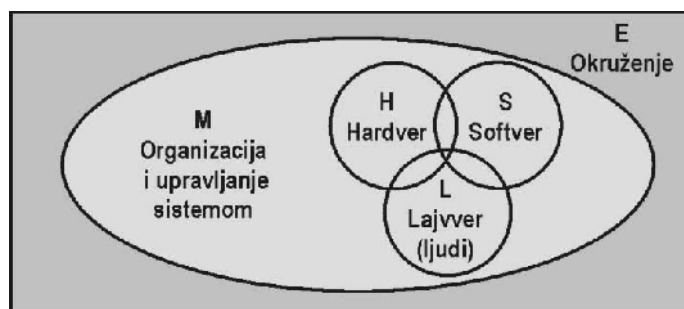


Slika 42. Komponente okruženja infrastrukture (prema Thorpe, 2000)

Ako ljudi imaju važne uloge ili odnose sa i unutar sistema, obično se prema objektu istraživanja odnosimo kao prema socio-tehničkom sistemu (Rausand, 2011). Sociotehnički sistem sadrži nekoliko vrsta elemenata, poput sledećih:

- Hardver (H); svaki fizički i elementi objekta istraživanja koji nisu ljudi, kao što su bunari, postrojenja za prečišćavanje, crpne stanice, hidromašinska oprema, sistem za distribuciju vode i dr;
- Softver (S); nematerijalni elementi objekta istraživanja: na primer, računarski softver, procedure rada, norme, kontrolne liste i slično;
- Lajvver (L); osoblje, kao što su operateri, osoblje u održavanju, posetioci i treća lica. *Liveware* takođe uključuje elemente kao što su timski rad i liderstvo.
- Menadžment / organizacija (M); menadžment, politike, strategije, obuka i sl.;
- Okruženje (E); unutrašnje i spoljašnje okruženje u kojem objekt istraživanja funkcioniše.

Različiti elementi objekta istraživanja ilustrovani su na slici 43. Analizom rizika je svakako važno uzeti u obzir sve ove elemente i interfejse, tj. odnose između njih.



Slika 43. Elementi objekta istraživanja
(prema Rausand, 2011)

U socio-tehničkim sistemima, tehnički delovi sistema su čvrsto integrisani sa ljudskim aktivnostima. Neuspesi u socio-tehničkim sistemima su rezultat kombinacije faktora zamršenih u složene uzročne mreže koje se prostiru na nekoliko hijerarhijskih nivoa u okviru organizacije (Reason, 1990, 1997). Besnard i Baxter (2003) navode da tehnička i organizaciona pitanja treba razmatrati istovremeno, kako bi se obuhvatila uzročna mreža koja dovodi do neželjenih događaja. Finger i dr. (2009) takođe ukazuju da se odnos između tehničkog i institucionalnog dela sistema ne sme zanemariti i u prvi plan postavlja teoriju koherentnosti koja kaže da performanse infrastrukture zavise od povezanosti tehničkog i institucionalnog dela. Ovaj pristup je podržan od strane Komonen-a i dr. (2012) koji navode da različito poslovno okruženje ima različite zahteve za određena sredstva i utičaje na strategije AM u preduzeću.

Već je navedeno da su Woo i Visente (2003) zaključili da efikasno upravljanje rizikom treba da razmotri različite aktere na svakom nivou, uključujući vladu, regulatorna tela / udruženja, kompaniju, menadžment, zaposlene i rad. Ovi nivoi predstavljaju kompleksan socio-tehnički sistem upravljanja rizikom (Rasmussen i Svedung, 1997).

Wu (2009) navodi da model „švajcarski sir” (Reason, 1990) može da se razvije za dinamičke socio-tehničke sisteme. Bellamy i dr. (2000), kroz projekat I-RISK, kao polaznu tačku za tehničko - menadžerski interfejs i model upravljanja, predlažu hijerarhijsku kontrolnu i monitoring petlju. Cilj projekta I-RISK, iz kojeg se kasnije razvio i projekat CATS (Ale i dr., 2009), bio je da kvantifikuje efekat sistema upravljanja bezbednošću sistema na rizik, u ovom slučaju na rizik od nemogućnosti zadržavanja

opasnih materija nekog procesnog sistema. Tokom rada na projektu razvijena su i kvantifikovana dva opšta modela:

- tehnički model; uključuje one aspekte analize rizika koji su direktno pod uticajem postojećeg hardvera, obuhvatajući sve povezane procedure (za funkcionisanje, održavanje i dr.);
- menadžment model; uključuje one aspekte organizacije i upravljanja postrojenja koji mogu uticati na performanse ljudi, a indirektno na hardver;
- u cilju uparivanja modela upravljanja sa tehničkim modelom, razvijen je interfejs između tehničkih parametara modela i komponenti sistema menadžmenta.

Razvoj neželjenih događaja može da se sagledava i kao proces koji se, obično tokom godina, razvija iz interakcije između ljudskih i organizacionih komponenata socio-tehničkih sistema. Socio-tehnički sistem je sistemski okvir u kojem se formira bezbednosna kultura. Socio-tehnički sistem je dinamičan proces koji se stalno prilagođava da ostvari svoje ciljeve i da reaguje na promene u sebi i svom okruženju (Rasmussen, 1986). Sistemi i organizacije migriraju ka udesima (stanjima visokog rizika) pod pritiscima troškova i produktivnosti, u agresivnom, konkurentnom okruženju. Stoga, potreba je da se ova migracija otkrije i kontroliše.

Leveson (2011) navodi da se složeni sistemi razlikuju od tradicionalnih sistema po tome što uključuju visok nivo automatizacije, socijalnih aspekata, i složene unutrašnje i spoljašnje interakcije. Karakteristike složenih sistema su da su oni otvoreni su za uticaje iz okruženja i obrnuto, komponente su neupućene u ponašanja sistema i efekte sopstvenih akcija na njemu, interakcija je složena, a ne nužno i komponente (Dekker, 2011). Za ove sisteme karakteristično je pojavno ponašanje: kompleksni sistemi nisu u statičkoj ravnoteži: potrebne su povratne sprege, postoji zavisnost istorija ili putanja, a interakcije koje se ostvaruju su nelinearne.

III.7.1 ZNAČAJ TEHNIČKE SPECIFIKACIJE SISTEMA

Tehnički sistem, sa jedne, i ljudi, sa druge strane, svakako da imaju svoje granične površi. Tehnički sistem, iza kojeg stoje materijalizacija i topologija, u nekom trenutku

susreće se sa ljudskim sistemom, iza kojeg stoje svrha, namena, ciljevi, zahtevi i logički principi rada sistema.

Rasmussen (1981) je koristio apstrakciju hijerarhije za unapređenje interfejsa čovek – mašina opisivanjem funkcionalnog radnog domena operatera sistema na način koji odražava namere i funkcionalne ciljeve operatera sistema. Interfejs čovek – mašina, odnosno donosilac odluke – tehnički sistem, dakle, obezbeđuje prikaz stanja sistema koji donosilac odluke može da koristi za rešavanje problema, shvatanje zahteva za rad i sprovođenje zadataka kontrole i praćenja tehničkog sistema. Ova granična površina - interfejs, za neku elektranu ili procesno postrojenje na primer, generalizuje i reprezentuje se preko kontrolnog panela ili upravljačke komandno-kontrolne table. Iza kontrolnog panela na primer, nalazi se splet cevnih veza, cevne armature, gorionika, kotlova, i čega sve ne, koji se završava i sublimira upravo tim kontrolnim panelom. Ispred tog kontrolnog panela stoji čovek, iza kojeg opet stoje svrha elektrane, zahtevi, principi rada, i tako dalje.

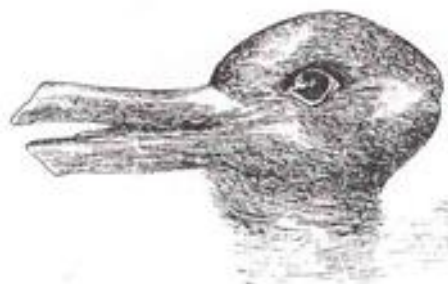
Apstrakcija hijerarhije ujedno je veoma koristan pristup za izradu boljih tehničkih specifikacija, odnosno zahteva i ograničenja kroz dokumentovanje sistema za sve faze životnog ciklusa, kojim se ljudi integrišu u inženjerski dizajn. Baš kao što je kontrolni panel u nekom postrojenju interfejs između operatera i tog postrojenja, tehnička specifikacija nekog sistema za snabdevanje vodom može da se sagledava i kao interfejs između svih interesnih strana (onih koji sistem osmišljavaju, izvode, održavaju i koriste) i tehničkog sistema (bunara, postrojenja za prečišćavanje, sistema za distribuciju vode). Specifikacija može da pomogne, ili odmogne ako je neodgovarajuća, onima koji sistem osmišljavaju, izvode, održavaju i koriste, da dovoljno dobro razumeju systemske zahteve da bi kreirali fizički oblik, da bi pronašli probleme u tom fizičkom obliku, ili da menjaju taj fizički oblik. Ideje apstrakcije hijerarhije mogu da se koriste za specifikaciju i shvatanje odnosa između ishoda (ciljeva) i sredstava (oblika) pojedinog sistema. Opšti cilj, kao i korišćenje AH u interfejsima čovek-mašina, je da se predstave ograničenja u procesu projektovanja (Leveson, 2000). Iako tradicionalan u tehnologiji, mašinskom inženjerstvu, i ergonomiji, ovaj pristup do sada nije korišćen za sagledavanje sistema za snabdevanja vodom za piće.

U tehničkim specifikacijama unutar projektnih rešenja i tehničke dokumentacije navedene su ili sakrivene brojne pretpostavke na kojima počiva rad naših sistema, što će se staviti u funkciju smanjenja neizvesnosti i detaljnije osvetliti u odeljku IV.3.

III.8 Promena paradigme

Ovim skoro dolazimo do trenutka kada se disertacija opredeljuje u pogledu naučnog stanovišta i doprinosa. Postojeća naučna praksa u predmetnoj oblasti, po mišljenju autora, uprkos brojnim pokušajima, ne može da izađe iz okvira taoca pouzdanosti i modela na bazi verovatnoća. Poslednjih godina uprkos proširivanju perspektive, od sagledavanja vodovodnih sistema kao isključivo tehničkih, do uključivanja ljudskih i organizacionih faktora, verovatnoće su ostale centralni koncept u pristupu na bazi rizika. Bezbednost se uzima samo u delu kvaliteta vode i nije prepoznata kao koncept pri upravljanju vodovodnim sistemima. Pre nastavka u nagoveštenom smeru, navodi se, naizgled digresija, a opet centralni naučni postupak ove disertacije, o načinu shvatanja stvari u istraživačkom postupku.

Promena paradigme (eng. *paradigm shift*) prema Kuhn-u (1962) promena je u osnovnim pretpostavkama, ili paradigmi, unutar preovlađujuće naučne teorije. Naime, pre više od pedeset godina, Tomas Kuhn, fizičar, koji se bavio istorijom nauke, objavio je delo „Struktura naučnih revolucija” (Kuhn, 1962), kojom je formulisao revolucionarno shvatanje nauke. Tradicionalno, nauka je definisana kao akumulacija objektivnih činjenica, koja napreduje ka sve istinitijem razumevanju prirode (Popper, 1935). Umesto toga, Kuhn je izašao s viđenjem prema kojem naučna otkrića u velikoj meri zavise od vrste pitanja koja naučnici postavljaju, a ova pak delimično zavise od filozofske pozicije konkretnog naučnika. Ponekad, dominantan naučni pogled na svet postaje pretrpan problemima na koje ne može adekvatno da se odgovori. Time se stiču uslovi za nepovratne naučne revolucije (od normalnog stadijuma preko krize), koje je Kuhn nazvao „promene paradigme”. Kada dođe do promene paradigme, naučnici menjaju dotadašnji pogled na svet, pitanja koja o njemu postavljaju, i oruđa koja koriste da bi ga razumeli. Rečju, prekida se pravac kojim se nauka do tog trenutka kretala i napredovala. Kroz ove revolucije, glasilo je Kuhnov revolucionarni zaključak, put nauke nije nužno put ka istini, već udaljavanje od pređašnje pogrešne vizije. Ilustracija osnovne Kuhn-ove ideje prikazuje se na slici Slika 44.



*Slika 44. Dvosmisljena slika patka – zec
(prema Kuhn, izdanje 1992)*

III.8.1 PROMENA PARADIGME U SEKTORU VODA

Poslednjih godina povećana je diskusija i rasprava o promeni paradigme i u upravljanju vodama, kako normativne („treba da se desi”), tako i opisne („dešava se”) perspektive (Pahl-Wostl, 2006). U prošlosti, upravljanje u sektoru voda bilo je fokusirano na dobro definisanim problemima koji su dobili važnost sa povećanjem koncentracije urbane populacije i intenziviranjem industrijske i poljoprivredne proizvodnje. Sanitarni problemi u gradovima i sve veća potražnja za vodom pokretali su i vodili glavne probleme u sektoru voda. Eutrofikacioni problemi u jezerima, na primer, inicirali su sve veće uključivanje istraživanja i razvoj zakonodavstva. Reke su regulisane da bi zaštitile gradove i poljoprivredno zemljište od poplava. Tehnološke mere u postrojenjima za prečišćavanje pokazale su se kao veoma efikasne u rešavanju niza ekoloških problema. Međutim, generalno, ovi problemi su rešavani u izolaciji, i potencijalno neželjene dugoročne posledice nisu uzete u obzir. Pristup na kome je tradicionalno upravljanje vodama zasnovano može se okarakterisati kao pristup usmeren na visoku predvidljivost i kontrolabilnost.

Čitav niz shvatanja i promena u perspektivi, među kojima je osnovno da su neželjeni događaji često krize upravljanja, a ne resursa ili tehnoloških problema, počeo je da utiče na tradicionalno upravljanje vodama. Kako je istaknuto od Pahl-Vostl (2007) može se govoriti o društvenoj konstrukciji pojednostavljenja koja je karakterisala upravljanje u sektoru voda. Složenost je smanjena fokusiranjem na pitanja u izolaciji, a problemi se rešavaju tehničkim sredstvima fokusiranjem na usko definisane oblasti.

Brojni autori koriste pojam „paradigma” za karakterizaciju upravljanja vodama, a Cortner i Moote (1994) su jedni od retkih koji su i eksplicitno definisali šta on znači. Paradigme u upravljanju vodama mogu da se tumače kao znak povećane svesti o složenosti i fundamentalnoj promeni u razumevanju šta menadžment podrazumeva, a što nije ograničeno samo na problematiku vode (Pahl-Vostl, 2007). Grigg (1998) ohrabruje planiranje i upravljanje kroz dinamičan proces kojim se sistem adaptira promenljivim uslovima. Haimes (2011) navodi da sve veća uloga inženjera projekatata i sistem analitičara u donošenju odluka rađa promenu paradigme, koju karakteriše jako preklapanje odgovornosti svih uključenih aktera. Younos (2011) takođe ističe potrebu promene paradigme za održivo upravljanje vodnom infrastrukturom. Promena paradigme za IAM je prelaz od izgradnje i upravljanja radom na upravljanje radi produženja trajanja sredstava, optimizacije održavanja i obnove, razvoja precizne dugoročne strategije finansiranja i održavanja dugoročnih performansi. Upravljanje IAM je sistematska integracija naprednih i održivih tehnika upravljanja u paradigmu upravljanja ili način razmišljanja, sa primarnim fokusom na dugoročni životni ciklus imovine i njenih održivih performansi, više nego na kratkoročnim, dnevnim aspektima sredstava (EPA, 2007).

III.8.2 PROMENA PARADIGME U ANALIZI RIZIKA

Uz sva prethodna razmatranja Aven (2008) se pita da li analizu rizika predstavlja to što je ustanovljen pregled istorijskih podataka (na primer, nesrećnih događaja, kvarova na vodovodnim cevima, neodgovarajućeg kvaliteta vode iz vodovodne mreže). On sam i odgovara na to pitanje da to nije moguće u izolaciji i navodi da takvi podaci opisuju šta se dogodilo i da se time opisuje prošlost. Tek kada se bavimo budućnošću, i za to daje primer broja neželjenih slučajeva u narednoj godini, primenjuje se koncept rizika. Da bi analizirali šta će se desiti, nastavlja Aven, možemo odlučiti da iskoristimo istorijske brojeve, a statistika će onda da izrazi rizik, pa na taj način, zaključuje Aven, mi sprovodimo analizu rizika. Rausand (2011) slično Avenu, navodi da analiza rizika ima uvek proaktivan pristup u smislu da se bavi isključivo potencijalnim nesrećama. U nastavku konstatuje da je to u suprotnosti sa istraživanjem nesreća, što je reaktivni pristup koji nastoji da utvrdi uzroke i okolnosti nesreće koje se su već desile.

Stereotip rizika kao verovatnoće i posledica, koji počivaju na istoriji neželjenih događaja, teško može da da ispravna buduća rešenja. Međutim, više od procena budućih događaja potreban je uvid u postojeće slabosti, koje treba biti uzeti u razmatranje prilikom sagledavanja vodovodnih sistema. Rešenja su, prema tome, potrebna sada.

Do nesreća ne dolazi samo zbog otkaza pojedinih komponenti, već i disfunkcionalnim interakcijama komponenti socio-tehničkog sistema, neobuhvaćenim poremećajima iz okruženja, ali i manjkavostima tokom planiranja i projektovanja, i organizacionim i upravljačkim manjkavostima tokom funkcionisanja sistema, za koje verovatnoće ne znamo, a koji su determinističke prirode.

Ovde dolazimo do mesta zaključivanja celokupnog dosadašnjeg razmatranja i opredeljivanja daljeg puta.

- U postuku definisanja rizika, okvira za razmatranje rizika, metoda analize rizika, neizvesnosti, elemenata slike rizika i tradicionalnih metoda analize rizika, utvrđeno je da rizik, kao verovatnoća i posledica, nije koncept kojim mogu da se na odgovarajući način obuhvate višestruke perspektive opasnosti koje su prisutne u vodovodnim sistemima;
- U postuku definisanja upravljanja infrastrukturnim sredstvima i karakteristika upravljanja vodovodnim sistemom/sredstvima, pri čemu su vodovodni sistemi složeni, hijerarhijski, adaptivni i socio-tehničke prirode, utvrđeno je da je upravljanje sistemom kao celinom odgovarajući način da se upravlja sredstvima.

Promena paradigme u analizi rizika koristi se kao promena perspektive i načina na koji se gleda u problem. Nesreća se obično doživljava kao događaj koji treba da se analizira, da bi se učilo iz iskustva, i da se slične nesreće ne bi dešavale. U vodovodnom sistemu, na primer, kvarovi se uglavnom doživljavaju kao (i) defekti koje je potrebno popravljati ili (ii) događaji koje je potrebno uvesti u evidenciju. Međutim, takvi neželjeni događaji zapravo predstavljaju rizik koji se ostvario. Ovim prestaje potreba da se rizik dovodi u isključivu vezu sa budućim događajima. Pažnja stoga, ali samo privremeno, može da se usmerava na kvarove, neželjene događaje ili nesreće. Usmeravanje na nesreće nas se tiče prevashodno u smislu odgovaranja na pitanje kako nesreće nastaju, odnosno zbog

razmatranja uzročnosti nesreća. U evaluaciji pristupa, konačno dolazimo do koncepta bezbednosti (tj. inženjeringa bezbednosti) kao discipline koja se bavi istraživanjem nesreća, analizom rizika i sistemima upravljanja bezbednošću, i koja je kao koncept šira od koncepta analize rizika. Pristup se dakle pomera od rizika koji je definisan negativnim, neželjenim događajima, na bezbednost koja je definisana pozitivnim, onim kako treba da bude. U konceptu rizika gledaju se događaji, u konceptu bezbednosti procesi i stanja.

Tabela 7. Promena paradigme

#	definisano	gledaju se	fokus na	na bazi	upravljanje
RIZIK	negativnim	događaji	neželjene događaje	previda (otkaza)	preskriptivno
BEZBEDNOST	pozitivnim	procesi	kako treba da bude	uvida (u stanje)	adaptivno

Promena paradigme se prema tome odnosi na promene u pristupu, počevši od analize rizika, preko analize nesreća, do analize bezbednosti. Sam fokus analiza se time pomera od fokusa na previde (nesreće, neželjene događaje) ka fokusu na uvide u procese i stanja (izdržljivost) sistema. Bezbednost treba ugraditi u sam sistem, odnosno u procese koji se odvijaju. Bezbednost nije nešto uzgredno ili sporedno od samog osnovnog suštinskog cilja sistema. U tom smislu pitanje „Da li je (dovoljno) bezbedno?” u našem kontekstu nije odgovarajuće. Pravo pitanje treba da bude „Da li može da bude bezbednije?” Bezbednost, kao pojavno svojstvo sistema, treba da se posebno gradi za visoko-vredne sisteme i situacije. Sistem za snabdevanje vodom kao infrastrukturni sistem jedan je od takvih. Upravljanje infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema deo je takvog koncepta.

Ovim se afirmiše i princip adaptivnosti kao upravljanja kroz učenje, ne kroz preskriptivnu kontrolu, učenje na iskustvu, pri čemu iskustvo uključuje i dobre i loše ishode. Promena paradigme saglasna je prirodi savremenih infrastrukturnih sistema koji su složeni, hijerarhijski, reflektivni, adaptivni, socio-tehnički. Wijnia i dr. (2012) navode da je pravi način za ostvarivanje ciljeva poboljšano donošenje odluka. Ako organizacija rešava pogrešan problem (Leveson, 2004) i samo misli na standardna rešenja, projekti koje organizacija sprovodi biće gubljenje novca, bez obzira na to koliko dobro su sprovedeni.

Poslednji trendovi, od upravljanja putem previda do upravljanja putem uvida, odražavaju različite nivoe kontrole povratne sprege koja se vrši nad nižim nivoima i menja iz kontrole

preskriptivnog upravljanja na upravljanje ciljevima, gde se ciljevi tumače i zadovoljavaju prema lokalnom kontekstu (Rasmussen i Svedung, 1997). Dakle, ne na osnovu previđanja nego na osnovu uviđanja. Očigledno je da u stručnoj i naučnoj zajednici postoji svest o složenosti uzroka razmatranih izazova, ali je svakako potrebno da na raspolaganju bude razumni teorijski koncept koji bi pomogao da se eksplicitno opišu složeni odnosi (Ferjencik, 2010). Takav koncept istražiće se u narednom poglavlju IV.

POGLAVLJE IV

BEZBEDNOST SISTEMA

U ovom delu disertacije će se razmatrati bezbednost sistema uopšte, što je razmatrano pretežno u drugim tehnološkim oblastima, radi iznalaženja elemenata za primenu u sistemima za snabdevanje vodom i testiranja hipoteze h3: Metodologija analize rizika treba da bude saglasna prirodi sistema koji se razmatra. Najpre će se razmatrati sam pojam „bezbednost”, osvetliće se teorija nesreća radi utvrđivanja uzročnosti nastanka nesreća, ovog puta sa aspekta bezbednosti sistema, i iz toga opredeliti moguća metodologija analize rizika pri upravljanju sredstvima vodovodnih sistema.

IV.1 Bezbednost

U stručnoj i naučnoj literaturi, kao i u praksi, prisutno je više različitih pristupa za razmatranje bezbednosti, sa primerima primene za istraživanje nesreća, analizu rizika i u sistemima upravljanja bezbednošću. Terminologija se opet dosta razlikuje, u zavisnosti od oblasti i istraživača. Značenje ovih koncepata i njihova praktična primena dosta varira, što bi moglo dovesti do zabune (Harms-Ringdahl, 2004). U ovom poglavlju se iz tog razloga razmatra sam pojam „bezbednost”.

IV.1.1 DEFINICIJA BEZBEDNOSTI

Referentne definicije pojma „bezbednost” navode se u Prilogu G1. U sektoru voda pojam „bezbedan” se uglavnom koristi da označi stanje kvaliteta vode prema predefinisanim standardima. „Bezbedna voda” znači da su potencijalne štetne materije, u zavisnosti od njihove prirode i karakteristika, ili odsutne iz vode ili su vrednosti pojedinih parametara kvaliteta ispod bezbednih granica. Pojam bezbedne vode za piće bi trebalo da znači da ne očekujemo da umremo ili postanemo ozbiljno bolesni od konzumiranja ili korišćenja takve vode (Hrudey i dr., 2006).

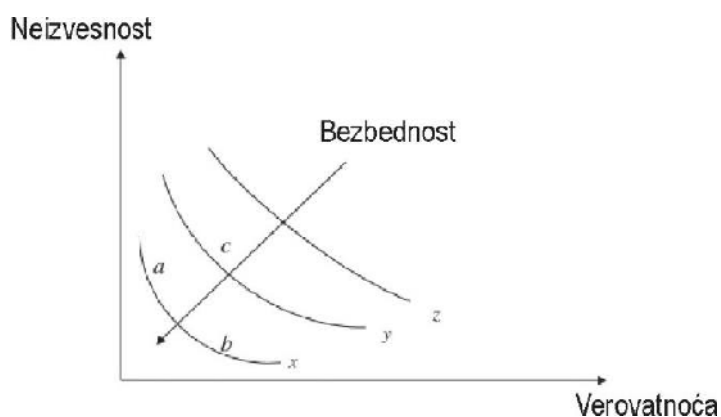
Dokas (2009) bezbednost u oblasti vode za piće definiše kao osobinu sistema koja se sastoji između ostalog od hardvera, ljudi, vladinih agencija, procedura, zakona i propisa. To nije samo osobina vode kao supstance, već i prilično složenog socio-tehničkog sistema koji uključuje, između ostalog, ljudske aktivnosti (npr. industriju, stočarstvo,

poljoprivredu) u slivnom području, državne institucije koje postavljaju standarde kvaliteta i sprovode monitoring kvaliteta vode, državne agencije koje regulišu politiku nivoa usluga i cena, i drugo.

U sektoru voda pojam „bezbednost” nije se koristio, odnosno, ne koristi se da označi uspešnost dostizanja ciljeva sistema ili postavljenih ciljnih performansi, odnosno odsustvo neželjenih događaja. Predominantan pojam u tom kontekstu bio je i jeste „rizik”.

IV.1.2 BEZBEDNOST I RIZIK KAO ANTONIMI

Definicije ICAO (2013) i ISO/IEC Guide 51 (2014) shvataju bezbednost kao neku vrstu suprotnosti riziku. Postoji inverzni odnos između rizika i bezbednosti u smislu da manji rizik znači veću bezbednost. Prema Moller i dr. (2006), ovo je suviše uska koncepcija zato što zanemaruje značaj epistemske neizvesnosti. Bezbednost, kako oni tvrde, je funkcija koja se smanjuje sa verovatnoćom štete, ozbiljnošću štete i našom smanjenom sposobnošću da je predvidimo sa poverenjem, slika 45.



Slika 45. Funkcija bezbednosti
(prema Moller i dr., 2006).

Hollnagel (2012) primećuje da postoje mnoge definicije bezbednosti, ali da je većina njih varijacija na temu da se bezbednost može meriti brojem negativnih ishoda i da se mora sprovoditi primenom bezbednosnih mera (npr. više procedura). Bezbednost može biti izgrađena bez ikakvog pozivanja na rizik. Hollnagel i dr. (2006) odbacuju ideju bezbednosti kao inverziju rizika kao zastarelu. Shodno njegovom fundamentalnom paradigmatom okviru, Hollnagel predstavlja RE kao koncepciju bezbednosti i sposobnost da se uspe pod različitim uslovima. RE naglašava adaptaciju umesto kontrole (ICAO, 2013). RE smatra da je bezbednost rezultat aktivnosti, što znači da se mora

aktivno i kontinuirano razmatrati i raditi sa njom. Bezbednost je, dakle, različita od, i mnogo složenija od, odsustva rizika (Hollnagel i dr., 2008). Ovo pomera fokus bezbednosti, od pitanja rizika na pitanje izdržljivosti. Karakteristične aktivnosti RE su analiziranje i predviđanje onoga šta pomaže u prevenciji nesreća, a ne „krpljenje” nesreća koje su se već desile.

Odnos rizika i bezbednosti je svakako stvar akademske rasprave (Moller i dr., 2006; Aven, 2009). Diskusije o prihvatljivom riziku su u više navrata uokvirene pitanjem „Koliko bezbedno je dovoljno bezbedno” (Jongejan, 2008). Obzirom na dvosmislenost koja je svojstvena za oba termina, postavlja se pitanje da li koristiti oba pojma ili se opredeliti isključivo za jedan.

Brown i Green (1980) su mišljenja da je bezbednost manje dvosmislen termin koji je poželjniji od rizika. Nasuprot tome, ISO/IEC Guide51 (2014) ne savetuje korišćenje pojma bezbednost, bez da to argumentuje. Polemična su i mišljenja koji je pojam širi. Sa jedne strane, prema Moller-u i dr., (2006), rizik je širi koncept od bezbednosti, jer je posvećen ne samo posledicama šteta. Sa druge strane, moglo bi se tvrditi da je bezbednost koncept većeg kapaciteta od rizika, pošto nije toliko ograničen na buduće ishode (Johansen, 2010). Nekako ima više smisla da se priča o prošloj bezbednosti nego o prošlom riziku. Uz argumentaciju ICAO (2013), bezbednost je složeniji koncept zbog svojih jakih konotacija sa konceptom kontrole, što joj daje i značajno prisustvo u sadašnjosti. Razmatrajući pitanja o bezbednosti Laaksonen (2012) navodi da pitanje koje ne bi trebalo da postavljamo je „Da li su sistemi dovoljno bezbedni?” i da je pravo pitanje u tom smislu „Kako sisteme možemo učiniti bezbednijim?”

IV.1.3 BEZBEDNOST I POUZDANOST

Bezbednost i pouzdanost su, takođe, različite osobine. Jedna ne podrazumeva niti zahteva drugu - sistem može da bude pouzdan i nebezbedan ili bezbedan i nepouzdan (Leveson, 2004). U nekim slučajevima, dva svojstva sistema su u konfliktu, odnosno, pravljnjem što bezbednijeg sistema možemo smanjiti pouzdanost, a povećanjem pouzdanosti možemo smanjiti bezbednost. Da bi u potpunosti razumeli razlike, pa čak i potencijalne sukobe između pouzdanosti i bezbednosti zahteva se najpre definisanje pojmova. Pouzdanost u inženjerstvu se definiše kao verovatnoća da komponenta

zadovoljava svoje specificirane zahteve u ponašanju tokom vremena i pod datim uslovima. Bezbednost će se za sada držati definicije Lowrance-a (1976).

Pouzdanost nuklearnih elektrana generacije Černobila bila je veoma visoka, u smislu da je izračunato srednje vreme između otkaza bilo 10000 godina (IAEA, 1992). Od strane US EPA i više drugih istraživača (pregled u Westrell, 2003) za sisteme vode za piće prihvaćen je godišnji rizik od 1 zaražene osobe na 10000. Složeni vodoprivredni sistemi, posebno vodovodni sistemi, moraju da zadovolje veoma visoke zahteve u pogledu funkcionalne sigurnosti (Dašić, 2003). Hajde da ovakvim organizacionim sistemima damo atribut visokopouzdanih, što će se kasnije detaljnije razmatrati. Teorija visokopouzdanih organizacija (što je čak označeno i imenom) tretira bezbednost i pouzdanost kao ekvivalent. Brojni radovi govore o „kulturi pouzdanosti”, gde se pretpostavlja da ako svaka osoba i komponenta u sistemu radi pouzdano, neće biti nikakvih udesa.

Perrow (1984), koji zastupa upravo navedene ideje, pretpostavlja da udesi zahtevaju otkaze. Leveson (2012), međutim ističe da ove pretpostavke nisu istinite. U složenim sistemima, otkazi su često rezultat interakcije između potpuno funkcionalnih (pouzdanih i ne-otkazalih) komponenti, pri čemu navodi primer Mars Polar Landera. Rasmusen (1997) je pre toga pisao da se isti fenomen javlja i na organizacionim i društvenim nivoima iznad nekog fizičkog sistema. Svaka lokalna odluka može biti „ispravna” (i „pouzdana”, ma šta to znači u kontekstu odluka) u okviru ograničenog konteksta u kome je napravljena, ali dovodi do nesreće kada nezavisne odluke i organizaciona ponašanja imaju interakciju na disfunkcionalne načine. Kako interaktivna kompleksnost raste u sistemima koje gradimo, nesreće izazvane disfunkcionalnim interakcijama između komponenti postaju češće. Bezbednost se tiče sistema, ne komponente, te mora biti kontrolisana na nivou sistema, a ne na nivou komponente. Takođe mogu da postoje bezbedni sistemi sa nepouzdanim komponentama ako je sistem osmišljen i radi na način da propusti komponenti ne stvaraju opasna stanja sistema. Redundansa je jedan od mnogih načina zaštite protiv nepouzdanih komponenti koje dovode do neželjenih događaja (Leveson, 1995).

Čak i na nivou sistema, pouzdanost i bezbednost nisu ekvivalentni i u pojedinim slučajevima su konfliktne: povećanje pouzdanosti sistema može da smanji bezbednost

sistema i povećanje bezbednosti sistema može smanjiti pouzdanost sistema (Leveson, 2004). Jedan od izazova inženjeringa je da pronade načine za povećanje bezbednosti sistema bez smanjenja pouzdanosti sistema. Na primer, izvođenje cevovoda od duktilniva (dakle, visoko kvalitetnog materijala) pri rekonstrukciji jednog dela distributivne mreže malog prečnika po obodu Beogradskog vodovodnog sistema, u uslovima u kojima ne postoji obezbeđenost od nelegalnog priključivanja korisnika, moglo bi da znači da može direktno da bude ugrožena bezbednost vode (u smislu kvaliteta), pa u ovom smislu povećanje pouzdanosti sistema (smanjenje stope kvarova zbog ugradnje kvalitetnog cevnog materijala) ne znači povećanje bezbednosti. Besnard i Hollnagel (2012) navode primer, doduše iz druge oblasti, da su taksi vozači čija su vozila opremljena ABS sistemom koji je uveden radi povećanja bezbednosti imali nešto veću stopu udesa zbog agresivnije vožnje koju je takav sistem dopuštao. U stvari, skoro svi sistemi imaju višestruke, a ponekad i sukobljene ciljeve, tako da je postizanje svih ciljeva na visoko „pouzdan” način nemoguće.

Treba primetiti i da je u nekim sistemima bezbednost deo zadatka ili razlog za postojanje, npr. kontrola vazdušnog saobraćaja, zdravstvena zaštita, tretman otpadnih voda. Na primer, zadatak postrojenja za tretman otpadnih voda je da se otpadna voda prikupi sa sliva, da se spreči brojno netretirano izlivanje u prirodne recipijente, i u tom smislu bezbednost je deo zadatka postrojenja. U drugim sistemima bezbednost nije zadatak već ograničenje o tome kako se zadatak može ispuniti. Na primer, svrha hemijskih proizvodnih postrojenja je da proizvode hemikalije. Zadatak nije da se bude bezbedan u pogledu ne izlaganja otrovima ili ne zagađivanja životne sredine, što su ograničenja o tome kako se zadatak može postići. Najbolji način da se obezbedi da su zadovoljeni bezbednost i ograničenja životne sredine je da se sistem ne izgradi ili uopšte ne radi. Nepostojeće postrojenje je „nepouzdan” u odnosu na svoj zadatak, ali je bezbedno. Kao alternativa tome, pojedino hemijsko postrojenje može da veoma pouzdano proizvodi hemikalije dok truje svoju okolinu, postrojenje za tretman može da tretira otpadnu vodu prema zahtevanoj specifikaciji, a da pri tome da procesne otpadne vode pogoršanog kvaliteta i mulj ispušta u obližnji recipijent. Postrojenje je pouzdano, ali nebezbedno. Uvek postoje višestruki ciljevi i ograničenja za bilo koji sistem - izazov u donošenju odluka je da se napravi kompromis između višestrukih zahteva i ograničenja kada su projektna rešenja i operativne procedure sukobljeni sa ograničenjima.

Ako ljudski operater ne sledi određene procedure, onda on ne radi pouzdano. U nekim slučajevima to može dovesti do udesa. U drugim slučajevima, to može sprečiti udes kada se specificirani postupci ispostave nebezbednim pod pojedinim okolnostima. Primeri obiluju operaterima koji ignorišu propisane procedure u cilju sprečavanja udesa (Leveson, 1995). Istovremeno, do udesa je dolazilo upravo zbog toga što su operateri poštovali unapred određene instrukcije koje su im obezbeđene u obuci. Kada su rezultati koji odstupaju od postupaka pozitivni, operateri se pohvaljuju, ali kada su rezultati negativni, oni su kažnjeni zato što su nepouzdati. Pojedini istraživači ispravno ističu potrebu operatera da ponekad prekrše pravila u cilju sprečavanja udesa, ali pogrešno označavaju svoje ponašanje kao pouzdano. Takvo ponašanje, u stvari, nije pouzdano u odnosu na poštovanje navedenih pravila ili obuku; ono je nepouzdan, ali bezbedno.

Pored toga, inženjerski sistemi, kreirani da ublaže neželjene posledice, mogu i veoma pogoršati problem pružajući osećaj lažne sigurnosti. Tokom uragana Katrina 2005. godine, nasipi koji štite grad Nju Orleans (SAD) „ometali” su procedure za evakuaciju time što se verovalo da se ima dovoljno vremena za napuštanje oblasti pre dostizanja kritične kote odbrane (Davis, 2006). Kada su loše projektovani i izvedeni nasipi probijeni, voda je veoma brzo preplavila oblast, a potomje reagovanje nije se pokazalo efikasnim, dovodeći do brojnih žrtava i velikih šteta.

IV.1.3 BEZBEDNOST SISTEMA ZA SNABDEVANJE VODOM

Aspekti bezbednosti, iako veoma značajni, u projektima hidrotehničkih sistema razmatraju se vrlo oskudno i neadekvatno (Dašić, 2003). U fazi razvoja sistema za snabdevanje vodom, naponi su uglavnom usmereni na definisanje tehničkih rešenja, što zbog nepostojanja drugih zahteva u projektnim zadacima, obično pisanih od samih projekatanta, kakva je praksa u Srbiji, što zbog nepostojanja ograničenja u široj socio-tehničkoj kontrolnoj strukturi. Slično je i za fazu funkcionisanja sistema.

Uz ovo, postavlja se nekoliko pitanja. Kako je bezbednost neka vrsta odsustva rizika, da li to znači da mi treba da projektujemo bezbedne sisteme koji se ne kvare, pod uslovima za koje su projektovani i za uslove u kojima funkcionišu? Odgovor može da bude: A kako drugačije? I inače, pri projektovanju, projektuju se sistemi koji imaju zadatak da rade, a ne da se kvare. Tipični projekat vodovodnog sistema treba da predvidi, npr. cevi koje se

ne kvare, a ne cevi koje će da se kvare. Pri tome, bezbednost mora da, na neki način, bude ugrađena u sistem, kroz sve faze životnog ciklusa komponenti sistema. Princip bezbedne vode, koji već generalno ulazi u praksu vodovoda kroz izradu i sprovođenje planova za bezbednu vodu za piće, ipak je samo jedan od aspekata bezbednosti sistema. Bezbednost sistema za snabdevanje vodom svakako može da bude okvir za unapređenje funkcionisanja vodovodnih sistema, ali i okvir za traženu metodologiju analize rizika. U tom smislu, u nastavku, kako je bezbednost odsustvo nesreća, osvetliće se modeli uzročnosti nesreća, kao težišni element inženjeringa bezbednosti.

IV.2 Modeli uzročnosti nesreća

Dolazimo do trenutka kada će se neželjeni događaj prividno napustiti kao izraz, a pisanije nastaviti predominantno izrazom „nesreća”. Izraz „nesreća” nije se prethodno isticao jer tek sada polako sazreva trenutak kada će se neki kvar cevi doživeti i shvatiti ne samo kao neželjeni događaj, već i kao vrsta nesreće, nesrećnog događaja za vodovodni sistem. Ako se složimo oko ovog gledišta, to znači da bi se u ovom trenutku trebali okrenuti razmatranju uzročnosti nesreća. Autor je prethodno već naveo da nesreću doživljava kao rizik koji se ostvario i da kao takva predstavlja mogućnost za kalibraciju modela analize rizika.

Već smo videli da je odgovarajući način da se neki pojam razmatra postavljanje referentnog okvira. Referentni okvir može da se smatra za sastavni deo tehničke kulture. Korišćenjem referentnog okvira komunikacija i razumevanje postaju efikasniji, jer se izbegava nasumično izlaganje koje tek u okviru dobija puno značenje. Referentni okvir je važan i u razmatranju nesreća, jer određuje kako ćemo videti nesreću (Hollnagel, 2004). Leveson (2012) navodi da su modeli uzročnosti nesreća u osnovi svih naših napora da planiramo bezbednost. Oni objašnjavaju zašto se nesreće dešavaju i utvrđuju načine na koje se sprečavaju i istražuju. Neko možda nije svestan da koristi neki model, ali ga ipak koristi. Referentni okvir i modeli, dakle, nameću obrasce o nesrećama.

Objašnjenja i teorije o nesrećama i njihovoj prevenciji su brojni (Harms-Ringdahl, 2004). Oni su od suštinskog značaja i u praktičnom svetu, jer utiču i na to kako se projektuju sistemi upravljanja (bezbednošću), primenjuju metode analize rizika, i ostvaruju istrage događaja. Istraživanje događaja može se posmatrati kao prikupljanje i analiza činjenica koji rezultiraju izveštajem sa nekim preporukama, ali istraživanje može da bude i proces organizacionog učenja sa traženjem mogućnosti za unapređenje (Hale, 1999). Modeli nesreća čine osnovu za (i) istragu i analize nezgoda, (ii) sprečavanje budućih, i (iii) utvrđivanje da li su sistemi pogodni za upotrebu (procena rizika) (Leveson, 2004).

Složeni sistemi mogu da otkazu na složene načine. Velike nesreće se ne mogu objasniti jednostavnim modelima i ne mogu da se spreče jednostavnim rešenjima. Iako je važno da se stvarnost pojednostavi kako bi se sa njom nosili u praksi, takođe je važno baviti se složenošću. Integracija ljudskih, organizacionih i tehničkih faktora u analizi rizika je

izazov koji dodaje kompleksnost postojećim modelima, ali koja takođe može da smanji neizvesnost.

IV.2.1 UČENJE IZ NESREĆA

Učenje iz nesreća oslanja se na istraživanje Turner-a (1978), koji se bavio i percepcijom nesreća od strane pojedinaca, da velike nesreće imaju duge periode inkubacije tokom kojih signali upozorenja (ili nezgode) nisu otkriveni ili se ignorišu, što je rezultat kulture u kojoj informacije i tumačenja signala opasnosti izostaju. Razvoj nesreća može se sagledavati i kao proces koji se, obično tokom godina, razvija iz interakcije ljudskih i organizacionih komponenti socio-tehničkih sistema. Nesreća se može shvatiti u meri da se može tvrditi da su prekursorski događaji i raspoložive informacije bili ignorisani ili pogrešno protumačeni pre nastanka nesreće. Iz toga implicitno sledi da su postojeća verovanja i norme barem saučesnik u neuspehu priznavanja predstojeće nesreće, jer pružaju osnov za „period inkubacije” u kome se lanci protivrečnih događaja nezapaženo razvijaju i akumuliraju (Turner, 1978). Dok pojava nezgoda može biti normalna, samo organizacija sa efektivnim sistemom učenja iz nezgoda može na njih odgovoriti, kako bi se sprečilo da se u budućnosti dešavaju ozbiljne nesreće. Phimister i dr. (2003) razmatraju značaj njihovog identifikovanja, bez kojeg je učenje iz nesreća nemoguće. Ako organizacija nije osetljiva na učenje iz nezgoda, odstupanja od normalnog ponašanja će proći nezapaženo. Prema Cooke-u i Rohleder-u (2006), organizacija koja efektivno sprovodi formalni sistem učenja iz nezgoda može prerasti u visoko pouzdanu organizaciju.

Nakon usmeravanja krivice na mašine, ljudske greške su dugo vremena smatrane za uzroke nesreća, da bi se nakon toga krivica pripisivala organizacionim aspektima. Ovo je opšti zaključak istraživanja o većim nesrećama (Reason, 1997). Istraživanje nesreća je utvrđivanje činjenica o nesreći posmatranjem, ispitivanjem i analizom tih činjenica, da bi se utvrdili uzroci udesa i mere koje treba da se usvoje kako bi se sprečilo njihovo ponavljanje (TBCS, 1992). Prema Livingston i dr. (2001), uzrok je osnovni i direktan uzrok nesreće ili nezgode koji se može razumno identifikovati, i nad kojim menadžment ima kontrolu da bi ga popravio.

Velike nesreće dovele su do značajnih promena u tehnologiji, funkcionisanju, nadzoru i regulaciji. O bezbednosti se više priča i na njoj se radi poslednjih godina. Ovo je korak u pravom smeru, ali ostaje izazov u smislu da iskustva iz istraživanja velikih nesreća moraju biti dopunjena novim ili poboljšanim metodama da bi se obezbedio dalji napredak u analizi i upravljanju rizikom, odnosno u bezbednosti naših sistema.

IV.2.2 MODELI UZROČNOSTI

Nakon Turner-a (1978) koji je postavio koncept učenja iz nesreća, Hoyos i Zimolong (1988) prikazali su brojne analitičke okvire, pri čemu su metode svrstali u: sistemske, sekvencijalne, integrativne i epidemiološke modele. Franks i dr. (2000) vrše podelu tipova modela nesreća u tri kategorije: (i) one koje opisuju sekvencijalni model razvoja događaja, (ii) one koje opisuju uslove koji tipično preovlađuju kada se dogodi nesreća, i (iii) one koje se koriste za istraživanje uzročnosti nesreće.

Hollnagel (2002) u svom referentnom radu spreže modele udesa i načine sprovođenja analize događaja, i pravi klasifikaciju metoda u istragama nesreća u tri glavne grupe modela: sekvencijalne, epidemiološke i sistemske, tabela 8.

*Tabela 8. Glavne vrste modela uzročnosti nesreća
(prema Hollnagel, 2002)*

Vrsta modela	Princip istrage	Ciljevi analize	Primer
Sekvencijalni	Specifični uzroci i dobro definisane veze	Eliminisati ili zadržati uzroke	Linearan lanac-događaja Modeli stabla Mrežni modeli
Epidemiološki	Nosioci, barijere, i latentni uslovi	Napraviti odbrane i barijere jačim	Latentni uslovi Nosioci-barijere Patološki sistemi
Sistemske	Čvrste spojnice i složene interakcije	Nadgledanje i kontrola varijabilnosti performansi	Modeli kontrolne teorije Modeli haosa Modeli koincidencije

Leveson (2011) prepoznaje modele lanca-događaja i sistemski model, a navodi karakteristična pitanja koja se obično postavljaju pri analizi nesreća:

- Šta (događaji); npr. pucanje cevi,
- Ko i kako (uslovi); npr. hidraulički udar, operater nije poštovao postupak,
- Zašto (sistemske faktori); npr. greške u projektovanju, nedostatak obuke, loše izveštavanje o prethodnim kvarovima.

Leveson (2015), pored toga, ističe da uzroci nesreća mogu nastati u razvoju tehničkog sistema ili tokom funkcionisanja sistema, i da se odnose na upravljačke i nedostatke u bezbednosnoj kulturi, u razvoju i tokom funkcionisanja sistema.

Kao i do sada, vredi napomenuti različitu percepciju autora u odnosu na pojedine pojmove. Na primer, pojedini autori FTA svrstavaju u sistemski okvir (Hoyos i Zimolong, 1988), dok drugi autori (npr. Leveson, 20011) razmatranu metodu svrstavaju u sekvencijalni okvir. Takođe za epidemiološki pristup koji je *par excelance* primer razvoja scenarija nesreće Hoyos i Zimolong (1988) komentarišu da je on više opis opasnosti nego nesreće. U ovom radu autor se drži široko prihvaćene klasifikacije i obrazloženja Hollnagel-a (2002), čije se osnovne karakteristike navode u nastavku.

Sekvencijalni modeli su je najprostiji tip modela nesreća, a zasnovani su na događajima. Ovi modeli opisuju nesreću kao rezultat sekvenci događaja koji se dešavaju u određenom vremenskom poretku. Teorija domina (Heinrich, 1931) i modeli barijera (u kojima se ne predstavlja niz događaja već niz barijera) primeri su ove vrste modela. Hollnagel (2002) takođe navodi stabla događaja kao tipične reprezentate ove vrste modela.

Epidemiološki modeli opisuju nesreću po analogiji sa bolešću, tj. kao ishod kombinacije faktora, nekih očiglednih (događaja) i nekih latentnih, koje postoje zajedno u prostoru i vremenu. Model „švajcarskog sira” (Reason, 1990), modeli interakcija „oštrog” i „tupog” kraja (Woods i dr., 2010), reprezenti su ove vrste modela. Koncept patogena, kao jednog od uzročnika nesreća, uzet je očigledno iz medicinske terminologije, kroz okolnost da patogeni postaju rezistentni, što odgovara latentnim uslovima (Reason, 1990). Ova vrsta modela, prevashodno konceptualnih, uvodi složenost za razliku od prethodnih, što znači da analiza ne može biti traganje za jednostavnim uzrocima, već mora uzeti u obzir veći broj složenih interakcija između različitih faktora.

Sistemski modeli razmatraju performanse sistema kao celine. Modeli na bazi:

- (i) složenih organizacionih socio-tehničkih sistema; Teorija normalnih nesreća – NAT (Perrow, 1984); Teorija visoko pouzdanih organizacija – HRO (La Porte i Consolini, 1991) postavljenih od strane sociologa;

- (ii) inženjerskih kognitivnih sistema; CREAM, FRAM (Hollnagel, 2004) postavljene od strane kognitivnih psihologa; i
- (iii) teorije sistema; Distribuirano donošenje odluka – DDO (Rasmussen i Svedung, 1997); Modeli i procesi teorije sistema – STAMP (Leveson, 2004) postavljene od strane kibernetičara,

neki su od modela koji se mogu svrstati u ovu grupu modela. Poslednje dve navedene grupe modela pripadaju novijoj disciplini Inženjeringa izdržljivosti. Umesto korišćenja strukturne dekompozicije sistema, sistemski pogled smatra nesreće za pojavni fenomen. Sistemski modeli naglašavaju potrebu da analize nesreće zasnivaju na razumevanju funkcionalnih karakteristika sistema, na uvidu, a ne na događajima (sekvencama i nizom događaja ili scenarijima), uzrocima (uzročno-posledičnim mehanizmima), otkazima (njihovim verovatnoćama) ili pouzdanostima komponenti sistema, zbog toga što takve predstave nisu u stanju da uzmu u obzir dinamičku prirodu sistema, interakcije i zavisnosti.

U Prilozima H1 do H3 i I1 i I2, zbog preglednosti, obrazložiće se modeli lanca-događaja i modeli nesreća složenih organizacionih sistema, respektivno, a sve sa ciljem dobijanja argumentacije za izbor modela koji bi bio odgovarajući za sisteme za snabdevanje vodom za piće. Model barijera je već detaljno predstavljen u Odeljku Barijere, a u prilogu je sumiran energetski model barijera.

IV.2.3 MODELI LANCA-DOGAĐAJA

U modelima zasnovanim na lancu-događaja, kako sekvencijalnim, tako i epidemiološkim, uzročno-posledični događaji imaju direktan linearan i deterministički odnos (Hollnagel, 2004; Leveson, 2012). Ovi modeli mogu opisati samo linearnu uzročnost, a ne mogu da jasno uključe ne-linearne odnose. Model lanca-događaja objašnjava nesreće u pogledu višestrukih događaja, sa redosledom kao progresivnim lancem u vremenu. Postoji jednostavna, direktna veza između događaja u lancu. Događaji gotovo uvek uključuju kvar komponente, ljudske greške ili energetski povezani događaj. Ova vrsta modela predstavlja osnovu za tradicionalni i preovlađujući bezbednosni inženjering i analize inženjeringa pouzdanosti (sa metodama npr, FTA, PRA, FMECA,

ET, itd.), i projektovanje (npr, redundantnost, predimensionisanje, sigurnosne rezerve, itd.). Tradicionalni modeli razvijeni su za relativno jednostavne elektro-mehaničke sisteme (Leveson, 2011). Ograničenja uzročnih modela lanca-događaja su da pojednostavljaju uzročnost, i isključuju ili ne uključuju udese sa interakcijama komponenti, indirektno ili nelinearne interakcije i složenost, sistemske faktore u udesima, ljudske greške, greške u projektu sistema ili adaptaciju i migraciju ka stanjima povećanog rizika. Upotreba tradicionalnih modela, koji se zasnivaju na lancu-događaja, ima za rezultat usmeravanje pažnje na događaje koji prethode nesreći i na identifikaciju ljudi na operativnom nivou („sharp end”). Prvi događaj u lancu često se smatra „inicijalnim događajem”. Međutim, izbor inicijalnog događaja je proizvoljan i prethodni događaji i uslovi mogu uvek da se dodaju (Leveson, 2002).

IV.2.4 PREGLED SISTEMSKIH MODELA

IV.2.4.1 Nesreće složenih organizacionih sistema

U savremenim složenim sistemima, ljudi komuniciraju sa tehnologijom, a ishodi su rezultat njihove interakcije i ne mogu da se postignu od ljudi ili tehnologije koji funkcionišu u izolaciji. Takvi sistemi, sastavljeni od ljudskih izvršilaca i tehničkih sistema, često su ugrađeni u složene društvene strukture. Socio-tehnička teorija navodi da su ljudski izvršioci i društvene institucije sastavni delovi tehničkih sistema, i da se postizanje organizacionih ciljeva ne ispunjava optimizacijom tehničkog sistema, već zajedničkom optimizacijom tehničkih i socijalnih aspekata (Trist i Bamforth, 1951). Proučavanje savremenih složenih sistema zahteva, dakle, razumevanje interakcija i međusobnih veza između tehničkih, ljudskih, socijalnih i organizacionih aspekata sistema. Na primer sistem za snabdevanja vodom za piće je složen sistem koji se sastoji od tehničko - tehnoloških komponenti: bunara, vodozahvata, crpnih stanica, cevovoda, postrojenja za prečišćavanje, distributivnog sistema, ICT opreme. Te komponente imaju različite međusobne veze i odnose, i sve one igraju bitnu ulogu u funkcionisanju tog sistema u celini. Ove tehničke komponente i sistemi funkcionišu u društveno-organizacionom okruženju koje predstavlja različite politike i procedure, sistem kontrole javnog zdravlja, zaštite životne sredine, pravne i ekonomske aspekte. Dakle, funkcionisanje našeg infrastrukturnog sistema takođe zavisi i od funkcionisanja socijalnih elemenata, od ponašanja različitih ljudskih izvršilaca, a ne samo od funkcionisanja tehničkih komponenti.

Organizacioni sociolozi napravili su značajan doprinos razumevanju bezbednosti i uzročnosti nesreća u složenim organizacijama koje upravljaju tehničkim sistemima visokog rizika. Postoje dve glavne škole mišljenja u sociologiji koje su obradile društvene, kulturološke i organizacione aspekte bezbednosti i rizika. One su identifikovane kao:

- Teorija normalnih udesa (eng. *Normal Accident Theory*) – NAT (Perrow, 1984; Perrow, 1994); i
- Teorija visoko pouzdanih organizacija (eng. *High Reliability Organisations*) – HRO (La Porte i Consolini, 1991; Roberts, 1990; Weick, 1987).

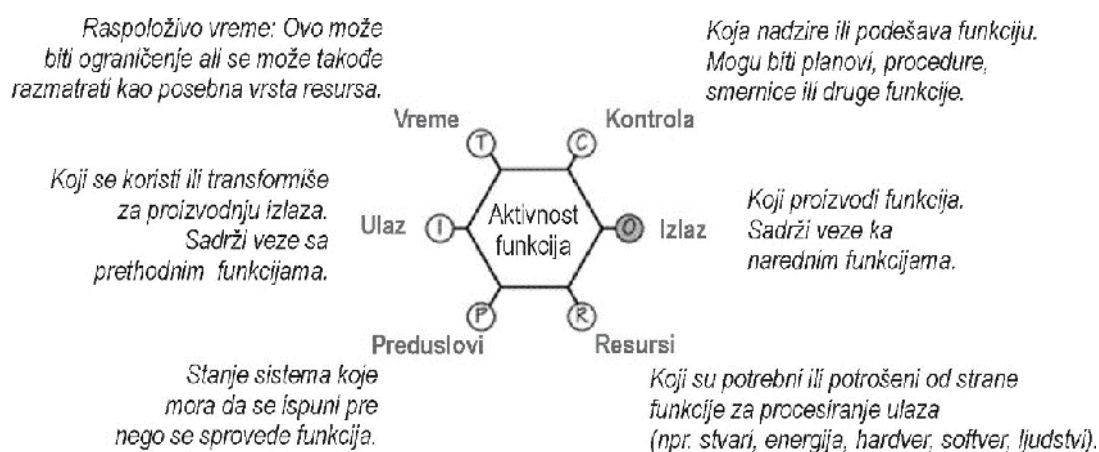
Ove teorije daju različita objašnjenja o bezbednosti i uzročnosti nesreća u složenim socio-tehničkim organizacijama, i nude alternativne strategije za bezbednost i upravljanje rizikom. Osnovna premisa NAT je da i u slučajevima kada se prevencija rizika uzima ozbiljno, postoji nekoliko kognitivnih, socijalnih, kulturoloških i sistemskih karakteristika koje ukazuju da su tokom vremena nesreće neizbežne. Prema ovoj teoriji, organizacije koje upravljaju opasnim tehnologijama izlažu se i visoko-interaktivnoj složenosti i čvrstoj sprezi, i kandidati su za nesreće koje se ne mogu izbeći. HRO teoretičari, međutim, tvrde da se nesreće mogu sprečiti složenim organizacijama ukoliko se primene odgovarajući organizacioni modeli i tehnike upravljanja (Sagan, 1993).

Organizacioni faktori igraju ulogu u skoro svim nesrećama i predstavljaju kritičan deo njihovog razumevanja i sprečavanja. Dva istaknute sociološke škole mišljenja koje obrađuju organizacione aspekte bezbednosti, NAT i HRO, međutim, uglavnom naglašavaju organizacioni aspekt nesreća, imaju tendenciju da prevede tehničke aspekte, pojednostavljaju uzroke nesreće fokusirajući se samo na jednostavnu tehnološku redundantnost, a ne razmatrajući nesreće u kojima otkaz komponente nije uzrok (Marais i dr., 2004). Pored toga, ovi pristupi nisu uspeali da pažljivo definišu neke ključne koncepte i da prepoznaju neke važne razlike, kao što je razlika između pouzdanosti i bezbednosti. Korisna razmatranja koja daju NAT i HRO mogu postati produktivnija uključivanjem sistemskog pristupa bezbednosti, koji potiče iz inženjerskih disciplina. Takav pristup, koji se navodi u narednim poglavljima, može biti od posebne važnosti u rešavanju složenih međuzavisnosti i sistemskih uzroka u vezi sa rizikom u savremenom društvu.

IV.2.4.2 Inženjering kognitivnih sistema

Prema konceptu inženjeringa kognitivnih sistema nesreća se dešava kada nekoliko uzročnih faktora (kao što su ljudski, tehnički i okruženje) postoje slučajno u određenom vremenu i prostoru (Hollnagel, 2004). Inženjering kognitivnih sistema (Hollnagel i Woods, 1983) nastao je kao okvir za modeliranje ponašanja sistema čovek-mašina u kontekstu okruženja u kojem se odvija rad. Savremena tehnologija promenila je prirodu ljudskog rada od uglavnom manuelnih zadataka na pretežno aktivnosti upravljanja znanjem, kognitivne zadatke i donošenje odluka. Inženjering kognitivnih sistema navodi da ne možemo da razumemo šta se dešava kada stvari krenu loše, bez razumevanja šta se

dešava kada stvari idu dobro (Hollnagel i Woods, 2005). Hollnagel i Woods su uveli novu paradigmu o „zajedničkim kognitivnim sistemima” koja opisuje kako ljudi i tehnologija funkcionišu kao zajednički sistem, a ne kako ljudi komuniciraju sa mašinama. Vozač i njegov auto su primer zajedničkog kognitivnog sistema koji može da se adaptira promenama u okruženju, time što održava sebe u kontroli svojih zadataka (Huang, 2007). Dva systemska modela udesa za analizu bezbednosti i nesreća razvijeni su na osnovu principa inženjeringa kognitivnih sistema: model kognitivne pouzdanosti i greške (CREAM) i model nesreća zbog rezonansi funkcija (FRAM), slika 46.



Slika 46. FRAM funkcionalna jedinica (prema Hollnagel, 2012)

IV.2.4.3 Pristup teorije sistema

Sistemske pristup modeliranju udesa razmatra performanse sistema kao celine. Leveson (2004) navodi da systemski modeli vide udese kao pojavne fenomene, koji nastaju zbog složenih interakcija između komponenti sistema, što može da dovede do degradacije performansi sistema ili da rezultira nesrećom. Systemski modeli imaju svoje korene u teoriji sistema. Teorija sistema obuhvata principe, modele i zakone neophodne da se shvate kompleksne međusobne veze i međuzavisnosti između komponenata (tehničke, ljudske, organizacione i upravljačke) složenog sistema. U pristupu modeliranju na bazi teorije sistema, smatra se da sistemi sadrže interaktivne komponente koje održavaju ravnotežu kroz povratne petlje informacija i kontrole. Sistem se ne doživljava kao statičan model, već kao dinamičan proces koji se stalno adaptira da bi ostvario svoje ciljeve i da bi reagovao na promene, u sebi i svom okruženju. Struktura sistema treba da sprovede ograničenja na svom ponašanju zbog bezbednog funkcionisanja, i treba da se

adaptira dinamičnim promenama zbog održavanja bezbednosti. U takvom kontekstu, nesreće se tretiraju kao rezultat nedostatka kontrole zbog manjkavih procesa koji uključuju interakcije između ljudi, socijalnih i organizacionih struktura, tehničkih procesa, i fizičkih i softverskih komponenti sistema (Leveson, 2004). Pri tome, kontrole procesa mogu biti fizičke, organizacione ili socijalne.

Rasmussen (1997) i Rasmusen i Svedung (2000) usvajaju sistemski pristup za distribuirano donošenje odluka zasnovan na hijerarhijskom socio-tehničkom okviru za modeliranje kontekstualnih faktora koji su uključeni u organizacione, upravljačke i operativne strukture koje stvaraju preduslove za nesreće. Leveson (2004) predlaže model uzročnosti udesa, odnosno modele i procese na bazi teorije sistema, za razmatranje tehničkih, ljudskih i organizacionih faktora u složenim socio-tehničkim sistemima. Ova dva koncepta se u nastavku detaljnije razmatraju.

IV.2.5 PERSPEKTIVA DISTRIBUIRANOG DONOŠENJA ODLUKA

Pri razmatranju bezbednosti i pouzdanosti videli smo da bezbednost kao cilj može da bude u konfliktu sa drugim ciljevima. Konflikti nisu uvek i jasno uočljivi, a svakodnevne adaptacije sistema su predmet pritiska koji proističu iz različitih ciljeva. Sa stanovišta bezbednosti, opasnost je da se bezbednost postepeno žrtvovuje i degradira u odnosu na druge ciljeve.

Šta se tačno dešava kada se ljudi suočavaju sa izborom između rizičnog i manje rizičnog toka aktivnosti? Vrlo često, oni se uopšte ne suočavaju sa izborom, kako konstatuju Wagenaar i Groeneweg (1987), koji su istraživanjem utvrdili da u najvećem broju slučajeva negativni ishodi nisu bili posledica namernog preuzimanja rizika, već da informacije o opasnosti nisu bile dostupne (21% slučajeva), situacija nije bila prepoznata kao problematična (27%), ili posledice su bile neodgovarajuće predviđene ili nisu bile predviđene uopšte, ili je verovatnoća dešavanja neželjenog događaja bila potcenjena (36%). Percepcija je različita za donosiocje odluka na „oštrom” ili na „tupom” kraju.

Top menadžeri mogu biti skloniji da preuzmu rizik iz dva razloga (Rasmussen i dr., 1994). Zbog svoje profesije koja ne mora da bude istovetna sa poslovima na kojima počiva sistem (npr. poslovne, a ne inženjerske škole) i njihove udaljenosti od dnevnih operacija, neki od njih možda neće uspeti da u potpunosti shvate posledice upozorenja koje dobijaju od izloženog, „oštrg kraja”. Na primer, u vodovodnim kompanijama koje u Srbiji generalno karakteriše komandno upravljanje od strane političkih struktura lokalnih samouprava, nepostojanje odgovarajuće definisanih ciljeva sistema za snabdevanje vodom pogodno je tlo za nepostojanje i za nezainteresovanost rukovodstva za povratne sprege od srednjeg menadžmenta, što se opet spušta niže do krajnjih izvršioca. Drugo, podsticajni sistemi mnogih rukovodilaca mogu usmeriti pažnju na kratkoročne dobiti na račun sprečavanja neželjenih događaja koje percipiraju kao malo verovatne tokom perioda rukovođenja, pre nego što se presele na drugo mesto. Na primer, kod gore pomenute vrste sistema, posebno u slučaju niske profesionalne zrelosti, politički izborni ciklusi su vremenski horizonti unutar kojih se ponekad skoro isključivo usmeravaju težišne aktivnosti takvih organizacija. Izlaženjem iz kompanijskog okvira i sleđenjem hijerarhije do nivoa države, ova vrsta ponašanja može da dobije na izražaju.

IV.2.5.1 Migracije aktivnosti prema granici prihvatljivih performansi

U svom referentnom radu, Rasmusen (1997) predlože da suprotstavljene ciljeve možemo razmatrati u smislu aktivnosti koje migriraju ka granici prihvatljivih performansi, slika 47. Rasmussen-ov model migracije (Rasmusen, 1994) predstavlja suštinu ove perspektive. Pod pritiskom suprotstavljenih ciljeva aktivnosti imaju tendenciju da migriraju ka granici prihvatljivih performansi. Lokalna optimizacija performansi nalazi se unutar tri različite granice prihvatljivih performansi, koje se odnose na (i) finansijske performanse, (ii) radno opterećenje i (iii) bezbednost. Osnovni izazov je da poslednja dva efektivno sprovedu postepenu migraciju ka granici bezbednosti. Može se percipirati da je granica bezbednosnih performansi dvostepena, tj. da je sačinjavaju: (i) unutrašnja granica bezuslovno bezbednosnih performansi, i (ii) spoljašnja granica uslovno bezbednosnih performansi.



Slika 47. Model migracije (prema Rasmussen, 1994)

IV.2.5.2 Distribuirano donošenje odluka

Kada nema centralizovanog donošenja odluka svaki donosilac odluka tada ima model i informacije o ograničenom delu problema, a razni akteri mogu uticati jedni na druge na složene načine (Rasmussen i dr., 1991). Na primer, akcije aktera A mogu da dovedu do tog da akter B, koji za sebe misli da je u okviru unutrašnje granice bezuslovno bezbednih performansi, iznenada i nesvesno radi između dve granice, odnosno, u režimu uslovne

bezbednosti, ali nesvestan uslova. Ako treći akter tada, bilo sa namerom ili nesvesno, uđe u uslovljen režim ne znajući o akteru B, nivo rizika može porasti još više. Na primeru akumulacije Vrutci, koji će se detaljnije obraditi, pokazaće se složeni odnosi državne uprave, operatera brane sa akumulacijom i operatera male hidroelektrane, u smislu nesvesnog prelaženja navedenih granica.

IV.2.5.3 Nivoi donošenja odluka

Imajući u vidu ove složene odnose, kontrola rizika i razvoj nesreća odvijaju se na više nivoa, počev od političkih sistema do pojedinih operatera i tehničkih sistema, slika 48. Svaki nivo može da utiče na drugi u integrisanom i spregnutom sistemu. Viši nivoi mogu uticati na niže nivoe kroz npr. eksplicitne zahteve, obezbeđenjem i ograničenjem resursa, uspostavljanjem sistema sankcija ili određivanjem kako se donose odluke na nižim nivoima. Sa druge strane, niži nivoi mogu da koriste slobodu odlučivanja kada tumače i sprovode zahteve sa viših nivoa, mogu da kontrolišu tok informacija na više nivoe, a mogu i da zaobiđu direktno nadređeni nivo i da komuniciraju sa znatno višim nivoima.



Slika 48. Socio-tehnički sistem uključen u upravljanje rizikom (prema Rasmussen i Svedung, 1997).

Interaktivne odluke koje utiču na kontrolu rizika donose se u mnogostrukim različitim kontekstima, sa opsegom od političkih sistema do pojedinačnih operatera, pa i tehničkih sistema. Dve tačke su od posebnog značaja u vezi sa interaktivnim odlukama:

- odluke se sprovode u različitim okolnostima ili kontekstima, i razlikuju se u pogledu dominantnih ograničenja, kriterijuma za odlučivanje i okvira tipičnih situacija, kao i fizičke i uzročne udaljenosti od fizičke opasnosti,
- stereotipni „*top-down*”, preskriptivni, komandno-kontrolni režim interakcije, retko ili nikada ne donosi interaktivne odluke; činioци koji mogu napraviti interaktivnost su lokalna interpretacija i adaptabilnost.

Na slici 48 predstavljen je zapravo hijerarhijski model socio-tehničkog sistema koji je uključen u upravljanje rizikom. Na društvenim i organizacionim nivoima, Rasmusen i Svedung koriste model zasnovan na kontroli, a na pojedinim nivoima fokusiraju se na tok informacija. Na svakom nivou događaji se modeliraju tehnikama za modeliranje lanca-događaja, nekom vrstom uzročno-posledičnih dijagrama koji kombinuju stabla otkaza i stabla događaja. Model se fokusira na operacije – inženjerske aktivnosti tretiraju se kao ulaz u model, ali ne kao centralni deo samog modela.

Sumirajući, Rasmusen-ov i Svedung-ov rad zaključuje se da su bezbednost i upravljanje rizikom u osnovi problem kontrole, a proaktivna strategija upravljanja rizikom treba da se zasniva na:

- identifikaciji granica bezbednih performansi,
- naporima da se ove granice učine vidljivim donosiocima odluka,
- naporima da se suprotstavi pritiscima koji guraju donosiocima odluka prema granicama.

Rasmussen i Svedung (1997) navode da su velike nesreće često uzrokovane ne sticajem okolnosti nezavisnih otkaza, već odražavaju sistematsku migraciju organizacionog ponašanja na granicama bezbednog ponašanja, pod pritiskom ka ekonomičnosti, u agresivnom, konkurentnom okruženju. Međutim, da bi model nesreće obuhvatio i adaptaciju sistema tokom vremena, mora uzeti u obzir ne samo događaje i uslove, već i procese koji su uključeni u nesreće, što je obuhvaćeno sledećim modelom.

IV.2.6 MODELI I PROCESI TEORIJE SISTEMA

Modeli i procesi teorije sistema je koncept postavljen od strane Leveson (2004). U složenim sistemima, u kojima čovek ima značajnu ulogu, menja se tradicionalna priroda uzroka kako dolazi do nesreća. Direktna uzročnost više nije odgovarajuća za razumevanje udesa usled složenosti višestruke prirode:

- interaktivna složenost; nastaje u složenim i indirektnim interakcijama između komponenti sistema,
- nelinearna složenost; uzrok i posledica nisu povezani na očigledan način,
- dinamička složenost; u vezi sa promenama tokom vremena,
- dekompoziciona složenost; u vezi sa time kako se sistemi razlažu i struktuiraju.

Stoga, potrebno je koristiti proširene modele uzročnosti udesa koji odgovaraju stvarnosti, bilo tokom razvoja, bilo tokom funkcionisanja sistema, uključujući i sisteme za snabdevanje vodom. Fokusiranje modela lanca-događaja na događaje otkaza i tehnike pouzdanosti radi njihovog sprečavanja, međutim, ne uzima u obzir (i) socijalne i organizacione faktore u nesrećama, (ii) sistemske nesreće i softverske greške, (iii) ljudsku grešku, i (iv) adaptaciju sistema tokom vremena.

Bezbednost kao pojavno svojstvo; U teoriji sistema, složeni sistemi modeliraju se kao hijerarhijski nivoi organizacije. Modeli nesreća moraju da razmotre odnose između delova sistema, kako oni komuniciraju i uklapaju se. Dakle, kakav je bio odnos akumulacije Vrutci i postrojenja za prečišćavanje, u sistemu za snabdevanje vodom grada Užica, počevši od faze razvoja sistema, pa do aktuelnog trenutka? Pojavna svojstva povezana sa skupom komponenti na jednom nivou u hijerarhiji odnose se na ograničenja stepena slobode tih komponenti. Bezbednost nije karakteristika sistema. Bezbednost je pojavno svojstvo sistema koje proističe iz interakcije komponenti sistema. Nije moguće uzeti jednu komponentu sistema u izolaciji i proceniti njenu bezbednost. Komponenta koja je savršeno bezbedna u jednom sistemu to ne mora biti kada se koristi u drugom. Tretiranje bezbednosti kao pojavnog svojstva, koje se javlja kada komponente sistema međusobno deluju u datom okruženju, dovodi do modela nesreća koji gledaju nesreće kao problem kontrole.

Nesreće kao interakcije koje krše bezbednosna ograničenja; Nesreće se dešavaju kada otkazi komponenti, spoljni poremećaji, i/ili disfunkcionalne interakcije između komponenti sistema nisu adekvatno obuhvaćeni od strane kontrolnog sistema. Drugim rečima, nesreće su rezultat interakcija između komponenti koje krše bezbednosna ograničenja, odnosno, nedostatka odgovarajućih kontrolnih akcija da nametnu ograničenja u razvoju, projektovanju, i pri funkcionisanju sistema.

Bezbednost tada može da se posmatra kao problem kontrole, pri čemu je bezbednost upravljana kontrolnom strukturom ugrađenom u adaptivni društveno-tehnički sistem. Sistem se posmatra kroz međusobno povezane komponente koje se održavaju u stanju dinamičke ravnoteže povratnim spregama informacija i kontrole. Umesto definisanja upravljanja bezbednošću, u smislu sprečavanja događaja otkaza komponente, ono se definiše kao stalni kontrolni zadatak u nametanju ograničenja neophodnih da se ograniči ponašanje sistema na bezbedne promene i prilagođavanja.

Da bi mogao da kontroliše sistem Ashby (1956) navodi da kontroler mora da: ima cilj, ima model sistema, bude u stanju da utiče na sistem, i bude u stanju da utvrdi stanje sistema, što i Đorđević (1990) izražava na sličan način. Osnovni koncepti metodologije su (i) ograničenja, (ii) kontrolne petlje i modeli procesa, i (iii) nivoi kontrole.

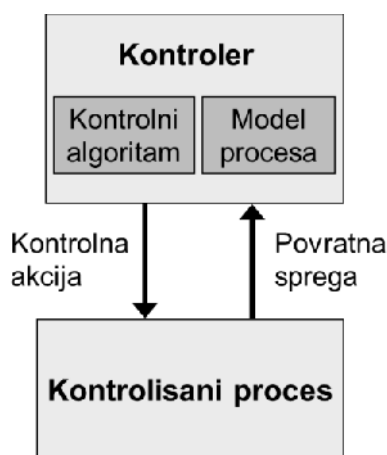
IV.2.6.1 Ograničenja

Primarni koncept u ovom modelu nije događaj, već ograničenje. U teoriji sistema, kontrola je uvek povezana sa nametanjem ograničenja. Nesreće se smatraju za posledice nedostatka odgovarajućih ograničenja u projektu sistema, nametnutih projektu i funkcionisanju sistema, odnosno, neadekvatnog sprovođenja ograničenja na ponašanja na svakom nivou socio-tehničkog sistema. Bezbednost, kao i svaki kvalitet, mora da bude ugrađena u sam projekat sistema. Uloga nekoga ko razmatra bezbednost sistema je da identifikuje ograničenja potrebna za održavanje bezbednosti i da obezbedi da su ona primenjena, odnosno da se primenjuju. Pri tome, misli se ne samo fizička ograničenja, već i na socijalna i organizaciona.

IV.2.6.2 Kontrolne petlje i modeli procesa

Umesto dekompozicije sistema i objašnjavanja nesreća preko sastavnih komponenti i toka događaja (što je tipično za modele na bazi događaja), ovaj model opisuje sisteme i udese u smislu hijerarhije kontrole zasnovane na adaptivnim povratnim mehanizmima. U teoriji sistema, otvoreni sistemi se posmatraju kao međusobno povezane komponente koje se održavaju u stanju dinamičke ravnoteže petljama povratne sprege informacija i kontrole. Da bi sistem ostvario cilj potrebno je kontrolisati funkcionisanje tog sistema, u smislu poštovanja ograničenja, troškova i kvaliteta, na primer.

Osnovna kontrolna petlja, kojom kontroler upravlja kontrolisanim procesom, prikazuje se na slici 49. Kontroler sadrži model procesa i kontrolni algoritam. Kontroler formira svoj model procesa na osnovu povratne sprege. Na osnovu modela procesa kontroler formira kontrolni algoritam, odnosno predviđa (ili ne) kontrolnu akciju. Kontroler zadaje kontrolnu akciju da bi nametnuo ograničenja kontrolisanom procesu.



Slika 49. Osnovna kontrolna petlja teorije sistema.

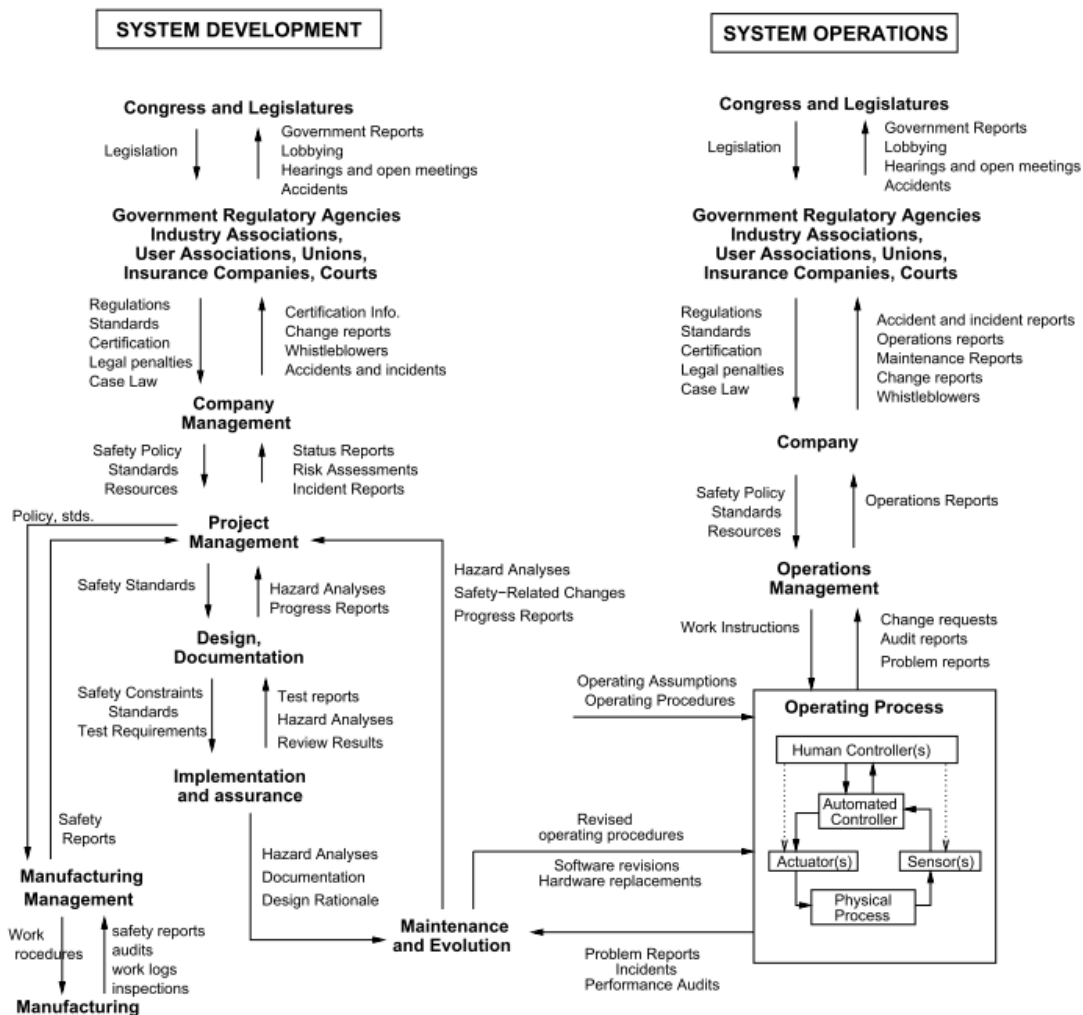
IV.2.6.3 Nivoi kontrole

U teoriji sistema, sistemi se posmatraju kao hijerarhijske strukture u kojima svaki nivo nameće ograničenja za aktivnosti na nivou ispod njega, to jest, ograničenja na višem nivou kontrolišu ponašanja nižeg nivoa (Checkland, 1981). Kontrolni procesi koji sprovode ova ograničenja će ograničiti ponašanje sistema na bezbedne promene i adaptacije.

Modeliranje složenih organizacija ili delatnosti (snabdevanja vodom, na primer) pomoću teorije sistema podrazumeva njihovo deljenje na hijerarhijske nivoe sa procesima

kontrole koji postoje na granicama između nivoa (Rasmussen i Svedung, 1997). Slika 50 prikazuje opšti socio-tehnički model kontrole, sa dve osnovne hijerarhijske strukture kontrole - za razvoj sistema i za funkcionisanje sistema – sa interakcijama između njih. Projektant postrojenja za prečišćavanje, na primer, pod svojom neposrednom kontrolom ima projekat tog postrojenja, ali bezbednost podrazumeva i izvođenje i operativnu upotrebu tog postrojenja, što se ne može uspešno postići u izolaciji pojedinih faza životnog ciklusa. Bezbednost mora biti uprojektovana u sistem: bezbednost tokom rada zavisi delimično od početnog projekta, a delimično i od kontrole tokom funkcionisanja sistema.

Između hijerarhijskih nivoa svake kontrolne strukture, potrebni su efikasni kanali komunikacije, i to: (i) silazni referentni kanal koji obezbeđuje informacije potrebne da nametne ograničenja nivou ispod, i (ii) uzlazni merni kanal da bi obezbedio povratne informacije o tome kako su nametnuta ograničenja. Povratna informacija je kritična u svakom otvorenom sistemu, kako bi se obezbedila adaptivna kontrola. Na svakom nivou, neadekvatna kontrola može da nastane od: nedostajućih ograničenja, neadekvatno komuniciranih ograničenja, ili od ograničenja koja se ne primenjuju odgovarajuće na niži nivo.



Slika 50. Opšti oblik modela društveno-tehničke kontrole (prema Leveson, 2004)

Iako je primer sa slike 50 dat za kontekst jedne druge države, princip je opšte primenljiv. Na najvišem nivou obe hijerarhije, razvoja sistema i funkcionisanja sistema, su zakonodavni i izvršni organi državne uprave. Skupština Republike Srbije kontrolise bezbednost pojedinih sistema donošenjem zakona i podzakonskih akata, i formiranjem i finansiranjem regulatornih struktura vlasti (npr. postojeće su regulatorne agencije za energetiku, za elektronske komunikacije, najavljena je agencija za oblast voda). U ovom kontekstu, bezbednost se nalazi u samoj legislativi, u obliku propisanih zahteva i uslova, što su zapravo ograničenja koja država postavlja nižim hijerarhijskim nivoima. Vlada Republike Srbije, sastavljena od Ministarstava, je izvršni organ sa svojim funkcijama. Povratne informacije, kao što su efikasnost kontrola ili potreba za dodatnim kontrolama, dolaze u formi izveštaja entiteta državne uprave (npr. Instituta za javno zdravlje, Agencije za zaštitu životne sredine, Ministarstava, Vlade, skupštinskih odbora, itd.).

Sledeći nivo može da sadrži vladine regulatorne agencije, profesionalna udruženja, korisnička udruženja, osiguravajuća društva, itd. Direktan državni uticaj praktikuje se kada ne postoji nezavisan regulatorni organ i kada nema drugih sredstava za kontrolu željenog stepena bezbednosti u nekoj oblasti. Propisivanje pravila (uključujući i bezbednosnih) od strane državne uprave koristi se kada ne postoje jaka profesionalna udruženja koja to rade (npr. Udruženje za vodu i gas u Nemačkoj), osiguravajuća društva sa svojim zahtevima striktno ne regulišu pojedinu oblast (npr. oblast bezbednosti i zdravlja na radu) ili nisu razvijeni pojedini standardi (npr. za oblast kvaliteta voda). Ograničenja generisana na ovom nivou i nametnuta kompanijama obično se prenose niže u obliku politika, propisa, sertifikacije, standarda.

Distribuiranje odluka na niži nivo i upravljanje prema ciljevima zahtevaju odgovarajuću formulaciju kriterijuma i predstavljaju sredstvo za komuniciranje vrednosti naniže kroz društvo i organizacije. Pri tom, potrebno je oceniti i uticaj pojedinih odluka koje se prosleđuju naniže, za šta se zahtevaju povratne informacije, koje mere koliko uspešno su odluke sprovedene.

IV.2.6.4 Klasifikacija faktora nesreća

U ovom kontekstu nesreće nastaju zbog neodgovarajuće kontrole, tj., kontrola petlja stvara ili ne upravlja disfunkcionalnim interakcijama u procesu – uključujući interakcije uzrokovane otkazima komponenti i manjkavostima projekta sistema. Shodno tome, proces koji dovodi do nesreće može se shvatiti u smislu manjkavosti kontrolnih petlji razvoja sistema i funkcionisanja sistema. Klasifikacija manjkavosti prikazuje se na sl. 51.

1. Neadekvatno nametanje ograničenja (kontrolnih akcija)

1.1. Neidentifikovane opasnosti

1.2 Neodgovarajuće, neefektivne, ili nedostajuće kontrolne akcije za identifikovane opasnosti

1.2.1 Dizajn kontrolnog algoritma (procesa) ne sprovodi ograničenja

- Manjkavosti u procesu stvaranja (proizvodnje/izgradnje)
- Procesne promene bez odgovarajuće promene u kontrolnom algoritmu (asinhrona evolucija)
- Pogrešna modifikacija ili adaptacija

1.2.2 Modeli procesa nekonzistentni, nepotpuni, ili netačni (nedostatak povezanosti)

- Manjkavosti u procesu stvaranja
- Manjkavosti u procesu ažuriranja (asinhrona evolucija)
- Vremenski zaostaci i netačnosti merenja nisu uzeti u obzir

1.2.3 Neadekvatna koordinacija između kontrolera i donosioca odluka (granična i preklapajuća područja)

2. Neadekvatno izvršenje kontrolne akcije

- 2.1 Manjkava komunikacija
- 2.2 Neadekvatna operacija (rad) izvršioca
- 2.3 Vremenski zaostatak

3. Neadekvatna ili nedostajuća povratna informacija

- 3.1 Nije predviđena u dizajnu sistema
- 3.2 Manjkava komunikacija
- 3.3 Vremenski zaostatak
- 3.4 Neadekvatna operacija senzora (netačno ili bez informacije)

*Slika 51. Klasifikacija manjkavosti kontrola koje vode do opasnosti
(prema Leveson, 2004)*

Klasifikacija može da se koristi tokom analize rizika, analize nesreća, analize sistema za upravljanje bezbednošću, i pri određivanju indikatora bezbednosti, u cilju identifikovanja faktora koji mogu biti, tj. koji su, uključeni u nesreće i njihovih odnosa.

U svakoj kontrolnoj petlji na svakom nivou socio-tehničke kontrolne strukture, nebezbedno ponašanje proizilazi iz nepostojećih ili neadekvatnih ograničenja procesa na nižem nivou ili neadekvatne primene ograničenja koja vode do njihovih kršenja. Ispitivanje kontrolne petlje bezbednosti ostvaruje se kroz ispitivanje svake komponente razmatrane petlje: (1) kontroler može da izda neadekvatne ili neprikladne kontrolne akcije, uključujući neodgovarajuće postupanje sa kvarovima ili poremećajima u fizičkom procesu; (2) kontrolni postupci mogu biti neadekvatno izvršeni, ili (3) može da nedostaje ili je neadekvatna povratna informacija. Isti opšti faktori važe na svakom nivou socio-tehničke kontrolne strukture.

1. Neadekvatno nametanje bezbednosnih ograničenja

Prvi faktor, neadekvatna kontrola nad nametanjem bezbednosnih ograničenja, može da nastane bilo zato što nisu identifikovane opasnosti (i njima povezana ograničenja) ili zato što kontrolni postupci ne sprovode ograničenja na odgovarajući način. Ovo potonje može zauzvrat da bude rezultat pogrešnih upravljačkih algoritama, protivurečnih ili netačnih modela procesa koje koriste kontrolni algoritmi, ili neadekvatne koordinacije između više kontrolera i donosilaca odluka.

- **Neadekvatni kontrolni algoritmi:** kontrolni algoritmi ne mogu da sprovode bezbednosna ograničenja jer su prvobitno neadekvatno osmišljeni, možda se

proces promeni i na taj način postaju neadekvatni, ili mogu biti neadekvatno modifikovani kroz razne načine prirodne adaptacije.

- **Nekonzistentni modeli procesa:** efektivna kontrola zasniva se na modelu stanja procesa. Nesreće, posebno sistemske nesreće, najčešće su rezultat nedoslednosti između modela procesa koji se koristi od strane kontrolera i stvarnog stanja procesa.
- **Neadekvatna koordinacija između kontrolera i donosioca odluka:** kada postoji više kontrolera, kontrolne akcije mogu biti neadekvatno koordinirane, uključujući i neočekivane sporedne efekte odluka ili radnji ili konfliktne kontrolne akcije. Nedostaci komunikacije ovde igraju važnu ulogu.

Nesreće su najverovatnije u graničnim područjima ili u područjima preklapanja gde dva ili više kontrolera kontrolišu isti proces (Leplat, 1987), i u oba područja postoji potencijal za dvosmislenost i za konflikte. Granična područja su područja susretanja nadležnosti dva kontrolera, pri čemu može da postoji zabuna oko toga ko zapravo kontroliše to područje (koja kontrolna petlja trenutno sprovodi kontrolu nad procesom), što dovodi do izostanka kontrolne akcije. Na primer, brana sa akumulacijom Vrutci je sa jedne strane je u nadležnosti Republike Srbije, odnosno „Srbijavode”, kao vodni objekat I reda, a sa druge strane je u nadležnosti „Vodovoda Užice”, kao vodozahvat, i kao rezultat tog akumulaciju niko ne kontroliše.

Područja preklapanja postoje kada je funkcija postignuta saradnjom dva kontrolera ili kada dva kontrolera vrše uticaj na isti objekat. Takva preklapanja stvaraju potencijal za konfliktne kontrolne akcija (disfunkcionalne interakcije između kontrolnih akcija). Na primer, najmanje dva organa državne uprave Republike Srbije (Ministarstvo zdravlja i Ministarstvo zaštite životne sredine) mogu da kontrolišu sprovođenje mera zaštite na izvorišta nekog vodovodnog sistema, a da zapravo postoji prazan prostor u odgovarajućem nivou zaštite.

2. Neadekvatno izvršenje kontrolne akcije

Drugi način za kršenja ograničenja u kontrolisanom procesu je da postoji kvar ili neadekvatnost u referentnom kanalu, tj, u prenosu kontrolnih komandi ili u

njihovom izvršenju (greška ili kvar aktuatora). Uobičajeni nedostatak u razvoju sistema jeste da su informacije o bezbednosti (opasnosti i neophodna ograničenja) neodgovarajuće komunicirane sa projektantima sistema i osobama zaduženim za kvalitet. Na primer, bezbednost cevovoda uključena je u projekat time što su predviđeni odgovarajući testovi za kvalitet spojeva cevi, ali izvođač testove ne obavlja ili ne obavlja na odgovarajući način.

3. Neadekvatna ili nedostajuća povratna informacija

Treći nedostatak koji dovodi do sistemskih opasnosti su neodgovarajuće povratne informacije. Da bi donosio ispravne odluke, kontroler mora da ima potrebne informacije o aktuelnom stanju kontrolisanog procesa. Ove informacije koriste se za formiranje i ažuriranje modela procesa. Povratna informacija može da nedostaje ili da bude neadekvatna, jer nije uključena u projekat sistema, manjkavosti postoje u praćenju ili povratnoj informaciji komunikacionog kanala, povratna informacija nije blagovremena, odnosno merna oprema radi neadekvatno. Na primer, služba za GIS može da se percipira kao „senzor” koja pribavlja podatke o objektima sistema u sistemu za snabdevanje vodom, inspeksijska služba nekog Ministarstva je „senzor” koja pribavlja ili ne informacije za to Ministarstvo o aktuelnom stanju sistema, i tako redom.

Sumirajući prethodno navedeno u poglavlju, nakon uvida u pojam „bezbednost” kao vrste antipoda riziku, osvetljena je teorija nesreća i analizirani su karakteristični modeli uzročnosti nesreća. Model nesreća i procesa teorije sistema potencijalno može da bude odgovarajuća metodologija za analizu rizika zbog toga što je osmišljen za sisteme koji imaju karakteristike prethodnim poglavljem već utvrđene za svojstvene vodovodnim sistemima: hijerarhijske, složene, adaptivne i socio-tehničke.

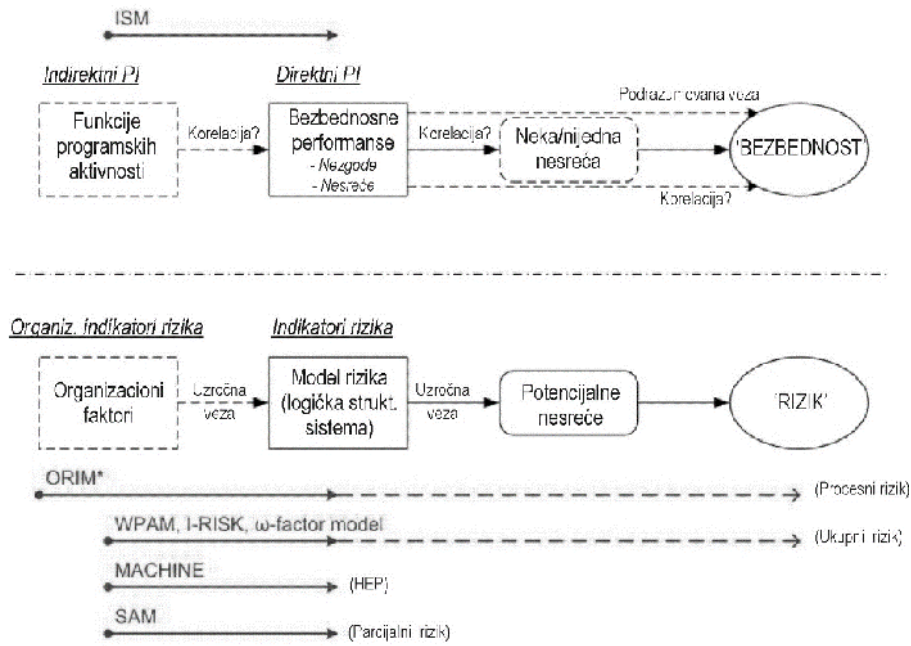
Metodologija će se primeniti na primeru sistema za snabdevanje vodom grada Užica, u poglavlju V, a smatraće se odgovarajućom ako uspe da struktuirano obuhvati raspoložive ulazne podatke, koji se odlikuju postojanjem više aktera, tehničkim, ljudskim i organizacionim činocima, i višestrukim perspektivama javnosti u vezi ispoljenog rizika.

IV.3 Indikatori bezbednosti kao merni sistem bezbednosti

IV.3.1 INDIKATORI BEZBEDNOSTI I PREKURSORI OTKAZA

Donošenje odluka u postupku planiranja i funkcionisanja sistema za snabdevanje vodom je svakako izazovno i praćeno brojnim preprekama, a posebno je složeno u uslovima dinamičnih promena i postojanja neizvesnosti. Tradicionalno, donošenje odluka za razvoj i funkcionisanje sistema obično se zasniva se na planovima i realizaciji tih planova. Planovi se opet zasnivaju na najverovatnijim scenarijima, ekstrapoliranim iz aktuelnih trendova. Ta scenarija mogu da se tiču, na primer, zahteva za vodom, načina izgradnje sistema, starenja komponenti sistema, stope kvarova, nivoa preventivnog održavanja ili pak kretanja inflacije ili cene vode, itd. U nekom stabilnom, predvidivom kontekstu, takav pristup planiranju je svakako logičan i razuman i navedeni koncept na kojem se zasniva planiranje svakako je preovlađujući u praksi.

Međutim, opasnosti sa kojima se vodovodni sistemi suočavaju predstavljaju pretnju po ostvarivanje postavljenih ciljeva. Razmatranjem načina na koji dolazi do otkaza može se uočiti da pre svakog sistemskog otkaza uvek postoje neki znaci upozorenja, ali ti znaci su obično primetni ili mogući za tumačenje kao indikatori bezbednosti ili prekursori nesreća samo retrospektivno. Znaci upozorenja, u slučaju akumulacije Vruci, mogu da se tiču podataka: da je dolazilo do prevelikog obaranja nivoa u akumulaciji, da ponašanja korisnika u zonama sanitarne zaštite nisu kontrolisana, da odgovarajući monitoring akumulacije nije obavljan.



Slika 52. Pregled pojedinih radova o indikatorima bezbednosti i rizika (prema Øien, 2010)

Identifikacijom indikatora bezbednosti i prekursora nesreća bavio se veliki broj istraživača, obično su klasifikovani kao tehnički ili organizacioni, a neki od preglednih rezultata prikazani su na slici 52. Glavni ciljevi indikatora bezbednosti su da prate nivo bezbednosti u sistemu, da motivišu akciju i da pruže neophodne informacije za donosiocima odluka o tome gde i kako da deluju (Hale, 2009). Često, naknadno uviđanje pokazuje da ukoliko bi rana upozorenja unapred bila shvaćena kao takva i upravljana, neželjeni događaj bi mogao biti sprečen (Øien et al., 2011). Važan izazov je, prema tome, da se identifikuju indikatori koji rukovodstvu daju priliku da deluje (Hale, 2009).

Dok tehnički prekursori koriste uobičajeni, pojednostavljeni linearni model uzročnosti nesreća, organizacioni pristupi imaju nedostatak da nemaju model koji određuje uzrok, sadržaj i posledice bezbednosne kulture i klime (Kongvik, 2010), što se može opisati i kao manjak teoretskog okvira po pitanju toga kako i zašto se nesreće dešavaju (Hudson, 2009). Sadašnjim sistemima indikatora nedostaje pristup za razvoj pokazatelja bezbednosti sistema: pokazatelji se obično predstavljaju kao mere pojedinih funkcija sistema (npr. proizvodnje, distribucije, kvaliteta, finansija), što može da napravi krivu sliku stanja sistema, pošto se time ne bi mogle da se identifikuju neefikasne kontrole, poput onih u vezi sa migracijom sistema ka stanju povećanog rizika (Khawaji, 2012). Indikatori bezbednosti su nešto što može da obezbedi informacije koje pomažu da se

odgovori na promenu okolnosti i preduzmu akcije za postizanje željenih ishoda ili izbegavanje neželjenih ishoda.

IV.3.2 PLANIRANJE ZASNOVANO NA PRETPOSTAVKAMA

Planiranje i funkcionisanje vodovodnih sistema treba da bude adaptivno, a organizacija mora naći način da prepozna kada da adaptira ili da promeni planove ili funkcionisanje kao odgovor na promenu okolnosti. Planiranje ima jednu crtu sličnu riziku, a to je da se odnosi na budućnost. Shodno tome, pri planiranju smo takođe suočeni sa nepoznatim i neizvesnošću. Međutim, planiranje može da počiva i na logički drugačijem konceptu: da započne sa onim što se može znati – sa pretpostavkama na kojima se zasnivaju sadašnje funkcionisanje i planovi. U ovakvom konceptu, indikatori bezbednosti mogu da se identifikuju na osnovu (i) važnih pretpostavki, na kojima počiva sistem, i (ii) ranjivosti tih pretpostavki. Na ovaj način, što predstavlja suštinu ovog koncepta, bezbednost kao antipod riziku, ne karakteriše se putem verovatnoće neželjenih događaja, već putem istinitosti pretpostavki. Već smo videli da verovatnoća nije savršen alat za izražavanje nekog budućeg ishoda. Verovatnoće su zasnovane na pribavljenim informacijama koje mogu da sakriju brojne pretpostavke i nagađanja, a takve pretpostavke i nagađanja mogu biti pogrešne (Aven, 2008), tako da ne mogu da budu ni osnov za planiranje.

Svaka inženjerska analiza uključuje pretpostavke o ponašanju (i) sistema i njegovih komponenti i (ii) okruženja u kome će sistem funkcionisati. Cilj programa indikatora bezbednosti tada može da bude da se njime nadgledaju pretpostavke na kojima je građena bezbednost sistema, kako bi pronašli pretpostavke koje ne stoje, i koje kao takve mogu da ugroze bezbednost sistema. Takve pretpostavke mogu biti netačne od početka razvoja sistema ili su mogle postati netačne tokom vremena. Na ovaj način proveravamo ono što znamo (tj. ono što bi trebalo da znamo), na osnovu toga funkcionisanje i planiranje sistema vodimo na adaptivan način prema nastalim promenama, što omogućava da donošenje odluka bude bliže realnosti. Ovaj pristup zasniva se na konceptu planiranja za smanjenje neizvesnosti i upravljanje rizikom (Dewar i dr., 1993), prilagođenom za vodeće indikatore bezbednost sistema od strane Leveson-ove (2015). Na ovaj način, planiranje se može strukturirati kroz nekoliko koraka:

- utvrđivanje važnih pretpostavki i vremenskog okvira njihovog važenja,
- utvrđivanje ranjivosti pretpostavki i indikatora bezbednosti,
- definisanje akcija oblikovanja i akcija ograđivanja,
- definisanje putokaza i provera.

IV.3.2.1 Utvrđivanje važnih pretpostavki i vremenskog okvira važenja

Pretpostavka je tvrđenje o nekoj karakteristici budućnosti (činjenici ili sudu) koja leži u osnovi sadašnjeg funkcionisanja ili planova. Pretpostavka je važna ako će njena negacija voditi do značajnih promena u funkcionisanju ili planovima.

Izuzetno je retko da za neki sistem postoje eksplicitno definisane i navedene sve (važne) pretpostavke na kojima sistem počiva, tj. koje su u osnovi njegovog rada. Pretpostavke za vodovodne sisteme često ostaju u koricama studija ili projekata i nisu stalno pred očima, što operaterima sistema, što projektantima koji nadograđuju sistem. Pretpostavke mogu da se tiču, npr. korisnika neke akumulacije za snabdevanje vodom, kvaliteta vode za koje je projektovano postrojenje za prečišćavanje vode, nivoa održavanja sistema za distribuciju vode, konzumnog područja, itd. Opređeljivanjem za ovaj koncept, pretpostavke moraju biti identifikovane na neki način: iz tehničke dokumentacije, iz zapisnika, posmatranjem, razgovorima sa zaposlenima ili drugojačije. Vremenski okvir važenja pretpostavke je najdalja tačka u vremenu za koju bi neka pretpostavka trebala da bude važeća; taj postavlja granice za ranjivost pretpostavke.

IV.3.2.2 Utvrđivanje ranjivosti pretpostavki i indikatora bezbednosti

Da bi se utvrdilo koje pretpostavke mogu biti ugrožene unutar vremenskog okvira važenja, potrebno je identifikovati elemente promene – indikatore bezbednosti. Indikator bezbednosti je događaj ili uslov okruženja: (i) koji predstavlja neku promenu, i (ii) koji je verodostojan unutar vremenskog okvira važenja pretpostavke. To je znak upozorenja koji može da se koristi da se otkrije kada je bezbednosna pretpostavka pobijena ili opasno slaba, te da je potrebna akcija da bi sprečila nesreću, odnosno, to je upozoravajući signal da se validnost ili ranjivost pretpostavke menja.

U osnovi pristupa indikatora bezbednosti na bazi pretpostavki je, dakle, ideja da se u uslovima neizvesnog okruženja motri na promene koje će razrešiti neizvesnosti u budućnosti. Indikatori bezbednosti su mehanizam za praćenje neizvesnosti i kao takvi igraju ulogu u određivanju kada sprovesti akcije oblikovanja i ograđivanja, tabela 9..

Tabela 9. Parovi Pretpostavka – Element promene

#	Pretpostavka	Element promene
1	Podesnost postojeće tehnologije prečišćavanja vode na PPV	Promena (smanjenje) zona sanitarne zaštite izvorišta
2	Projektovani nivo kvaliteta vode u akumulaciji	Promena režima upravljanja akumulacijom
...

IV.3.2.3 Definisanje kontrolnih akcija oblikovanja i ograđivanja

Akcija oblikovanja je kontrolna akcija predviđena da spreči narušavanje ranjive pretpostavke, odnosno koja ima za cilj da kontroliše ranjivost važne pretpostavke. Akcije oblikovanja su akcije namenjene održavanju pretpostavki, da bi sprečile opasnosti i da bi se kontrolisala migracija sistema ka stanjima visokog rizika. To su akcije u toku projektovanja (i) fizičkog sistema ili (ii) kontrolne strukture bezbednosti, kako bi se sprečile opasnosti i kršenje pretpostavki na kojima se zasnivaju analiza i projektno rešenje. U perspektivi teorije kontrole, one obezbeđuju kontrolu u predstojećem vremenu i ugrađene su u fizičke i organizacione bezbednosne kontrole, bilo prvobitno bilo da su kasnije dodate. Fizički primer mogu biti objekti anti-erozione zaštite kako bi se obezbedio smanjen unos suspendovanih materija u akumulaciju. Za ponašanje ljudi, ove kontrolne akcije odnose se na osmišljavanje odgovarajućeg funkcionisanja bezbednosne kontrolne strukture ili proceduralnih prepreka kako bi bilo teško da se ugrozi odgovarajuće bezbedno funkcionisanje. Kao primer može da se predoči i osmišljavanje operativnih procedura koje treba slediti pri pojedinim uslovima i nekim pretpostavljenim događajima, pri nailasku poplavnog talasa, na primer.

Akcija ograđivanja ili akcija u slučaju nepredviđenosti je kontrolna akcija koju treba preduzeti u sadašnjem vremenu, a koja ima za cilj da sistem pripremi za mogućnost da će neka od njegovih važnih pretpostavka prestati da važi. Akcije ograđivanja određuju se razmatranjem mogućih scenarija u sklopu analize opasnosti. U kontrolnoj i sistemskoj

teoriji, akcije ograđivanja uključuju povratnu kontrolu tokom rada sistema, radi održavanja bezbednosnih ograničenja. Primeri povratnih sprega uključuju nadzore funkcionisanja da bi se utvrdilo da li sistem i bezbednosne kontrole funkcionišu kako je predviđeno i da li operateri poštuju predviđene procedure.

IV.3.2.4 Definisanje putokaza i provera

Nesreće se često javljaju posle neke vrste promene, pa je proveru pretpostavki posebno važno sprovesti u slučaju neke promene, planirane ili neplanirane.

Putokazi, kako je definisala Leveson (2015), su tačke u budućnosti u kojima mogu biti neophodne ili su preporučljive promene aktuelnih bezbednosnih kontrola (akcija oblikovanja i ograđivanja). Putokazi uključuju planiranje radi praćenja i reagovanja na pojedine identifikovane promene u pretpostavkama bezbednosnih kontrola. Na primer, izgradnja II faze postrojenja za prečišćavanje vode „Cerovića Brdo”, na primer, može da pokrene planirani odgovor. Putokazi se koriste za planirane ili očekivane promene.

Provera pretpostavke je proces provere da li su pretpostavke koje su u osnovi bezbednosnog projekta i dalje važeće. Proveravanje pretpostavki se razlikuje od putokaza po tome što se putokazi identifikuju tokom projektovanja i procesa razvoja, pri čemu se pojedini odgovori i navode. Pri proveravanju pretpostavki, sistem treba pratiti tokom funkcionisanja i utvrđivati da li pretpostavke i dalje važe. Ovaj postupak se, dakle, odnosi na tekući rad sistema. Provera pretpostavki korisna je za otkrivanje neplanirane i potencijalno nebezbedne promene. Na primer, novi „korisnik” akumulacije Vrutci, koja je prethodno služila dominantno za snabdevanje vodom, trebala je da pokrene proveru pojedinih pretpostavki.

Sumirajući odeljak, može se reći da su indikatori bezbednosti, ustanovljeni na osnovu pretpostavki na kojima se zasniva funkcionisanje sistema i struktuirani na bazi modela i procesa teorije sistema, deo mernog sistema bezbednosti u „*top-down*” sistemu donošenja odluka i da su kao takvi neophodni za uspostavljanje i održavanje bezbednosti naših sistema.

POGLAVLJE V

PRIMER „UŽICE”

U ovom poglavlju opredeljena metodologija analize rizika, model i procesi teorije sistema (Leveson, 2004), primeniće se na slučaju u kojem je došlo do ispoljavanja opasnosti, odnosno realizacije rizika, na sistemu za snabdevanje vodom grada Užica. Proverom mogućnosti struktuiranog obuhvatanja rizika (odnosno bezbednosti kao antipoda) i karakteristika razmatranog sistema doći će se i do zaključka o podesnosti metodologije.

V.1 Uvod

Sve se najednom okrenulo. Delovalo je kao nemoguće, ali se dogodilo. U planinskom predelu jugozapadne Srbije gde je priroda najlepša, mnogi bi rekli netaknuta, gde se dolazi po zdravlje, po vazduh i vodu sa čistih izvora, čitav grad je ostao bez vode za piće. Nekada ponosni na „najbolju vodu” nikako da shvate šta ih je snašlo. „Ko je krivac?” najčešće je pitanje bilo prvih dana po zabrani korišćenja vode za piće. Sada, posle nekoliko godina, pitanje i dalje stoji, doduše već bleđi, mnogi ponuđeni odgovori nisu se ispostavili ubedljivim ili argumentovanim, a „rizik loše vode” lebdi nad gradom Užicom.

I zaista, da je neko pre tih nekoliko godina procenjivao rizik vodovodnog sistema grada Užica, morao bi da uzme u obzir i podatak da je „Vodovod Užice” proglašen za najbolje javno preduzeće za 2011. godinu od strane dela stručne i akademske zajednice, kojom prilikom je navedeno da „za razliku od mnogih drugih gradova Užice nema problema sa nestašicama vode, pošto sve i da u narednih 5 godina u Užicu ne padne kap kiše, akumulirana voda je dovoljna da ne dođe do nestašice”. Pa, otkud onda nenadani zaplet? Pođimo redom.

Vodoprivredni sistem za snabdevanje vodom grada Užica, projektovan je i izgrađen iz sledećih podcelina (Radna grupa, 2014):

- akumulacija „Vrutci”, nastala izgradnjom istoimene brane na reci Đetinji,
- gravitacioni cevovod sirove vode, od brane do PPV,
- PPV „Cerovića brdo”, sa izgrađenom I fazom, i

- distributivna mreža sa rezervoarima i crpnim stanicama.

Akumulacija „Vrutci” formirana je izgradnjom armirano-betonske lučne brane visine 77 m, a na koti 627 mnm zapremine je $54 \times 10^6 \text{ m}^3$ vode, površine 1.92 km^2 , srednje dubine oko 20.8 m. Početno je predviđene višestruke namene: zaštita od poplava, zadržavanje nanosa, snabdevanje vodom grada Užica i okoline i oplemenjivanje malih voda. Od pre nekoliko godina, izgradnjom male hidroelektrane (MHE „Vrutci”), akumulacija je dobila još jednu namenu. Po svojim nominalnim morfometrijskim vrednostima, Vrutci bi trebalo da budu oligotrofno jezero.

Brana ima 4 temeljna ispusta, po dve ispusne cevi prečnika 1300 mm, na kotama 575.0 mnm i 590.0 mnm. Voda iz akumulacije zahvata se na levom boku brane, na tri nivoa: na kotama 612.0 mnm (gornji, „topli”), 600.0 mnm (srednji) i 587.7 mnm (duboki). Sa dva viša nivoa postavljeni su cevovodi prečnika 500 mm, na najnižem nivou cevovod 700 mm, koji po izlasku iz brane ima račvu prečnika 700 / 150 mm.

Postrojenje za prečišćavanje vode „Cerovića brdo“ projektovanog kapaciteta 800 l/s: izgrađena I faza kapaciteta 400 l/s u funkciji od 1980., do 1986. sa vodom iz privremene akumulacije „Velika brana“ u Turici, previđena II faza je kapaciteta 200 l/s, Ključni elementi PPV su flokulator-taložnik tipa Pulzator (Degremont) i brzi gravitacioni peščani filtri. Predviđena sredstva za hemijski tretman vode su:

- hlor; za predhlorisanje, za tretiranje planktonskih organizama i potpunijeg uklanjanja bakterija,
- aluminijum sulfat; za koagulaciju koloidnih primesa u vodi i planktonskih organizama,
- krečno mleko; za podešavanje najpovoljnije vrednosti pH za proces koagulacije,
- vodeno staklo; za poboljšanje flokulacije.

Po prijavi građana koji su u uzvodnom delu akumulacije uočili crvenu mrlju veličine cca 0.5 ha, 14. decembra 2013. godine na teren su izašli predstavnici Zavoda za javno zdravlje (ZJZ) iz Užica i predstavnici Štaba za vanredne situacije. Najpre se sumnjalo da je nepoznata supstanca, crvene boje namerno prosuta u akumulaciju. U dva od deset ispitivanih uzoraka, ZJZ Užice je 19. decembra utvrdio prisustvo alge u pijaćoj vodi, pri

čemu nije identifikovana vrsta. Institut za javno zdravlje Srbije „Dr Milan Jovanović Batut” (IJZ), uzorkovao je akumulaciju 23. decembra. Decembra 26. ustanovljeno je prisustvo cijanobakterija u vodi iz gradske mreže. Na predlog IJZ, Ministarstvo zdravlja Republike Srbije, Republička sanitarna inspekcija donosi odluku o zabrani korišćenja vode za piće i pripremu hrane. Nekoliko dana kasnije, zabranjen je i rad zatvorenog bazena u Užicu (Ivetić, 2014).

Na primeru Užica, na kome će se demonstrirati primena predložene metodologije za sagledavanje i analizu rizika vodovodnog sistema, nakon navođenja ovih osnovnih podataka o sistemu za snabdevanje vodom grada Užica, prikazaće se razvoj događaja koji je doveo do zabrane korišćenja vode u gradu Užicu.

Metodologija kojom je razmotren ovaj primer zasniva se na kombinaciji ideja iz teorije sistema i elemenata kognitivne psihologije pri sagledavanju interakcije čovek – mašina, razvijenom za suočavanje sa složnošću.

- Srž razmatranja problema je primena teorije sistema koja definiše sistem kao skup komponenti koje deluju zajedno kao celina da bi se postigla neka zajednička svrha, cilj, ili ishod, i pri tome analiza narušavanja bezbednosnih ograničenja;
- Interakcija čovek – mašina, za prepoznatu socio-tehničku prirodu sistema za snabdevanje vodom, kao granična oblast suočavanja donosilaca odluka i tehničkog sistema, obezbeđuje principe koje donosilac odluke može da koristi za rešavanje problema, shvatanje zahteva za rad i sprovođenje zadataka kontrole i praćenja nekog tehničkog sistema.

Sama primena strukturirane metodologije čiji je teorijski koncept obrazložen u odeljku IV.2.6 započeće od definisanja sistemskih nesreća da bi se iz njih definisale sistemske opasnosti, a iz njih opet bezbednosni zahtevi visokog nivoa. Kontrolna struktura definiše se najpre na visokom nivou, da bi se zatim dodali i ostali detalji. Analizom odnosa kontrolera i kontrolisanog procesa najpre će se definisati nebezbedne kontrolne akcije iz kojih će se odrediti bezbednosna ograničenja, a zatim i uzročni faktori (manjkavosti kontrole) koji mogu dovesti do sistemske nesreće. Utvrđivanje nebezbednih kontrolnih akcija i mogućih uzroka nebezbedne kontrole sprovodi se kako u procesu razvoja sistema, tako i u procesu analize rizika sistema koji funkcioniše. Uzročna analiza

neželjenog događaja u Užicama, na akumulaciji Vrutci, pokušaće da ponudi nešto drugačije objašnjenje od onih ponuđenih u stručnoj javnosti povodom ovog slučaja. Konačno, predložiće se i merni sistem sa indikatorima bezbednosti, kojim bi bezbednost kao jedna vrsta opozita riziku, mogla da se meri.

Primer neće biti razmotren do poslednjeg detalja, zbog obimnosti slučaja, već će se analiza sprovesti za najviši nivo i samo za ključne stavke, ali će se pružiti i pojedini detalji, kojim će se potkrepiti valjanost metodologije.

Primedba koju autor na ovom mestu želi da navede je da nije imao pristup svim traženim podacima koje su pojedini državnih organi i javnih preduzeća bili u obavezi da stave na raspolaganje, ali što ne smatra većim hendikepom. Ovo je samo jedan od indikatora sveukupnog stanja i odnosa u kojem država i vodovodni sistemi funkcionišu i koji svakako utiče na krajnju efikasnost i bezbednost vodovodnih sistema, odnosno na kvalitet usluge koje takvi sistemi pružaju svojim korisnicima.

V.2 Razvoj događaja

Podaci o razvoju neželjenog događaja biće podaci nad kojima će se, uz gore navedene osnovne podatke, primeniti predložena metodologija. Hronološki popis elemenata od važnosti, događaja ili drugih činjenica, daje se u nastavku.

Vremenski presek	Događaj/ Činjenica	Izvor
	Objekat: Brana sa akumulacijom „Vrutci“; Finansijer: Republička vodoprivredna zajednica Srbije; Investitor: KRO Bioktoš; Učešće Grada Užice 57%	VP Saglasnost, Film
1977	Idejni i Glavni Projekat brane i akumulacije Vrutci, „J. Černi“	
1977	Vodoprivredna saglasnost br. 325-204/77-07 na investiciono-tehničku dokumentaciju, izdata od Republičkog sekretarijata za vodoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu, Uprave za vodoprivredu.	(„J. Černi“,2015)
23.09.1977	Početak izgradnje lučne betonske brane, izvođač Hidrotehnika	
1978	Odobrenje za izgradnju Sekretarijata za komunalno stambene poslove i urbanizam opštine Užice br. 07-351-87/78; izdato JKP „Vodovod Užice“ kao investitoru.	
1983	Objekat izgrađen; Po Rešenju Komiteta za komunalno stambene poslove i urbanizam br. 351-502/83 od 12.09.1983 Komisija izvršila tehnički prijem i nije dala pozitivno mišljenje - objekat nije dobio upotrebnu ni vodnu dozvolu.	
1984	Formirana akumulacija pregrađivanjem reke Đetinje.	
24.09.1984.	Brana puštena u probni rad.	(„J. Černi“,2015)
1986	Izgrađen i pušten u funkciju gravitacioni cevovod sirove vode DN700/660 dužine 12 km, od akumulacije do PPV „Cer. Brdo“; Početak korišćenja akumulacije za snabdevanja vodom: - bez okončanog tehničkog prijema, bez VP Dozvole, bez UP dozvole - tehničkog prijema nije bilo jer nisu završeni radovi na izgradnji brane i to: brane sa pritokama koje zaustavljaju otpadne materije (anti-erozione građevine 17/25), bočni taložnici, pristupni putevi, obilazni put oko jezera dužine 13 km, ograda.	(Marković, 2014)
1987	SO Titovo Užice (22.06.1987) i SO Čajetina (27.02.1987), Sl. list Opštine Titovo Užice br. 5/87, donele odluku o određivanju zona i sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja akumulacije Vrutci.	
1990	Projekat korišćenja i upravljanja vodoprivrednim centrom brane i akumulacije Vrutci, „J. Černi“.	
2000-2004	Kvalitet vode akumulacije Vrutci u graničnim vrednostima u odnosu na zahtevani kvalitet površinske vode namenjene za zahvatanje za vodu za piće, prema Direktivi 75/440/EEC.	(RHMZ, 2005)
26.09.2006	HMZ uzorkovao kvalitet vode. Voda akumulacije je: prema izmerenoj vrednosti suspendovanih materija odgovarala je III klasi, prema deficitu kiseonika III/IV klasi.	(Milijašević,2009)
18.09.2007	HMZ uzorkovao kvalitet vode. Voda akumulacije je: prema deficitu kiseonika III klasa; U periodu od 2003 – 2007. god. u akumulaciji Vrutci dolazi do dolazi do znatnog opadanja koncentracije rastvorenog kiseonika i do porasta HPK vrednosti. Od opasnih i štetnih materija u akumulaciji su pri dnu ustanovljene povišene koncentracije gvožđa, mangana, nikla i žive.	(Milijašević,2009)

10.12.2007.	Ministarstvo poljoprivrede donelo Rešenje br. 324-07-234/07-03 (+dopuna od 08.07.2010) o ustupanju na korišćenje dela ribarskog područja „Srbija-Jugozapad” privrednom društvu „SPDA Ecologic” iz Čačka na 10 godina; „SPDA” u obavezi je da pribavi saglasnost Ministarstva na Program upravljanja delom ribarskog područja „Srbija-Jugozapad” do kraja 2012. godine; Korisnik ribarskog područja dužan je da pripremi Godišnji izveštaj o korišćenju ribarskog područja Ministarstvu i Agenciji za zaštitu životne sredine (AgZŽS).	(Užička nedelja, 20014)
12.08.2008	Izveštaj o kvalitetu voda 2008; Voda akumulacije je: prema deficitu kiseonika pripada III/ IV klasi voda.	(RHMZ, 2009)
28.11.2008.	Rešenje Sektora za kontrolu i nadzor Odeljenja građevinske inspekcije Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja br. 351-03-1327/1996-13 - obaveza JKP „Vodovod Užice” u pogledu otklanjanja nedostataka na objektu, tehničkog pregleda i pribavljanja upotrebne dozvole	(Dopis „Srbijavode” ka Gradu Užice)
01.09.2009	Izveštaj o kvalitetu voda 2009 Izmerena pH vrednosti u jednoj tački odgovarala je III klasi; Prema deficitu kiseonika voda odgovara III i IV klasi kv. voda; U pojedinim uzorcima sadržaja sulfida je odgovarao III/IV klasi; Od opasnih i štetnih materija, u jednom uzorku registrovana je povišena vrednost rastvorenog mangana.	(RHMZ, 2010)
2009	Istekla Vodoprivredna dozvola; Započet tehnički prijem brane sa akumulacijom.	(Puzović, 2014)
18.01.2010.	Vodna dozvola za MHE „Vrutci”; br. u vodnoj knjizi 84, br. rešenja 325-04-1501/2009-07, rok važenja 20.07.2010., br. reš. u dozvoli 325-04-576/2005-07	
01/2010	Grad Užice izdao Upotrebnu dozvolu za MHE „Vrutci”; MHE započela sa radom; Bez uređaja za merenje proticaja	
2010	Selektivni zahvat se ne održava: - gornji 612.00 mnm - za gradski bazen, - srednji 587.70 mnm - pokvaren zatvarač, - duboki 575.00 mnm - jedini funkcionalni za „Vodovod Užice”, priključena MHE; Zahvatanje vode za potrebe rada MHE je izvedeno preko račve sirove vode DN700 na deonici 132 m od brane (iza postojećeg šahta sa ventilima za ispiranje cevovoda), tj. na samom cevovodu koji vodi sirovu vodu iz akumulacije Vrutci pa prema PPV „Cerovića Brdo”	(Dimitrijević, 2015)
24.06.2010	Grad Užice doneo Prostorni plan Grada Užica, Sl.list Grada Užica br. 22/10 (uključene zone sanitarne zaštite iz 1987.)	(Grad Užice, 2010)
07.05.2010	Zakon o vodama, “Sl. glasnik RS” br. 30/10	
08.11.2010	JVP „Srbijavode” naložila „Vodovodu Užice” da do 15.11.2010. prenese pravo korišćenja i upravljanja na „Srbojavode”, u skladu sa Zakonom o vodama, čl.219, st.1, a u vezi sa čl. 23. st. 1. i 2. (JVP upravlja: (1) vodnim objektima za uređenje vodotoka i za zaštitu od poplava na vodama I reda, (2) branama sa akumulacijama).	(Dopis „Srbijavode”, 2010)
15.11.2010	„Vodovod Užice” doneo Odluku da se na „Srbijavode” prenesu prava na upravljanje vodnim objektima: brana Vrutci sa pratećom opremom i objekti zaštite od erozije, u skladu sa zahtevom „Srbijavoda” („Srbijavode” nisu preuzele objekat).	(Odluka „Vodovod Užice”, 2010)

2010	JP Srbijašume izvršilo poribljavanje AV potočnom pastrmkom sa 5000 jedinki uzrasta 1+	(Užička nedelja, 2014)
06.09.2011	Izveštaj o stanju životne sredine; Izmerena max. vrednost kadmijuma 5.1 (micro g/l) prelazi MDK (1.5); Izmerene pH vrednosti u nekim tačkama odgovarale III klasi; Voda akumulacije prema deficitu kiseonika pripada III/ IV klasi; Izmerena povišena vrednost suspendovanih materija (III klasa).	(AgZŽS, 2012)
28.05.2012	Izveštaj o stanju životne sredine; Izmerena max. vrednost kadmijuma (h=250cm) 4.68 (micro g/l) prelazi MDK (0.9); Izmerena max. vrednost kadmijuma (h=400cm) 10.56(micro g/l) prelazi MDK (0.9).	(AgZŽS, 2013)
29.08.2012	Izveštaj o stanju životne sredine; Izmerena max. vrednost žive 0.2 (micro g/l) prelazi MDK (0.07) Zaključak Godišnjeg Izveštaja (tj. jedan od): Analiza koncentracija prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci pokazuje da su maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) pojedinih teških metala prekoračene u akumulaciji Vrutci namenjenih vodosnabdevanju, čime je standard kvaliteta životne sredine za površinske vode znatno prekoračen sa ugrožavanjem zdravlja ljudi.	(AgZŽS, 2013)
2012	Status jezera i akumulacija u 2012.; Terenska ispitivanja akumulacije Vrutci realizovana su tri puta u toku 2012.; Ekološki potencijal (EP) akumulacije se ocenjuje kao umeren, na osnovu: - bioloških elemenata kvaliteta fitoplanktona i fitobentosa, - fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta, - na osnovu parametara trofičkog statusa; Akumulacija pripada eutrofnim akumulacijama; Akumulacija Vrutci, na svim ispitivanim lokalitetima u 2012. godini, imala je umeren ekološki potencijal (III klasa ekološkog potencijala); Na ulazu u akumulaciju, 02/2012, koncentracija kadmijuma prelazi MDK; Vrednosti pH bile su preko 9, čak do dubine od 5 m.	(AgZŽS, 2013)
2012	Tokom 2012. skok u broju bakteriološki neispravnih uzoraka u vodovodnoj mreži, sa 3.5 na 9.3 %, sa porastom mezofilnih bakterija kao indikacijom fekalnog zagađenja.	(sajt „Vodovod Užice”)
17.05.2013	Ministarstvo predlaže/Vlada RS donosi Uredbu o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda za 2013. godinu, bez akumulacije Vrutci.	(Vlada RS, 2013)
2013	„SPDA Ecologic”, korisnik akumulacije kao ribarskog područja (potpisan Ugovor o ustupanju na korišćenje dela ribarskog područja „Srbija-Jugozapad”, sa Ministarstvom poljoprivrede); Na jezeru je ribolov dozvoljen.	
2013	Na obalama se nalaze prava mala vikend naselja Leti se sjati hiljade kupača.	(Kostić, 2014)
14.12.2013.	Prijava građana koji su u uzvodnom delu akumulacije uočili crvenu mrlju (veličine cca 0.5 ha) Inspekciji za zaštitu životne sredine; Inspekcija za zaštitu životne sredine obavestila ZJZ Užice; ZJZ Užice i Štab za vanredne situacije izlaze na teren (najpre se sumnjalo da je nepoznata supstanca, crvene boje namerno prosuta u akumulaciju).	(Kostić, 2014)

19.12.2013.	U 2/10 ispitivanih uzoraka, ZJZ Užice je utvrdio prisustvo alge u pijaćoj vodi, pri čemu nije identifikovana vrsta (laboratorija ne raspolaže kadrom ni opremom za biološke analize).	(Kostić, 2014)
20.12.2013.	Uzorci sirove i vode za piće odneti u mikro-biološku laboratoriju "Vodovoda Kruševac"; Utvrđeno da se radi o potencijalno toksičnoj vrsti cijanobakterija Planktothrix rubescens (DeCandolle ex Gomont) Anagnostidis et Komarek; Koncentrovani uzorci pijaće vode iz kruševačke laboratorije poslani u IJZ „Milan Jovanović Batut”.	(Kostić, 2014)
20.12.2013.	IJZ uzorkovao vodu iz akumulacije (Rezultati saopšteni 27.12.)	(Saopštenje IJZ, 2013)
25.12.2013.	JKP „Vodovod Kruševac” uzorkovao akumulaciju Vrutci, na poziv VU, obzirom na dugogodišnje iskustvo stečeno kroz praćenje akumulacije Čelije.	(Kostić, 2014)
26.12.2013.	IJZ ustanovio prisustvo cijanobakterija u vodi iz gradske mreže (nezvanično, javio Sanitarnoj inspekciji, sutradan zvanično)	
26.12.2013.	ZJZ izdaje Saopštenje da u vodi ima algi, u 17:30	
26.12.2013.	Sanitarna inspekcija donosi odluku o zabrani korišćenja vode za piće i pripremu hrane, na predlog IJZ, u večernjim satima (20:30); Od prijave (14.12.) proteklo 12 dana; Nekoliko dana kasnije, zabranjen rad zatvorenog bazena.	(Kostić, 2014)
27.12.2013.	Saopštenje IJZ da je voda za piće higijenski neispravna (od uzorkovanja 20.12., ali i ranije, stanovništvo koristilo higijenski neispravnu vodu!)	(Saopštenje IJZ, 2013)
27.12.2013.	Vodni inspektor naložio da MHE „Vrutci” pribavi vodnu dozvolu u propisanom roku.	
30.12.2013.	Predstavnik „Srbijavode” i Vodni inspektor ostvarili uvid i vizuelni pregled vode u akumulaciji; Sačinjen zapisnik i poziv upućen AgZŽS da izvrši uzorkovanje i uradi analizu kvaliteta vode	(AgZŽS, 2013)
30.12.2013.	AgZŽS obaveštena od strane Vodnog inspektora o havarijskom zagađenju akumulacije.	(Zapisnik Vodni insp., 2013)
30.12.2013.	Ugradnja pumpi na cevovodu sirove vode; U 18 sati započelo injektiranje hlor-dioksida u cevovod i višednevno ispiranje cevovoda sirove vode i sekundarne vodovodne mreže od naslaga biofilma i cijanobakterija.	AgZŽS
31.12.2013.	Obustavljen rad MHE „Vrutci”.	(VPCMorava, 2013)
31.12.2013.	Ispitivanje kvaliteta vode akumulacije Vrutci (iznuđeno vanrednom situacijom); Izvršeno uzorkovanje vode akumulacije: Profil A - brana (7 uzoraka po dubini 0.5 do 27 m), Profil B - sredina jezera (0.5 m), Profil C - ulaz u akumulaciju (0.5 m);	(AgZŽS, 2014)
	Fizičko-hemijsko i hemijsko ispitivanje; BPK5 i TOC odgovarali IV klasi ekološkog potencijala; HPK odgovarala III klasi kvaliteta voda; Profil A: N _{tot} odgovarao eutrofnom stanju; Fenolna jedinjenja odgovarala III klasi kvaliteta voda.	isto

	Bakteriološko ispitivanje; Sastav i struktura zajednice fitoplanktona ukazuju na duboki poremećaj biološke ravnoteže. Brojnost ostalih grupa algi je bila zanemarljiva u odnosu na gustinu populacije vrste Plapktothrix rubescens. Abundanca fitoplanktona i procentualna zastupljenost Cyanobacteria odgovaraju V klasi ekološkog potencijala; Koncentracije ukupnog fosfora i ortofosfata u akumulaciji više su nego dovoljne da omoguće masovan razvoj ove vrste; Pojava „cvetanja vode” nije posledica akutnog zagađenja, već dugogodišnjeg negativnog antropogenog uticaja, povećane eutrofizacije same akumulacije.	isto
05.01.2014.	Uzorci vode za toksikološke analize poslati Federalnom birou za kontrolu životne sredine i vodosnabdevanja Republike Nemačke (referentna laboratorija SZO); Naknadno, rezultati toksikoloških analiza negativni na prisustvo cijanotoksina u vodi za piće.	(Saopštenje Ministarstvo, 2014)
10.01.2014.	Početak izgradnje cevovoda do Sušičkih vrela u Čajetini.	(Kostić,2014)
07.02.2014.	Voda za piće iz „Vodovoda Užice”, sa novoizgrađenog izvorišta „Sušička Vrela”, proglašena ispravnom, nakon 43 dana zabrane.	
12.01.2014.	Ministarstvo poljoprivrede zaključilo Ugovor o ustupanju na korišćenje dela ribarskog područja „Srbija-Jugozapad” zaključen sa „SPDA”.	
24.01.2014.	Na cevovod sirove vode povezan je cevovod koji zahvata vodu sa novoizgrađenog izvorišta „Sušička Vrela”.	
25.01.2014.	Puštena voda u vodovodnu mrežu.	(Zapisnik Vodni inspektor, 2015)
07.02.2014.	Sanitarni inspektor doneo Rešenje po kome se ukida zabrana korišćenja vode iz užičkog gradskog vodovoda za piće i spremanje hrane i dozvoljava njema upotreba.	
01.04.2014.	Izveštaj o stanju životne sredine u gradu Užicu za 2013. godinu; Nema pomena o kvalitetu vode akumulacije Vrutci!	(Grad Užice, 2014)
22.04.2014.	Vodna inspekcija donela rešenje br. 270-325-00090/2014-07 kojim je naloženo „Vodovodu Užice” da prenese na upravljanje branu sa akumulacijom Vrutci na JVP „Srbijavode”; „Vodovod Užice” izjavljuje da je objekat predao ali da nema potvrdu da je objekat preuzet (!).	(Zapisnik Vodni inspektor, 2015)
11.2014.	Elaborat o zonama sanitarne zaštite akumulacije Vrutci, „J.Černi”.	
	Ministarstvo Zdravlja izdalo Rešenje o određivanju zona sanitarne zaštite akumulacije Vrutci.	(Đenić, 2015)
12.01.2015.	Ministarstvo poljoprivrede raskinulo Ugovor o ustupanju na korišćenje dela ribarskog područja „Srbija-Jugozapad” zaključen sa „SPDA”.	
19.01.2015.	Ministarstvo poljoprivrede zaključilo Ugovor o ustupanju na privremeno korišćenje dela ribarskog područja „Srbija-Jugozapad” zaključen sa „Srbijašume”.	
2015	„Srbijašume” donelo Privremeni program upravljanja delom ribarskog područja: „Srbija-Jugozapad”; (zabrana ribolova na akumulaciji Vrutci, kao posebnom staništu riba).	

2015	<p>Studija sanacija akumulacije Vrutci, „J. Černi“;</p> <p><u>Stanje:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - kontinuirano prisustvo cijano bakterija na dubinama 6-7 m; - intenzivan rast (cvetanje) nastaje uslovima koji uzrokuju mešanje slojeva u akumulaciji; <p><u>Uzroci:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - starost krivac za zagađenje jezera, - nisu urađeni anti-erozioni radovi, - doprinela poljopreda i spiranje stajnjaka, - veliko prisustvo fosfora. <p><u>Mere:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - održavanje zona sanitarne zaštite, - održavanje stabilnog nivoa akumulacije, - kontrola erozije, unosa nitrata, kontrola korišćenja stajnjaka, stočnog fonda, - izgradnja nepropusnih septičkih jama za postojeće objekte, - monitoring (sedmični-brana, mesečni-sredina, kvartarni-ulaz), - zabrana gradnje, - zabraniti ribolov, - kontrola dubine zahvatanja (2015. odgovarajući kvalitet tokom 9 meseci) <p>+ Rekonstrukcija PPV „Cerovića Brdo“</p>	(„J. Černi“, 2015)
------	---	--------------------

V.3 Nesreće – Opasnosti – Zahtevi visokog nivoa

Primena metodologije započinje od definisanja sistemskih nesreća da bi se iz njih definisale sistemske opasnosti, a iz njih opet bezbednosni zahtevi visokog nivoa. Definisanje onoga što se smatra nesrećom ili neprihvatljivim gubitkom za sistem mora se sprovesti na samom početku analize jer se time posredno određuju ciljevi razmatranog sistema, koji su široko razmatrani u literaturi. Neki od referentnih dokumenata koji su uzeti u razmatranje pri sprovođenju ovog zadatka su Milenijumski ciljevi razvoja Ujedinjenih nacija, ISO/TC 224 serija standarda (ISO 24500, ISO 24510, ISO 24511, ISO 24512), ISO/WD 11830, ISO 55000, DVGW tehnička pravila i radni listovi (W 102, W 392, W 400-1, W 400-3, W 403, W 611, W 1000, W 1001, W 1002, W 1100), evropske norme poput EN 752, EN 15975-2, srpski standardi poput SRPS EN 805, IWA smernice (Alegre, 2006) i radovi brojnih eksperata u oblasti (pre svega nemačke i portugalske škole). Ciljevi vodovodnog sistema su razmatrani i u odeljku II.10.1 ove disertacije. Međutim, koliko god da su ciljevi sistema za snabdevanje vodom, reklo bi se „opšta i poznata stvar”, ni u jednoj od navedene literature nisu navedeni eksplicitno, već samo smernicama.

Moguće nesreće nekog vodovodnog sistema (sistemске nesreće) definisane su, grupisane i navedene u tabeli 10, a u vezi sa (i) prestankom isporuke vode, (ii) isporukom vode lošeg kvaliteta, (iii) održivim funkcionisanjem, (iv) odnosom ka javnosti i (v) zaštitom od samog sistema. Navedeno bi trebalo da bude potpun popis nesreća kojima bi pojedini vodovodni sistem mogao da doživi.

Iz pojedine sistemske nesreće definišu se pojedine sistemske opasnosti, tabeli 10. Opasnost, u ovom pristupu, definiše se kao stanje ili skup uslova koji će, zajedno sa najgorim skupom uslova u okruženju, dovesti do neke nesreće (i posledičnog gubitka). Započinjanjem na visokom nivou apstrakcije, sa malom listom opasnosti, a zatim povećanjem detalja na svakom hijerarhijskom koraku („*top down*” – niz hijerarhiju), ta lista može biti potpunija. Na primer, iz opasnosti „Isporuka vode manja od zahteva” na najvišem nivou sistema mogu se razviti brojne pod-opasnosti na nižim hijerarhijskim nivoima, poput „nepostojanje odgovarajućih vodnih tela izvornih kapaciteta” ili „nepostojanje odgovarajućih kapaciteta i stanja (performansi) objekata za zahvatanje, tretman i distribuciju vode”. Potpunost sistemskih opasnosti, ali i kasnije bezbednosnih

ograničenja, kontrolnih struktura i kontrolnih akcija pri analizi bezbednosti sistema, može da se postigne korišćenjem prethodno navedenog koncepta apstrakcije hijerarhije.

Opasnost je stanje ili skup uslova koji su u granicama sistema i nad kojima imamo kontrolu. To je nešto što mi (možemo da) kontrolišemo. Npr. za sistemsku nesreću „Konzumiranje vode čiji kvalitet ne odgovara zahtevima kvaliteta vode za piće” može da se definiše opasnost „Neodgovarajući kvalitet isporučene vode”. Na ovaj način definisana opasnost ukazuje na moguće načine da se ista obuhvati kada se sistem planira, projektuje i koristi. Pored toga, mora postojati neki skup uslova za najgori slučaj u okruženju, koji će dovesti do gubitka. Ako nema skupa uslova za najgori slučaj izvan ili unutar granice sistema koji će se kombinovati sa opasnošću da bi došlo do gubitka, onda nema potrebe da se opasnost razmotri u analizi rizika. Čak i ako je isporučena voda neodgovarajućeg kvaliteta ne mora da dođe do nesreće, ako se isporučena voda ne konzumira, ali ako postoje najgori uslovi okruženja, da pojedini korisnici možda neće biti obavešteni da je voda loša, do nesreće će ipak doći.

Može se primetiti kao zanimljivost da skorašnji referentni evropski projekat TECHNEAU (Van der Hoven i Kazner, 2009), koji je razmatrao i identifikaciju opasnosti za vodovodne sisteme, ne navodi sistemske opasnosti već opasnosti samo za podsisteme, kako je specificirano, njih 12. Lista opasnosti predložena evropskim projektom PREPARED, međutim, navodi sistemske opasnosti.

Kada se identifikuju sistemske opasnosti na visokom nivou, iste se mogu prevesti u bezbednosne zahteve ili ograničenja, tabela 10. Ovaj proces je direktan i njime se opasnosti prevode u zahteve i ograničenja koje inženjeri treba da ugrade u svoje standardne inženjerske postupke. Sistemski „*top-down*” pristup za bezbednost sistema može da se koristi rano u procesu razvoja sistema ili u početnim analizama postojećeg sistema za generisanje bezbednosnih zahteva i ograničenja na visokom-nivou, kada se o nekom sistemu vrlo malo zna. U ovim slučajevima, apstrakcija je prirodna, jer još nije definisana većina detalja, i može da se koristi da vodi projekat i odrede prioritete u definisanju ili razvoju detalja. Zahtevi na visokom-nivou mogu biti dalje razrađeni da bi se vodio proces projektovanja sistema i generisali detaljni bezbednosni zahtevi za pojedine komponente. Na primer, bezbednosni zahtev visokog nivoa je da sistem mora da isporučuje vodu prema zahtevima kvaliteta vode za piće, da bi se dekompozicijom

sistema utvrdila bezbednosna ograničenja za zaštitu izvorišta, prečišćavanje vode do nivoa kvaliteta vode za piće, zaštitu vode od zagađivanja u sistemu za distribuciju vode, da bi se daljom dekompozicijom utvrdilo da npr. monitoring mora da bude prikladan razmatranim uslovima. U projektovanju koje se bazira na bezbednosti, prema tome, analiza opasnosti (i) utiče i oblikuje rane odluke o projektu, i (ii) iteriše se i detaljiše kako se projekat razvija.

Predstavljene sistemske nesreće, sistemske opasnosti i zahtevi visokog nivoa mogu da se tiču bilo kog vodovodnog sistema. Utvrđene sistemske opasnosti, koje će se detaljnije osvetliti u nastavku analize primera tiču se aspekta količine i kvaliteta vode, i glase:

H1: Isporuka vode manja od zahteva

H2: Neodgovarajući kvalitet isporučene vode

Tabela 10. Pregled sistemskih nesreća, sistemskih opasnosti i zahteva visokog nivoa

Identifikacija sistemске nesreće (gubitka) A događaj + posledica	Identifikacija sistemskih opasnosti H ono što mi kontrolišemo / stanje sistema/skup uslova (za sistem kao celinu)	Preformulisanje u opasnosti kao bezbednosnih ograničenja SC
1 Prestanak ili smanjenje snabdevanja vodom (p, Q, c) usled čega	Isporučavanje vode manja od zahteva / Snabdevanje vodom manje od zahtevanog/govorenog (p, Q, c) pri smanjenom ulazu u sistem (prihranjivanju izvorima); pri ekstremnim vremenskim uslovima (visoka temperatura)	VS mora da isporučuje vodu potrebnog (p, Q, c) tj. zahtevanog/govorenih usluga
2 Konzumiranje vode čiji kvalitete odgovara zahtevima kvaliteta VZP (K) usled kojeg	Nedogovarajući kvalitet isporučene vode / Isporučena voda ne odgovara zahtevima kvaliteta vode za piće (K)	VS mora da isporučuje vodu prema zahtevima kvaliteta (K) VZP voda neodgovarajućeg kvaliteta
3 Pojedina stavka nije realizovana usled toga što	Vodovodni sistem ne funkcioniše održivo (ekonomski, socijalno, po prirodno okruženje) Rad VS više košta nego što prihoduje tj. rad VS nije ekonomski održiv	VS mora da funkcioniše održivo (ekonomski, socijalno, po prirodno okruženje) Troškovi rada sistema na zahtevanom/neopodnom nivou usluga moraju da budu jednaki prihodima
4 Veliki broj korisnika nije izmirio račun za pruženu uslugu usled tog što	VS formira cenu za vodovodne usluge koja ne uzima se u obzir socijalno stanje (pojedinih) korisnika u pogledu prihvatljivosti usluge, u skladu sa primanjima i ekonomskom moći korisnika (niska stopa naplate)	VS mora da uzme u obzir socijalno stanje (pojedinih) korisnika u pogledu prihvatljivosti usluge, u skladu sa primanjima i ekonomskom moći korisnika budu jednaki prihodima
5 VS je # zahvatio prekomernu količinu vode iz vodnog tela koje se koristi kao izvoriste/ # ispušta vodu pogoršanog kvaliteta u neracionalnog trošenja električne energije i prevelikog CO2 otiska odnosu na propisani i muji/ # radio sa niskom energetsom iskorisćenošću usled čega je	VS ugrožava okruženje, odnosno # zahvata prekomernu količinu vode // # ispušta vodu pogoršanog kvaliteta i muji // # neefikasno koristi električnu energiju kapaciteta	Rad VS mora biti usklađen sa okruženjem, tj. VS mora da # zahvata najveće količine vode koja je u skladu sa održivom izdašnosti izvorišta, a da nedostajuće količine obezbedi iz drugih izvora # ispušta vodu kvaliteta u skladu sa propisima i muji, # efikasno koristi električnu energiju i ostale energetske resurse
6 Ne donošenje (donošenje loše) odluke za blagovremeno osmišljavanje i realizaciju planova potrebnih za pružanje zahtevanih/govorenih nivoa usluga usled čega	Budućnosti i stanje sistema i okruženja nisu uzeti u obzir / ograničenim/izuzetim resursima	Budućnosti i stanje sistema, sistema i okruženja moraju se uzeti u obzir, kroz # faze životnog ciklusa pojedinih sredstava (korisnog veka) i # planove na različitim vremenskim horizontima za sistem kao celinu i okruženje
7 Ne pružanje potrebnih informacija/odgovora pa su	Odnos ka korisnicima/javnosti nije odgovarajući, bez odgovarajuće komunikacije i transparentnosti, tj. (i) pružanja potrebnih informacija javnosti i (ii) odgovarajućih odgovora na upit/zalbe (direktan odnos), a ugrožen je i ugled kompanije	Odnos ka korisnicima/javnosti mora biti odgovarajući, tj. VS mora da sa korisnicima komunicira na odgovarajući i transparentan način, da pruža odgovarajuće informacije i ažurno dostavlja odgovore na upit/zalbe
8 Nastanak nebezbednih uslova u sistemu zaposleni i druga lica se povredju, obolevaju i nastaje materijalna šteta usled čega se	Nebezbedni i/ili nezdravi uslovi usled neodgovarajućeg stanja sistema (objekata, opreme za rad, materija, zaposlenih i aktivnosti/processa)	Objekti, oprema za rad, materije, zaposleni i aktivnosti/processi moraju da budu bezbedni

V.4 Funkcionalna kontrolna struktura

Tehnička dokumentacija koja se izrađuje za potrebe sistema za snabdevanje vodom obično sadrži detaljne opise projektovanih, fizičkih objekata. Informacije o funkcionalnom ponašanju sistema, pri tom, u najboljem slučaju, fragmentarno su rasute širom dokumentacije, ako ih uopće ima. Dakle, kako sistem funkcioniše? Kako izgleda funkcionalna struktura nekog sistema za snabdevanje vodom? Model funkcionalne kontrole, prema tome, trebao bi da predstavi sažetu, grafičku specifikaciju funkcionalnog izgleda sistema.

Socio-tehnička kontrolna struktura sistema za snabdevanje vodom, kao veoma složenog pojma, može se postaviti na principima apstrakcije hijerarhije. Koristeći osnovne postavke koncepta apstrakcije hijerarhije i prikaz opisa hijerarhijskih nivoa iz radova Rasmussen-a (1987), Stanton-a i dr. (2006), Morten Lind-a (1999), Bisantz-eve i Vicente-a (1994), daje se uporedan prikaz kondenzovanih opisa iz navedenih radova i predlog nivoa sistema za snabdevanje vodom, tabela 11.

Tabela 11. Nivoi apstrakcije vodovodnog sistema

#	Nivo apstrakcije	Opis nivoa apstrakcije	Perspektive	Opisi nivoa u vodovodnom sistemu	Socio-tehnički nivo
1	Funkcionalna svrha	Opšti smisao sistema i njegova svrha, npr. ciljevi sistema na visokom nivou	Perspektiva korisnika sistema	Snabdevanje vodom kao životnom namirnicom; Komunalna usluga za funkcionisanje naselja; Ciljevi sistema, Zahtevi visokog nivoa; Ograničenja projekta, Pretpostavke	Lokalna Samouprava
2	Funkcija apstrakcije	Opšti i simbolički nivo sistema, npr. opisi u smislu mase ili energije za prenos toka kroz sistem	Perspektiva zadataka sistema	Resursi sistema, Modeli bilansa sistema Logički principi	Posloводство VS
3	Generalizovana funkcija	Generalizovani procesi sistema koji odražavaju strukturu ponašanja, npr. dijagram toka informacija i povratnih petlji	Interfejs (sučeljavanje) između systemske perspektive i perspektive komponenti	Tehnološke šeme procesa; Tehničke specifikacije	Rukovođstvo VS
4	Fizička funkcija	Specifični procesi koji se odnose na skupove komponenti u interakciji, npr. specifični pod-sistemi, kao što su električni ili mehanički	Perspektiva zadataka komponenti	Realizacija zadataka; Odvijanje procesa; Stanja sredstava: statusi i stanja sredstava; TV: Zahvatanje, prečišćavanje, distribucija vode	Operativa VS
5	Fizička forma	Statički, prostorni, opis specifičnih objekata u sistemu u čisto fizičkom smislu, npr. slika ili predstava komponenti	Perspektiva primene komponenti	Karakteristike sredstava: Cevi, vodovodna armatura, pumpe, rezervoari	Fizički sistem

Držeći se referentnog Rasmussen-ovog okvira, sistem za snabdevanje vodom je predstavljen na 5 nivoa.

Nivo funkcionalne svrhe tiče se apstrahovanja snabdevanja stanovništva vodom kao osnovnom životnom namirnicom. Na ovom nivou postavljaju se ciljevi sistema, zahtevi visokog nivoa i pojedina ograničenja. Ovaj nivo obično reprezentuje jedinica lokalne samouprave, u slučaju razmatranog primera Grad Užice.

Nivo funkcije apstrakcije apstrahuje resurse i performanse vodovodnog sistema. Na ovom nivou karakteristično je postavljanje logičkih principa, modeliranje ponašanja sistema, a sprovodi se funkcionalna dekompozicija i alokacija resursa na visokom nivou. Ovaj nivo reprezentuje poslovodstvo sistema za snabdevanja vodom, tzv. „*top menadžment*”.

Nivo generalizovane funkcije apstrahuje tehnološke šeme procesa snabdevanja vodom. Ovaj nivo reprezentuje rukovodstvo, tzv. „*midle menadžment*”.

Nivo fizičke funkcije apstrahuje samo odvijanje tehnološkog procesa i realizaciju zadataka. Ovaj nivo odnosi se na statuse i stanja cevovoda, zatvarača, crpnih stanica, rezervoara, ali i brane, akumulacije, odnosno na sve topološke veze fizičkih funkcija sistema: zahvatanje, prečišćavanje i distribuciju vode. Ovaj nivo reprezentuje operativna preduzeća.

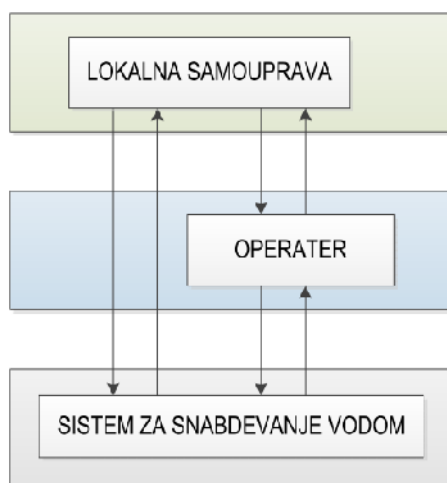
U ovom primeru, zbog namere da disertacija demonstrira snagu metodologije na visokom nivou, a ne da rešava i poslednje detalje, poslednja tri navedena nivoa objediniće se u „Operatera” sistema, što je „Vodovod Užice”.

Nivo fizičke forme apstrahuje karakteristike fizičke materijalizacije vodovodnog sistema. Ovaj nivo odnosi se na karakteristike cevi, vodovodne armature, pumpi, rezervoara, akumulacije, itd., odnosno fizička sredstva sistema za snabdevanje vodom. Tradicionalno, shodno organizaciji državne uprave i propisanim zakonodavnim okvirom, podela na vodovodni sistem (objekti za zahvatanje, prečišćavanje i distribuciju vode) i vodoprivredni sistem (brana sa akumulacijom) je ipak samo administrativna. Inženjersko rezonovanje zahteva širu sliku od pojedinih administrativnih i birokratskih propisa koji, posebno u ovom slučaju, mogu potpuno da zametnu trag pravom problemu. Shodno tome, ovaj nivo fizičke forme reprezentuje čitav sistem za snabdevanje vodom, od brane sa akumulacijom, preko postrojenja za prečišćavanje vode, do sistema za distribuciju vode.

Na kraju krajeva, sistem je tako i zamišljen i projektovan. Granice sistema, su prema tome, akumulacija sa jedne strane i slavine potrošača, sa druge.

V.4.1 KONTROLNA STRUKTURA VISOKOG NIVOA

Sprovedenim istraživanjima Rasmussen-a i Vicente-a ustanovljeno je da je ljudima najlakše da shvate i da kreiraju funkcionalne kontrolne dijagrame najpre sa veoma jednostavnim, modelom na visokom nivou, a zatim da dodaju detalje u koracima. Prvi korak izrade kontrolne strukture, prema tome, može da sadrži samo kontrolera i kontrolisani proces. Funkcionalna kontrolna struktura visokog nivoa sistema za snabdevanje vodom grada Užica može se predstaviti na slici 53.



Slika 53. Funkcionalna kontrolna struktura visokog nivoa snabdevanja vodom Užica

Kontrolna struktura visokog nivoa predstavljena je sa tri nivoa:

- (i) nivo jedinice lokalne samouprave, što je Grad Užice,
- (ii) nivo operatera, što je „Vodovod Užice”, i
- (iii) nivo fizičkog sistema.

Pored apstrakcije hijerarhije, za analizu složenih problema koriste se i logičko pojednostavljenje, pojednostavljeni prikaz kontinualnih promenljivih i princip potpunosti skupa vrednosti. Tako na primer, skup vrednosti ne mora da bude detaljan, ali mora da bude potpun, tako da je uključena svaka mogućnost. Na primer, skup „voda sadrži patogene” i „voda ne sadrži patogene” je kompletan, jer je sadrži svaku mogućnost.

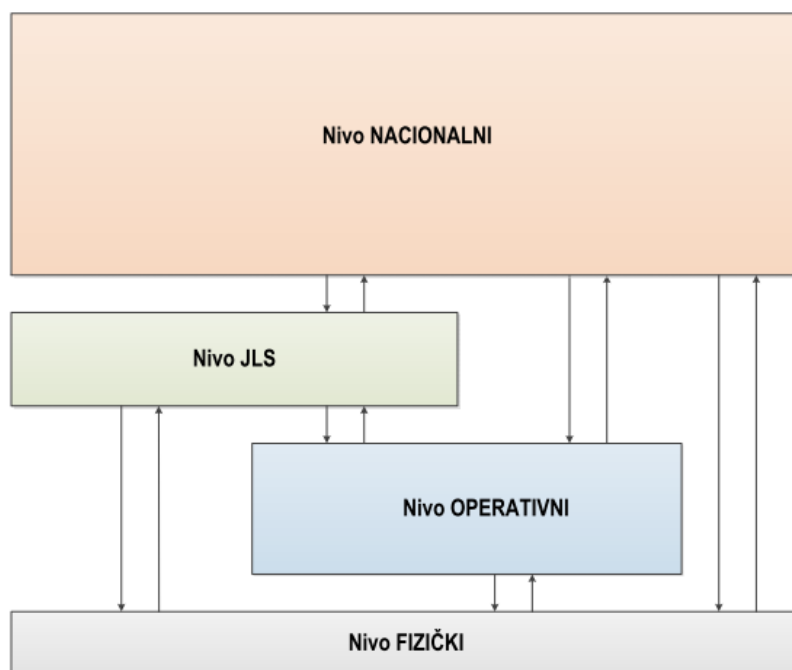
Analiziranje skupa vrednosti - čak i na visokom nivou apstrakcije u ranim fazama razvoja - može dovesti do važnih saznanja. Na primer, skup „sistem isporučuje vodu” i „sistem ne isporučuje vodu” može da izgleda kompletan na prvi pogled, ali pažljivijim pregledom kontinualne prirode promenljive može se odmah otkriti potencijalno kritično stanje - povremeno isporučuje vodu - koja se mora uzeti u obzir u analizi opasnosti.

Dodavanje detalja i dodavanje nivoa su postupci koji slede osnovni, prvi korak.

V.4.2 DODAVANJE DETALJA I NIVOA

Dodavanje detalja, razvijanje ili dekompozicija fizičkog sistema znači razdvajanje, tek u ovom trenutku, brane sa akumulacijom od dela sistema koji obuhvata postrojenje i distribuciju vode.

Dodavanje detalja, razvijanje ili dekompozicija operatera sistema znači posebno predstavljanje VB (operatera brane sa akumulacijom), VU (operatera vodovoda), DVT (operatera koji gazduje MHE), SPDE (operatera koji gazduje ribljim fondom akumulacije).



Slika 54. Proširena kontrolna struktura visokog nivoa

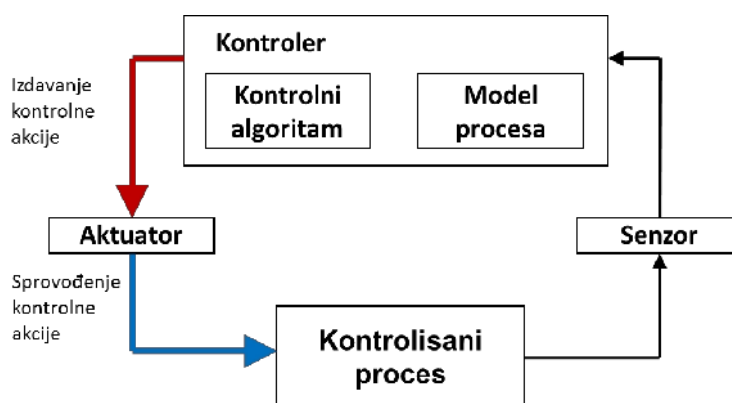
Naknadno dodavanje detalja tiče se razlaganja fizičke forme sistema IZV (akumulacije i brane sa vodozahvatom i cevovodom sirove vode), PPV i SDV (sistema za distribuciju vode), odnosno opet naknadno razlaganje PPV, na primer, na njegove tehnološke delove.

Dodavanje nivoa sprovedeno je kroz dodavanje nacionalnog nivoa. Nacionalni nivo, potom, razložen je na dva, nivo državne uprave (vlada, ministarstava, agencije) i nivo javnih institucija (preduzeća, instituti i zavodi), slika 54.

Ovim putem konstruisana je socio-tehnička funkcionalna kontrolna struktura koja odlikava kontekst ili veliku sliku koja određuje snabdevanje vodom stanovništva i industrije u gradu Užicu. Nakon definisanja ove strukture, u nastavku, kako analiza napreduje, utvrdiće se i dodati detalji o kontrolnoj strukturi: odgovornosti i modeli procesa za svakog kontrolera, kontrolne akcije i povratne sprege. Takođe, prikazaće se i komunikacija između kontrolera.

V.5 Utvrđivanje nebezbednih kontrolnih akcija

U ovom koraku, izvršiće se analiza nebezbednog ponašanja sistema i uslova u kojem takvo ponašanje može da se dogodi. Za određivanje pojedine kontrolne akcije takođe se mogu primeniti principi apstrakcije hijerarhije kako bi se omogućile analize na visokom nivou, koje se kasnije mogu učiniti detaljnijim. Na primer, kada se analizira kontrolna akcija operatera fizičkog sistema, može se najpre analizirati kontrolna akcija „zahvatanje vode” da bi se identifikovali problemi i rešenja na tom visokom nivou, a da se tek u sledećoj fazi razmatre kontrolne akcije nižeg nivoa - poput zahvata vode (na brani od strane VB), otvaranje zatvarača (za zahvatanje vode za MHE od strane DVT) ili komunikaciju operatera - što zajedno sačinjava „zahvatanje vode”.



Slika 55. Položaj kontrolne akcije u kontrolnoj petlji

Postoje četiri vrste nebezbedne kontrolne akcije, opisane u odeljku IV.2.6, slika 55:

- neobezbeđivanje zahtevane kontrolne akcije vodi do opasnosti,
- nebezbedna kontrolna akcija je obezbeđena što vodi do opasnosti,
- potencijalno bezbedna kontrolna akcija je obezbeđena prekasno, prerano, ili u pogrešnom redosledu,
- kontinualna bezbedna kontrolna akcija je zaustavljena prerano ili se primenjuje predugo.

Bezbednost može biti ugrožena i kada je zahtevana kontrolna akcija obezbeđena, ali se ne poštuje, što će se koristiti pri utvrđivanju uzročnih faktora.

Nebezbedne kontrolne akcije za sistem za snabdevanje vodom grada Užica prikazuju se pregledno, u nastavku, u tabelarnom obliku, na osnovu ustanovljene kontrolne strukture

bezbednosti iz prethodnog odeljka. Prva kolona sadrži pojedine kontrolne akcije koje kontroler Operater sprovodi nad fizičkim sistemom. Druge kolone sadrže uslove pod kojima pojedina kontrolna akcija može voditi do opasnosti, uz opasnosti koje može da uzrokuje (zbog mogućnosti sledljivosti i alokacije odgovornosti). Polja u tabeli identifikuju uslove ili kontekst u kojima kontrolna akcija nije bezbedna. Obično postoje neki uslovi (kontekst) pod kojima će kontrolne akcije biti nebezbedne, a cilj ovog koraka je da se takvi uslovi identifikuju. Sprovođenje pojedine operativne akcije (zahvatanje vode iz akumulacije) nije uvek nebezbedno; ono je nebezbedno samo kada se pojedina operativna akcija (zahvatanje vode iz akumulacije) sprovodi van zahtevanih parametara, kada kriterijumi nisu zadovoljeni, itd.

V.5.1 ANALIZA PETLJE OPERATER – FIZIČKI SISTEM

Pažljivom analizom zahteva i rada kontrolera „Operater”, izdvojene su sledeće kontrolne akcije na visokom nivou: (i) CA1: Operativna akcija, (ii) CA2: Održavanje, odnosno akcije održavanja, (iii) CA3: Razvoj, odnosno akcije razvoja, i (iv) CA4: Zaštita, odnosno akcije zaštite, koje se analiziraju u donjoj tabeli, za identifikovane sistemske opasnosti H1 i H2, pri čemu se navodi da je za ostale sistemske opasnosti (H3 do H8) postupak sličan.

Pored toga, analizom povratne sprege moguće je ustanoviti dve obuhvatne: (i) evidentiranje / dokumentovanje / ažuriranje podataka, i (ii) monitoring / nadzor stanja (protoka, pritiska/nivoa, kvaliteta). Kao što će to biti slučaj sa kontrolnim akcijama, i povratne sprege će se detaljisati kako bude vršena dekompozicija sistema, u daljim fazama analize.

Tabela 12. Nebezbedne kontrolne akcije Operatera za sistemsku opasnost H1

Kontroler: OPERATER::FS		H1: SSV ne isporučuje vodu zahtevanog/ugovorenog (p, Q, c)		
Akcija (Uloga)	Akcija potrebna ali nije obezbeđena	Nebezbedna akcija obezbeđena	Pogrešno vreme / Redosled	Zaustavljena prerano / Primenjena predugo
	<i>Ne obezbeđivanje uzrokuje opasnost</i>	<i>Obezbeđivanje uzrokuje opasnost</i>	<i>Pogrešno vreme / Redosled uzrokuje opasnost</i>	<i>Zaustavljena prerano / Primenjena predugo uzrokuje opasnost</i>
Operativna akcija (u dekompoziciji na hijerarhijskom nivou ispod obuhvata: - manipulaciju zatvarača na brani; - vođenje procesa tretmana na PPV; - uključivanje pumpe u SDV)	Operativna akcija za isporuku vode nije obezbeđena kada uslovi u sistemu to zahtevaju (C1.1). Ne-obebeđivanje mera za isporuku redukovano nivoa usluge, u slučaju sistemskog otkaza u isporuci vode ili ekstremnih uslova u okruženju.	Operativna akcija sprovodi se van potrebnih parametara kada uslovi u sistemu i okruženju nisu poznati (npr. za nivo ispod može da se odnosi na to da se ne raspolože karakteristikama i topologijom sistema, rezultatima monitoringa ili odgovarajućim modelom ponašanja sistema).	Operativna akcija ne sprovodi se blagovremeno. (npr. za nivo ispod kašnjenje uključivanje pumpe u SDV) Operativne akcije sprovode se pogrešnim redosledom (npr. za nivo ispod zatvaranje zatvarača, uključivanje pumpe.	Operativna akcija zaustavljena prerano kada uslovi to nisu zadovoljeni (npr. za nivo ispod isključenje pumpe pre nego što se napunio rezervoar, ...).
Održavanje (u ispravnom stanju)	Akcija održavanja (stanja) sistema ne sprovodi se (i) kada je to zahtevano ili (ii) kada je narušeno stanje sistema (npr. za nivo ispod: loše stanje zatvarača na vodozahvatu, loše stanje vodovodne mreže).	Neodgovarajuća aktivnost održavanja sistema van potrebnih parametara (npr. za nivo ispod: zamena filter ispune na PPV neadekvatnom).	Akcija održavanja (stanja) sistema ne sprovodi se blagovremeno, tj. (i) kada je zahtevano (propisano, predviđeno), (ii) pri stanju otkaza.	Akcija održavanja primenjuje se predugo kada je sistem u havarijskom stanju (npr. za nivo ispod: trajanje popravke defekta, ...)
Razvoj (odnosi se na planiranje, projektovanje, izgradnju)	Ne obebeđivanje planova za razvoj odgovarajućih kapaciteta sistema kada raste zahtev za vodom.	Razvoj sistema predviđen ali ne u odgovarajućem obimu (kapacitetu) kada raste zahtev za vodom. Razvoj sistema ne obavlja se u skladu sa potrebnim uslovima (zakonskim, regulatornim, tehničkim).	Razvoj sistema predviđen ali ne blagovremeno kada prostor treba da se rezerviše (brani od zauzimanja).	-
Zaštita	Zaštita sistema nije obezbeđena kada može da bude ugrožena isporuka vode (C1.5) (npr. za nivo ispod: ugrožavanje kapaciteta resursa, prevelikog zahteva korisnika, ...).	-	Zaštita sistema ne sprovodi se blagovremeno kada sistem može da bude ugrožen.	-

Tabela 13. Nebezbedne kontrolne akcije Operatera za sistemsku opasnost H2

Kontroler: OPERATER::FS	H2: SSV isporučuje vodu koja ne odgovara zahtevima kvaliteta (K) vode za piće			
Akcija (Uloga)	Akcija potrebna ali nije obezbeđena	Nebezbedna akcija obezbeđena	Pogrešno vreme / Redosled	Zaustavljena prerano / Primenjena predugo
	<i>Ne obezbeđivanje uzrokuje opasnost</i>	<i>Obezbeđivanje uzrokuje opasnost</i>	<i>Pogrešno vreme / Redosled uzrokuje opasnost</i>	<i>Zaustavljena prerano / Primenjena predugo uzrokuje opasnost</i>
<p>Operativna akcija</p> <p>(u dekompoziciji na hijerarhijskom nivou ispod obuhvata: - manipulaciju zatvarača na brani; - vođenje procesa tretmana na PPV; - uključivanje pumpe u SDV)</p>	<p>Operativna akcija za odgovarajući tretman kvaliteta vode nije obezbeđena kada parametri kvaliteta vode to zahtevaju (npr. za nivo ispod: kvalitet sirove vode van projektovanog, pojedini tehnološki postupak).</p> <p>Ne-obezbeđivanje mera za očuvanje javnog zdravlja radi smanjenja ozbiljnosti posledica izlaganja, ukoliko se isporučuje voda koja ne odgovara kvalitetu vodi za piće.</p>	<p>Operativne akcije se ne vode na podesan način kada se menja kvalitet ulaznog resursa (npr. za nivo ispod: vođenje procesa - priprema i doziranje hemikalija, mešanje i vreme reakcije; ne-stručnost izvršilaca).</p> <p>Operativna akcija koja dovodi do narušavanja kvaliteta vode (npr. za nivo ispod: prekomerno zahvatanje vode iz akumulacije, neodg. upravljanje ribljim fondom, prekomerno rezidualno hlorisanje).</p> <p>Operativna akcija sprovodi se van potrebnih parametara kada uslovi u sistemu i okruženju nisu poznati (npr. za nivo ispod: ne raspolaže se rezultatima monitoringa procesa, ne raspolaže se odg. modelom ponašanja sistema, ...).</p>	-	<p>Operativna akcija tretmana kvaliteta vode neodgovarajućeg trajanja, pre-kratka/pre-duga (npr. za nivo ispod: kratko trajanje koagulacije, ...).</p>
Održavanje	<p>Akcija održavanja (stanja) sistema ne sprovodi se (i) kada je to zahtevano ili (ii) kada je narušeno stanje sistema</p>	<p>Neodgovarajuća aktivnost održavanja sistema van potrebnih parametara (npr. za nivo ispod: filterska ispuna neodg. granulacije, ...).</p> <p>Akcija održavanja kojom se generiše zagađenje (npr. za nivo ispod: regenerisanje bunara uz unos zagađenja, opravka kvara cevi uz unos zagađenja, ...).</p>	<p>Akcija održavanja (stanja) sistema ne sprovodi se blagovremeno, tj. (i) kada je zahtevano (propisano, predviđeno) ili (ii) u stanju otkaza</p>	<p>Akcija održavanja primenjuje se predugo kada je sistem u havarijskom stanju (npr. za nivo ispod: dugo trajanje popravke defekta, ...).</p>

Razvoj	Ne obezbeđivanje adekvatnih planova za unapređenje tehnologije prečišćavanja kada se narušava ulazni / projektovani kvalitet vode.	Unapređenje tehnologije prečišćavanja vode predviđeno ali ne sa odgovarajućim performansama kada se narušava kvalitet vode. Razvoj sistema ne obavlja se u skladu sa potrebnim uslovima (zakonskim, regulatornim, tehničkim) u vezi sa kvalitetom vode.	Unapređenje tehnologije prečišćavanja vode nije predviđeno blagovremeno kada se narušava kvalitet vode.	-
Zaštita	Ne-obebeđivanje zaštite vode od zagađivanja, posebno od narušavanja kvaliteta voda van projektovanog kada kvalitet voda može biti ugrožen (npr. za nivo ispod: okolina, urbanizacija, zagađivači, unutrašnji procesi, ...).		Obezbeđivanje zaštite voda neblagovremeno kada kvalitet voda može biti ugrožen.	-

Utvrđeni uslovi u tabelu sada mogu da se prevedu u bezbednosna ograničenja / zahteve za pojedine komponente. Na primer, deo bezbednosnih ograničenja koja Operater sistema mora da sprovede data su u tabelama 14 i 15:

Tabela 14. Bezbednosna ograničenja za Operatera iz sistemske opasnosti H1

#	Bezbednosna ograničenja za Operatera iz sistemske opasnosti H1
SC-H1-OP.01	Operater mora da obezbedi operativnu akciju kada uslovi to zahtevaju
SC-H1-OP.02	Operater mora da pruži redukovani nivo usluge, u slučaju sistemskog otkaza u isporuci vode ili ekstremnih uslova u okruženju
SC-H1-OP.03	Operater mora da obezbedi kontrolnu akciju održavanja (stanja) sistema (i) kada je to zahtevano ili (ii) kada je narušeno stanje sistema
SC-H1-OP.04	Operater mora da obezbedi planove za razvoj odgovarajućih kapaciteta sistema kada raste zahtev za vodom
SC-H1-OP.05	Operater mora da obezbedi zaštitu kada sistem može da bude ugrožen
SC-H1-OP.06	Operater ne sme da sprovodi operativnu akciju van potrebnih parametara kada uslovi u sistemu i okruženju nisu poznati
SC-H1-OP.07	Operater ne sme da sprovodi neodgovarajuću aktivnost održavanja sistema van potrebnih parametara
SC-H1-OP.08	Operater mora da obezbedi razvoj sistema u odgovarajućem obimu (kapacitetu) kada raste zahtev za vodom
SC-H1-OP.09	Operater mora da razvoj sistema obavlja se u skladu sa potrebnim uslovima (zakonskim, regulatornim, tehničkim)
SC-H1-OP.10	Operater mora da operativnu akciju sprovodi blagovremeno
SC-H1-OP.11	Operater ne sme da operativnu akciju sprovodi pogrešnim redosledom
SC-H1-OP.12	Operater mora da akciju održavanja (stanja) sistema sprovodi blagovremeno, tj. (i) kada je zahtevano (propisano, predviđeno), (ii) pri stanju otkaza
SC-H1-OP.13	Operater mora da predvidi blagovremeno kada prostor treba da se rezerviše (brani od zauzimanja)
SC-H1-OP.14	Operater mora da zaštitu sistema sprovodi blagovremeno kada sistem može da bude ugrožen
SC-H1-OP.15	Operater ne sme da operativnu akciju zaustavi prerano kada uslovi za to nisu zadovoljeni
SC-H1-OP.16	Operater ne sme da akciju održavanja primenjuje predugo kada je sistem u havarijskom stanju

Tabela 15. Bezbednosna ograničenja za Operatera iz sistemske opasnosti H2

#	Bezbednosna ograničenja za Operatera iz sistemske opasnosti H2
SC-H2-OP.01	Operater mora da obezbedi odgovarajući tretman kvaliteta vode kada parametri kvaliteta vode to zahtevaju
SC-H2-OP.02	Operater mora da obezbedi mere za očuvanje javnog zdravlja radi smanjenja ozbiljnosti posledica izlaganja, ukoliko se isporučuje voda koja ne odgovara kvalitetu VZP
SC-H2-OP.03	Operater mora da obezbedi kontrolnu akciju održavanja (stanja) sistema (i) kada je to zahtevano ili (ii) kada je narušeno stanje sistema

SC-H2-OP.04	Operater mora da obezbedi adekvatne planove za unapređenje tehnologije prečišćavanja kada se narušava kvalitet vode
SC-H2-OP.05	Operater mora da obezbedi zaštitu vode od zagađivanja (unutrašnjeg i spoljašnjeg), posebno od narušavanja kvaliteta voda van projektovanog kada kvalitet vode može biti ugrožen
SC-H2-OP.06	Operater mora da operativne akcije sprovodi na podesan način kada se menja kvalitet ulaznog resursa
SC-H2-OP.07	Operater ne sme da sprovodi operativnu akciju koja dovodi do narušavanja kvaliteta vode
SC-H2-OP.08	Operater ne sme da sprovodi operativnu akciju van potrebnih parametara kada uslovi u sistemu i okruženju nisu poznati
SC-H2-OP.09	Operater ne sme da sprovodi neodgovarajuću aktivnost održavanja sistema van potrebnih parametara
SC-H2-OP.10	Operater ne sme da sprovodi akciju održavanja kojom se generiše zagađenje vode
SC-H2-OP.11	Operater mora da predvidi unapređenje tehnologije prečišćavanja vode sa odgovarajućim performansama kada se narušava kvalitet vode
SC-H2-OP.12	Operater mora da razvoj sistema obavlja se u skladu sa potrebnim uslovima (zakonskim, regulatornim, tehničkim) u vezi sa kvalitetom
SC-H2-OP.13	Operater mora da akciju održavanja (stanja) sistema sprovodi se blagovremeno, tj. (i) kada je zahtevano (propisano, predviđeno) ili (ii) u stanju otkaza
SC-H2-OP.14	Unapređenje tehnologije prečišćavanja vode nije predviđeno blagovremeno kada se narušava kvalitet vode
SC-H2-OP.15	Operater mora da obezbedi zaštitu voda blagovremeno kada kvalitet voda može biti ugrožen
SC-H2-OP.16	Operater mora da obezbedi da operativna akcija tretmana kvaliteta vode bude odgovarajućeg trajanja
SC-H2-OP.17	Operater mora da obezbedi da se akcija održavanja ne primenjuje predugo kada je sistem u havarijskom stanju

Do sada, iako još na samom početku analize, naveden je impresivan broj stavki koje mogu da utiču na sistem i koje se moraju uzeti u obzir pri sagledavanju rizika, odnosno koje mogu da utiču na bezbednost sistema.

Bezbednost nije nešto što je odvojeno od funkcionisanja sistema. Na ovaj način, bezbednost, kao vrsta opozita riziku, ne predstavlja kozmetički ili administrativni dodatak analizi sistema, već se suštinski ugrađuje u sam sistem: (i) u sve aktivnosti koje pojedini akter sprovodi (kontrolne akcije), i zatim (ii) alocira pojedinim kontrolerima – komponentama sistema.

Bezbednosno ograničenje / zahtev visokog nivoa SC: Operativna akcija nije obezbeđena/ predviđena kada uslovi to zahtevaju, koje je izvedeno iz opasnosti H1: Isporuka vode manja od zahteva, sada je postalo detaljnije i alocirano je na komponentu sistema, čime je utvrđena uloga i odgovornost te komponente. U nastavku postupka se će razraditi i dodati dodatni bezbednosni zahtevi za komponente. Pored toga, kako se odvija proces

dizajna i donose se detaljnije odluke o dizajnu, postupak će se koristiti za stvaranje još detaljnijih zahteva.

U ovom koraku, kako je pokazano, analizira se nebezbedno ponašanje (u smislu nebezbednih kontrolnih akcija) sistema, a utvrđena bezbednosna ograničenja treba ugraditi u sistem, u svim fazama njegovog životnog ciklusa. Potencijalni uzroci takvog ponašanja, kao na primer fizički otkazi, ljudske greške, greške u projektovanju ili manjkavi zahtevi, ovde nisu razmatrani, a deo su narednog metodološkog koraka.

V.5.2 ANALIZA OSTALIH PETLJI

Petlja JLS - Operater

Dodavanje Analizom zahteva i rada kontrolera JLS (Grad Užice) naspram Operatera sistema, mogu se izdvojiti sledeće kontrolne akcije na visokom nivou:

- (i) propisivanje pravila, mera, uslova, zahteva,
- (ii) davanje saglasnosti,
- (iii) postavljanje Poslovodstva.

koje kasnije mogu da se razlože na:

- propisivanje mera za korišćenje prostora (sistem uslova, saglasnosti i dozvola),
- propisivanje mera očuvanja i korišćenja izvorišta (putem Odluke o određivanju zona sanitarne zaštite),
- propisivanje uslova, obima, kvaliteta, i načina (prava i obaveze) obavljanja komunalne usluge,
- davanje saglasnosti na odluku o promeni cene,
- postavljanje Poslovodstva Operatera,
- odobravanje planova / izveštaja o radu Operatera.

Analizom povratne sprege moguće je ustanoviti sledeće stavke:

- učešće u proceduri za sistem uslova, saglasnosti i dozvola),
- izveštaj o obavljanju komunalne delatnosti,
- nadzor prema Zakonu o komunalnim delatnostima,
- zahtev za saglasnost na cenu komunalne usluge.

Petlja JLS – Fizički sistem

Analizom zahteva i rada kontrolera JLS (Grad Užice) naspram Fizičkog sistema, mogu se izdvojiti sledeće kontrolne akcije na visokom nivou:

- (i) propisivanje pravila, mera, uslova, zahteva,
- (ii) upravljanje prirodnim resursima,
- (iii) upravljanje vodnim objektima.

koje kasnije mogu da se razlože na:

- propisivanje mera za korišćenje prostora (sistem uslova, saglasnosti i dozvola),
- propisivanje mera očuvanja i korišćenja izvorišta (putem unošenja odredbi Rešenja u lokalne planove),
- propisivanje i sprovođenje Plana i Programa za upravljanje prirodnim resursim,
- propisivanje Programa monitoringa životne sredine u JLS, usklađenog sa Programom RS,
- propisivanje i sprovođenje mera za odbranu od štetnog dejstva voda,
- upravljanje vodnim objektima II reda,
- upravljanje objektima za odbranu od štetnog dejstva voda.

Analizom povratne sprege moguće je ustanoviti sledeće stavke:

- sprovođenje Programa monitoringa životne sredine u JLS, usklađenog sa Programom Republike Srbije,
- kontinualni monitoring životne sredine (uključujući vodu).

Petlja Državna uprava sa javnim institucijama - Operater

Analizom zahteva i rada kontrolera Državna uprava naspram Operatera, mogu se izdvojiti sledeće kontrolne akcije na visokom nivou:

- (i) propisivanje pravila, mera, uslova, zahteva, ograničenja, licenci,
- (ii) nalaganje sprovođenja mera.

koje kasnije mogu da se razlože na:

- propisivanje ograničenja za sprečavanje zagađivanja,
- propisivanje mera za korišćenje prostora (sistem uslova, saglasnosti i dozvola),
- propisivanje mera za korišćenje vodnih tela (sistem vodnih akata),
- propisivanje ograničenja, mera očuvanja i korišćenja izvorišta (putem Rešenja o zonama sanitarne zaštite),
- nalaganje sprovođenja propisanih mera,
- propisivanje uslova i izdavanje licence za snabdevanje vodom za piće.

Analizom povratne sprege moguće je ustanoviti sledeće stavke:

- učešće u proceduri za sistem uslova, saglasnosti i dozvola,
- nadzor nad sprovođenjem propisa,
- praćenje pokazatelja komunalne usluge,
- nadzor usklađenosti Programa upravljanja.

Petlja Državna uprava sa javnim institucijama - JLS

Analizom zahteva i rada kontrolera Državne uprave naspram Jedinice lokalne samouprave, mogu se izdvojiti sledeće kontrolne akcije na visokom nivou:

- (i) propisivanje merila,
- (ii) donošenje Rešenja,
- (iii) davanje saglasnosti,
- (iv) nalaganje sprovođenja mera.

koje kasnije mogu da se razlože na:

- propisivanje merila za vršenje komunalne usluge,
- propisivanje merila za zaštitu erozionih područja,
- donošenje Rešenja o određivanju zona sanitarne zaštite izvorišta,
- davanje saglasnosti na određivanje statusa ugrožene životne sredine.

Analizom povratne sprege moguće je ustanoviti sledeće stavke:

- izveštaji o stanju životne sredine,
- zahtev za određivanje statusa ugrožene životne sredine,
- zahtev za donošenje rešenja o određivanju zona sanitarne zaštite izvorišta,
- izveštaj o obavljanju komunalne delatnosti.

Petlja Državna uprava sa javnim institucijama – Fizički sistem

Analizom zahteva i rada kontrolera Državne uprave naspram Fizičkog sistema, mogu se izdvojiti sledeće kontrolne akcije na visokom nivou:

- (i) propisivanje pravila, mera, uslova, zahteva,
- (ii) upravljanje prirodnim resursima,
- (iii) upravljanje vodnim objektima.

koje kasnije mogu da se razlože na:

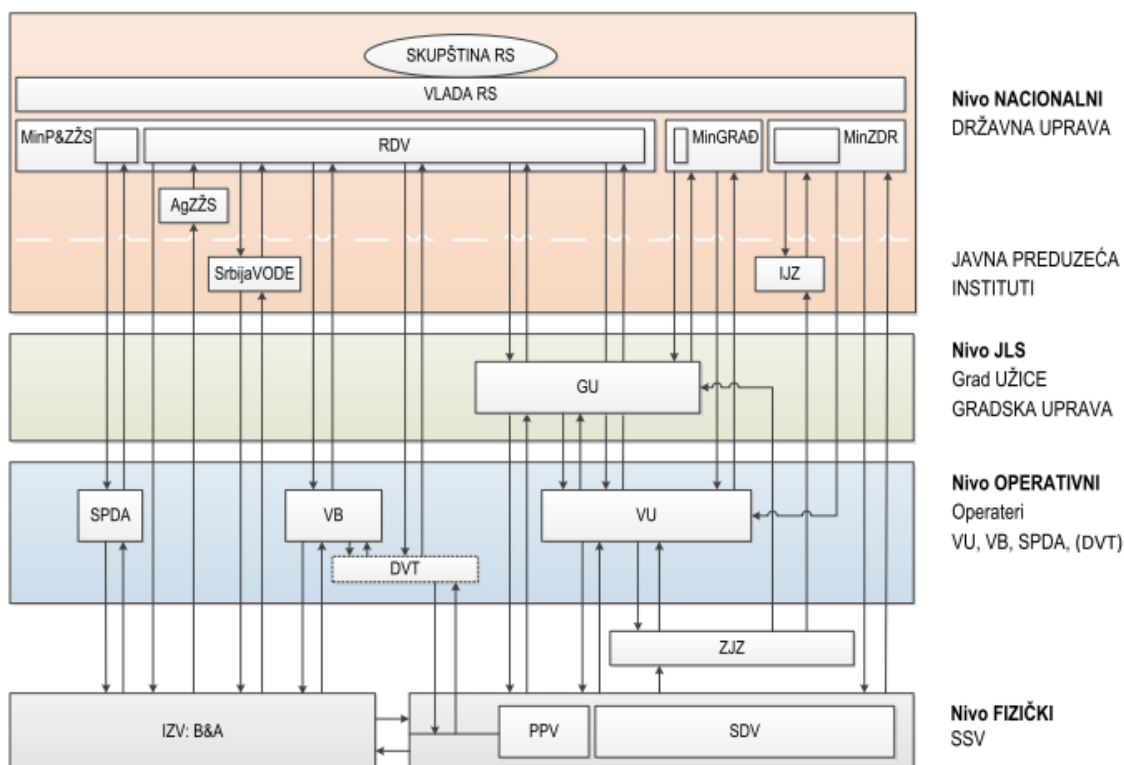
- propisivanje mera za korišćenje prostora (sistem uslova, saglasnosti i dozvola),
- propisivanje mera očuvanja i korišćenja izvorišta,
- propisivanje i sprovođenje Plana i Programa za upravljanje prirodnim resursim,
- propisivanje Programa monitoringa životne sredine,
- upravljanje vodnim objektima I reda i branama sa akumulacijama.

Analizom povratne sprege moguće je ustanoviti sledeće stavke:

- identifikacija vodnih tela ($10 \text{ m}^3/\text{dan}$ ili više od 50 stanovnika) i vođenje odgovarajućeg registra,
- vođenje registra zaštićenih oblasti,
- sprovođenje godišnjeg programa monitoringa,
- monitoring statusa izvorišta,
- kontinualni monitoring količine i kvaliteta vode na izvorištu (za tela 10/50),
- monitoring štetnog dejstva voda,
- praćenje zdravstvenih problema i rizika po zdravlje.

V.5.3 DEKOMPOZICIJA NIVOA

Nakon analize kontrolne strukture visokog nivoa, prikazana analiza nebezbednih kontrolnih akcija nastavlja se dekompozicijom pojedinih nivoa. Nakon primenjene analize na fizički sistem, kao celinu, sistem za snabdevanje vodom može da se razloži na izvorište (branu sa akumulacijom), postojenje za prečišćavanje i sistem za distribuciju vode.



Slika 56. Detaljnija funkcionalna kontrolna struktura snabdevanja vodom u Užicu

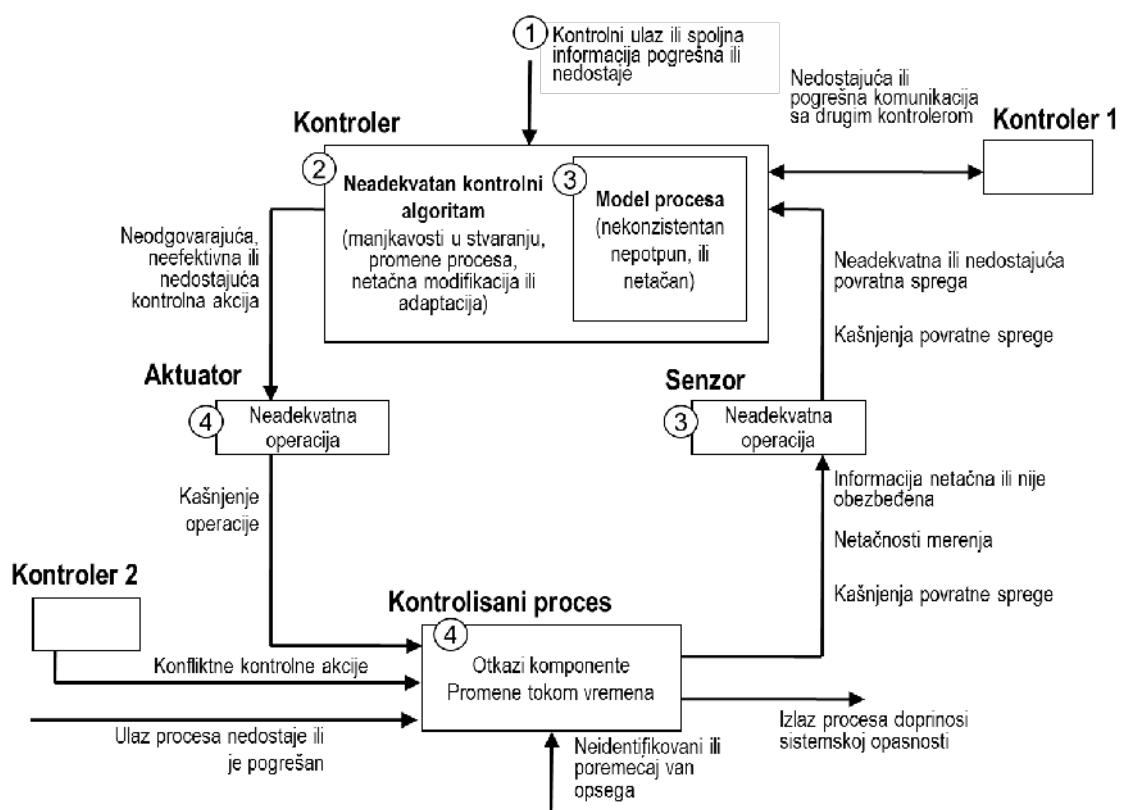
Na principima AH sada je moguće detaljnije precizirati i kontrolne akcije, te se umesto na primer. opšte operativne akcije za navedene podsisteme sada mogu specificirati sledeće: (i) manipulacija zatvarača na evakuacionim organima brane, (ii) vođenje procesa tretmana na postrojenju za prečišćavanje, i (iii) uključivanje /isključivanje pumpi na sistemu za distribuciju vode, i na njima analizirati nebezbedne kontrolne akcije. U ovoj fazi, analiziraju se navedene kontrolne akcije i utvrđuju uslovi (konteksti) kada mogu da budu nebezbedne.

Razlaganje nacionalnog nivoa podrazumeva navođenje Skupštine, Vlade, brojnih Ministarstava sa nadležnošću u predmetnoj oblasti, Agencije za zaštitu životne sredine, i drugih, ali i javnih preduzeća, instituta i zavoda, poput Srbijavoda, Instituta za javno zdravlje, Zavoda za javno zdravlje Užice, itd. Dekompozicija sistema može da se vrši do nivoa do kog je to razumno i odgovara svrsi analize.

Sumirajući ovo poglavlje, ponavlja se da je svrha ovde predstavljene analize utvrđivanje bezbednosnih ograničenja (zahteva) koje je potrebno ugraditi, kako u sam razvoj sistema (osmišljavanje, projektovanje, izvođenje), tako i tokom funkcionisanja i održavanja vodovodnog sistema grada Užica.

V.6 Utvrđivanje uzroka nebezbedne kontrole

U ovom koraku ispitaće se mogući uzroci nebezbednog ponašanja sistema. Korak uključuje ispitivanje kontrolne petlje, tj. kontrolera i veza u petlji, radi utvrđivanja uzročnih faktora, odnosno načina, odnosno scenarija, kako bi moglo da dođe do nebezbedne kontrole. Na slici 57 prikazuju se stavke koje mogu postati manjkave u kontrolnoj petlji. Identifikacija potencijalnih uzroka nebezbedne kontrole sprovodi se ujedno i kroz utvrđivanje scenarija koja vode do nebezbedne kontrole. Ovo je faza u kojoj se vrši identifikacija dodatnih bezbednosnih zahteva, i za kontrolera i za celokupan sistem, u odnosu na zahteve/ograničenja utvrđene u prethodnom koraku.



Slika 57. Shema kontrolne petlje sa elementima za utvrđivanje uzročnih faktora (prema Leveson, 2011)

U ovom koraku metodologije, prema tome, ispituju se redom svi identifikovani uslovi (konteksti) nebezbednih kontrolnih akcija određeni prethodnim korakom, radi pronalaženja scenarija koja mogu da dovedu do:

1. nebezbedne kontrolne akcije,
2. zahtevane (bezbedne) kontrolne akcije koja je data, ali nije izvršena.

Uzrok nastanka nebezbedne kontrole akcije obično se nalazi na desnoj strani petlje, dok se uzrok ne izvršenja kontrolne akcije ili ne adekvatnog izvršenja nalazi na levoj strani. Potencijalni uzroci takvog ponašanja mogu biti fizički otkazi, ljudske greške, greške u projektu ili manjkavi zahtevi.

Identifikovana scenarija koriste se za identifikaciju potrebnih kontrola za zaštitu sistema od takvih scenarija. Pri tome, cilj je ne samo da se nađu otkazi ili neadekvatno funkcionisanje pojedinih komponenti u kontrolnoj petlji, već i da se pronađu scenarija i kombinacije problema koji bi mogli dovesti do nebezbedne kontrole. Proces bi trebalo da počne sa nebezbednim kontrolnim akcijama i utvrđivanjem kako bi mogle da se dogode, ali i kako akcije zahtevane za bezbednost mogu da se ne sprovode pravilno. Greške se često javljaju zbog pogrešnog modela procesa, tako da je potrebno da se razmotri i zašto model procesa može biti netačan. Saznanja do kojih se došlo na ovaj način predstavljaju zahteve koje je potrebno postaviti:

- pred planere i projektante; radi uključivanja u tehničku specifikaciju sistema u cilju eliminisanja ili ublažavanja potencijalnih uzroka opasnosti, u fazi razvoja sistema, ili
- pred menadžere i operatere; radi unapređenja rukovodnih i operativnih procedura.

Na ovom mestu u dalji postupak se mogu uključiti pojedini ključni elementi AM koncepta, kao što su životni ciklus sredstava (viđen i kroz faze životnog ciklusa i vek trajanja sredstava), postojeće stanje elemenata sistema (funkcije, performanse i stanja) i drugo. Ciljevi sistema već su obuhvaćeni posredno putem definisanja sistemskih nesreća i opasnosti, a takođe i planovi organizacije (na karakterističnim vremenskim horizontima) i interesne strane (svaka sa svojom ulogom).

Kao prvi primer, u tabeli 16 prikazaće se jedan segment analize uzroka generisanja nebezbednih kontrolnih akcija kroz razmatranje stanja identifikovnog za kontrolnu akciju visokog nivoa CA.1: „Operativna akcija” koja se ispitala na opasnost H1: „Isporuka vode manja od zahteva”. To stanje (kontekst) glasi: SC-H1-OP.01 „Operativna akcija isporuke vode nije obezbeđena / predviđena kada uslovi to zahtevaju”, iz tabele 12.

Tabela 16. Pojedini uzroci generisanja nebezbednih kontrolnih akcija za stanje SC-HI-OP.01

Scenario	Povezani Uzročni Faktori	Objašnjenje / Napomene	Bezbednosno ograničenje	Dodeljeno
Manjkavost modela procesa				
Operater ne misli (nema saznanja) da treba da izvrši kontrolnu akciju u vezi isporuke vode i zato je ne izvršava.	Operater misli da raspolaže potrebnim informacijama o sistemu (osobine i konfiguracije komponenti / sistema) ali je stanje drugačije; njegovo shvatanje sistema razlikuje se od stvarnog sistema (#1).	Za dalje razlaganje sistema, ovo će se ticati podataka o brani sa akumulacijom Vrutci, PPV „Ceroviča brdo“, i SDV (uključujući crpne stanice, rezervoare, vodovodnu mrežu) i korisnike sistema.	Raspolaganje potrebnim informacijama o sistemu (osobine i konfiguracije komponenti); Ustojiti GIS sistem za beleženje informacija.	Operater; u detaljnijoj strukturi VB, VU
	Operater ne raspolaže potrebnim informacijama o statusu, stanju i učinku sistema, na osnovu kojih bi se kontrolna akcija zahtevala.	Za dalje razlaganje sistema ovo će se ticati podataka o nivou akumulacije, nivoima u pojedinim procesnim fazama na PPV, protocima, pritiscima i potrošnji vode u SDV, i stanju sredstava.	Raspolaganje potrebnim informacijama o statusu, stanju i učinku sistema; Ustojiti sistem za beleženje informacija o statusu, stanju komponenti.	Operater; u detaljnijoj strukturi VB, SV, VU
	Operater ne poseduje informacije o promenama u sistemu.	Za dalje razlaganje ovo će se ticati npr. informacija o novom korisniku hidropotencijala akumulacije, koji može da remeti planirani režim rada.	Posedovanje informacija o promenama u sistemu.	Operater; u detaljnijoj strukturi VB, VU, DVT.
	Manjkavost zahteva koje se postavljaju pred operatera o neophodnosti posedovanja informacija o sistemu i stanju u sistemu.	U pojedinim državama, gornji nivoi kontrolne strukture regulatornim propisima obavezuju Operatere da poseduju odgovarajuće informacije o sredstvima koje poseduju i kojima upravljaju.	Zahtev za posedovanje informacija o sistemu i stanju u sistemu.	Gornji nivo kontrolne strukture; u detaljnijoj strukturi Ministarstvo.
	Operater ne tumači stanje u sistemu na odgovarajuću način.		Zahtev za stručnim kapacitetima radi mogućnosti odgovarajućeg tumačenja stanja u sistemu.	Operater; Gornji nivo kontrolne strukture, kroz zahtev za licenciranje operatera.
...				

Scenario	Povezani Uzročni Faktori	Objašnjenje / Napomene	Bezbednosno ograničenje	Dodeljeno
Manjkavost kontrolnog algoritma				
Operativna akcija za isporuku vode nije predviđena kontrolnim algoritmom operatera.	Akcija se ne preduzima zato što propisani kontrolni algoritam nije adekvatan (kriterijumi ne postoje ili su pogrešni).	Ovaj uzrok tiče se nepostojanja ili pogrešnih kriterijuma (granični uslovi); pri daljem razlaganju sistema mogu se analizirati kriterijumi za (i) manipulaciju zatvarača na brani, (ii) vođenja procesa na PPV i (iii) uključivanje/isključivanje pumpi u SDV, odnosno detaljnijih akcija u daljoj analizi.	Propisani kontrolni algoritam za isporuku vode mora biti odgovarajući (kriterijumi moraju da postoje i da budu tačni)	Operater; u detaljnijoj strukturi VB, VU, DVT.
	Operater ne raspolaže modelom za simulaciju mogućih stanja sistema ili model nije ažuran.	Ovaj uzrok tiče se prakse da operater na osnovu podataka o procesima u fizičkom sistemu pravi simulacioni model radi donošenja ispravnih odluka; za detaljniju analizu ovo može da se tiče modela akumulacije, vodovodne mreže i dr.	Raspolaganje ažurnim modelom za simulaciju mogućih stanja sistema.	Operater; u detaljnijoj strukturi VB, VU.
...				
Neadekvatna ili nedostajuća povratna informacija				
Sistem za generisanje podataka o sistemu i stanju u sistemu nije odgovarajući.	Sistem za beleženje informacija o osobinama i konfiguraciji komponenti / sistema (GIS/AM) nije potpuno funkcionalan i ažuran.	Služba za Tehničku dokumentaciju / GIS / AM je obično nosilac ove funkcije.	Sistem za beleženje informacija o osobinama i konfiguraciji komponenti (GIS/AM) mora biti funkcionalan i ažuran.	...
Neodgovarajući ili nedostajući podaci o proticajima / nivoima.	Merenja proticaja/pritisaka/nivoa nisu obezbeđena.		Merenja proticaja/pritisaka/nivoa moraju biti obezbeđena	...
	Merni instrumenti postavljeni na neodgovarajućim lokacijama, merenja netačna od početka.		Merni uređaji se moraju postaviti na odgovarajućim mestima u sistemu.	...
	Merenja netačna zbog izostanka periodične kalibracije.		Merni uređaji se moraju periodično kalibrisati.	...
	Rezolucija merenja neodgovarajuća.		Rezolucija merenja mora da odgovara prirodni procesa koji se prati.	...
	Merenja obezbeđena, ali blagovremeno ne dolazi do kontrolera zbog manipulacije sa podacima ili greške u prenosu signala.		Manipulacija merenim podacima mora biti odgovarajuća radi sprečavanja kvarenja podataka.	...
...				

Kao drugi primer, u tabeli 17 prikazaće se segment analize stanja identifikovnog za kontrolnu akciju visokog nivoa CA.1: „Operativna akcija” koja se ispitala na opasnost H2: „Neodgovarajući kvalitet isporučene vode”. To stanje glasi: SC-H2-OP.01 „Operativna akcija za odgovarajući tretman kvaliteta vode nije obezbeđena kada parametri kvaliteta vode to zahtevaju”, iz tabele 13.

Tabela 17. Pojedini uzroci generisanja nebezbednih kontrolnih akcija za stanje SC-H2-OP.01

Scenario	Povezani Uzročni Faktori	Objašnjenje / Napomene	Bezbednosno ograničenje	Dodeljeno
Manjkavost modela procesa				
Operater misli da je obezbedio potreban nivo tretmana kvaliteta vode.	Nedostatak zahteva da operater prepozna granice svog sistema.	Pre svega, reč je o nedostatku zahteva gornjih kontrolnih struktura da razreše nadležnost nad akumulacijom Vrutci. Pored toga, ovde je reč o konfliktnim kontrolerima (VU i SV) kada 2 kontrolera mogu da imaju nadležnost, i kao rezultat niko ne nema nadležnost.	Zahtev za utvrđivanje granica sistema i odgovornosti nad tim granicama.	Gornji nivo kontrolne strukture; u detaljnijoj strukturi Ministarstvo.
	Operater ne misli da treba da raspolaže potrebnim informacijama o kvalitetu vode u akumulaciji, na osnovu kojih bi se zahtevala kontrolna akcija (#2).	Za dalje razlaganje sistema ovo će se ticati nedostatka informacija o kvalitetu vode u akumulaciji; RS sprovodi monitoring statusa voda koji predstavlja indikaciju promene kvaliteta vode u akumulaciji Vrutci.	Posedovanje informacija o kvalitetu vode u sistemu.	Operater; u detaljnijoj strukturi VB, VU
	Operater poseduje pojedine informacije o kvalitetu vode u sistemu, ali ih ne interpretira na odgovarajući način, i ne koristi za modifikaciju svog modela procesa.	Za dalje razlaganje sistema ovo će se ticati nedostatka informacija o promenama u akumulaciji; RS sprovodi monitoring statusa voda - podaci su javno raspoloživi, ali ih niko ne interpretira na odgovarajući način	Informacije o promenama kvaliteta vode u sistemu se moraju interpretirati na odgovarajući način.	Operater; u detaljnijoj strukturi JLS GU, VU.
	Operater ne misli da treba da poseduje informacije o promenama u sistemu.	Za dalje razlaganje ovo će se ticati npr. informacija o: (i) korisniku hidropotencijala akumulacije DVT, i (ii) upravljaču ribljeg fonda akumulacije SPDA, koji mogu da utiču na režim voda akumulacije Vrutci.	Posedovanje informacija o promenama u sistemu.	Operater; u detaljnijoj strukturi VB, VU, DVT.
...				

Scenario	Povezani Uzročni Faktori	Objašnjenje / Napomene	Bezbednosno ograničenje	Dodeljeno
Manjkavost kontrolnog algoritma				
Operativna akcija u vezi kvaliteta vode nije predviđena kontrolnim algoritmom operatera.	Nemogućnost sprovođenja pojedinih projektovanih kontrolnih akcija.	Za dalje razlaganje sistema ovo će se ticati izostavljanja pojedinih procesnih koraka - tehnoloških postupaka (bez korekcije pH, bez pulzacije taložnika, bez odgovarajuće filtracije).	Predviđene kontrolne akcije u vezi kvaliteta vode moraju se sprovoditi	...
	Manjkavost projektovanih kontrolnih akcija u vezi kvaliteta vode.	Za dalje razlaganje sistema ovo će se ticati toga da tretman originalno predviđen za tadašnji kvalitet sirove vode reke Đetinje: 1986 kao II klasa (AV 1986 bila III, 2013 III/IV), (ne za pretpostavljeni buduće akumulacije).	Predviđene kontrolne akcije u vezi kvaliteta vode ne smeju da budu manjkave.	...
	Nepostojanje pojedinih kontrolnih akcija zbog promene ulaznog kvaliteta vode.	U kasnijem razlaganju sistema, ovo će se ticati podataka o degradaciji kvaliteta vode u akumulaciji; naime, višegodišnjim praćenjem akumulacije moglo se uočiti degradacija kvaliteta vode koja je zahtevala unapređenje procesa tretmana vode (rekonstrukciju postojećeg ili nadogradnju procesa), što nije sprovedeno.	Kontrolne akcije u vezi kvaliteta vode moraju da prate promene ulaznog kvaliteta vode.	...
Neadekvatna ili nedostajuća povratna informacija				
Neodgovarajući ili nedostajući podaci o kvalitetu vode.	Nije obezbeđena potpuna informacija o kvalitetu vode.	U kasnijem razlaganju sistema, ovo će se ticati podataka u svim delovima sistema, izvoru, PPV i SDV.	Informacije o kvalitetu vode u sistemu moraju biti odgovarajuće.	...
	Netačnost merenja kvaliteta vode usled neodgovarajuće metodologije, netačnih uređaja i dr.	Ovo se tiče analize kvaliteta vode koja nije u saglasnosti sa važećim standardima.	Analiza kvaliteta vode mora da obezbeđuje tačne rezultate merenja.	...
	Ustrojen monitoring kvaliteta koji nije prikladan razmatranom problem.	Predviđen monitoring sa: (i) nedovoljnom rezolucijom / učestanosti merenja, (ii) nedovoljnim obuhvatom (parametri, dubina).	Monitoring kvaliteta vode mora da bude prikladan razmatranom problem.	...
	Monitoring kvaliteta obezbeđen, ali rezultati blagovremeno ne dolaze do kontrolera zbog predviđene / neodgovarajuće manipulacije rezultatima analize.	Akter koji vrši godišnji monitoring tek na početku naredne godine dostavlja rezultate osmatranja za prethodnu godinu, pa se u pojedinim slučajevima ne može reagovati pravovremeno.	Rezultate monitoringa kvaliteta vode dostavljati kontroleru blagovremeno i na odgovarajući način.	...
...				

Kao treći primer, nakon analize visokog nivoa stanja identifikovanog za kontrolnu akciju CA.4: „Zaštita” koja se ispitivala na opasnost H1: „Isporuka vode manja od zahteva”, koje glasi C1.5 „Zaštita sistema nije obezbeđena kada može da bude ugrožena isporuka vode ”, iz tabele 12., pri prelasku na niže nivoe, iterativnom dekompozicijom može se doći do pojedinih mogućih konkretnih pasivnih fizičkih mera zaštite:

- Zaštita integriteta sistema:
 - odgovarajući materijali (za cevovode, rezervoare i ostalo),
 - odgovarajuće veze i sklopovi (za spajanje pojedinih elemenata).
- Tehnička zaštita sistema od prevelike energije:
 - elektro (zaštitne sklopke, katodna zaštita),
 - hidro (vazdušni ventili, vodostani),
 - mehaničke (fizičke zaštite: cevovodi u kasetama, zabrana pristupa).
- Zaštita sistema od prestanka napajanja:
 - električnom energijom (dvostrano napajanje),
 - vodom (prstenasta mreža).
- Zaštita sistema od uslova okruženja:
 - antikorozijska zaštita, zaštitni premazi,
 - od ugrožavanja količina vode kao resursa - medijuma (ograničavanje korišćenja vode iz akumulacije od strane drugih korisnika, limiteri protoka na vodovodnoj mreži, itd.),
 - od nestabilnosti objekata (temeljenje, nadsloj),
 - od visoke temperature (ograničavanjem potrošnje vode).

Pri sprovođenju prikazanih segmenata metodoloških postupaka treba reći da analiza nije strogo jednosmerna - korak po korak, već iterativna, kreativna, u kojoj je potrebno učešće timova stručnjaka, sa iskustvom, ali i obavezno onih „*open-minded*”.

V.7 Uzročna analiza neželjenog događaja

Neželjeni događaj predstavlja rizik koji se ostvario i kao takav je pogodan za „kalibraciju” odnosno proveru i dokazivanje metodologije. Ukoliko metodologija pruži mogućnost obuhvatanja svih zahteva koji stoje pred njom, ona će biti prihvatljiva. Uzročna analiza razmatranog slučaja pokušaće da ponudi nešto drugačije objašnjenje od onih ponuđenih od strane stručne javnosti povodom ovog slučaja. Podsetimo se, ukratko, pre toga, da je „J. Černi” (2015) naveo osnovni opšti zaključak da je „glavni krivac” za novo stanje akumulacije „Vrutci” „starost” akumulacije odnosno povećani značaj internog opterećenja akumulacije usled njene starosti i akumulacije sedimenta u samoj akumulaciji, brojni stručnjaci su za uzrok navodili poremećaj ekološke ravnoteže akumulacije Vrutci, dok je veliki deo javnosti negativno gledao na rad MHE „Vrutci” i „SPDA Ecologic” kao upravljača ribljim fondom.

Već je navedeno da se tradicionalne metode analize rizika uglavnom baziraju na događajima. Obično se traži događaj koji prethodi onom neželjenom, sa negativnim posledicama, a analiza se zaustavlja kada se pronađe najočigledniji (ili najslabiji) „krivac”. Metodologija analize na bazi teorije sistema, predložena ovom disertacijom kao odgovarajuća za analizu rizika vodovodnih sistema, pruža strukturirani okvir za sagledavanje celokupne slike uključenog socio-tehničkog sistema, utvrđivanje uzročnosti neželjenog događaja i obezbeđuje mogućnost ispitivanja kontrolne strukture bezbednosti. Snaga metodologije je u pružanju uvida u razmatrani sistem, u manjkavost kontrolne strukture bezbednosti, i kao takva daje odgovor i na pitanje: Kako sistem može da bude bezbedniji? Kao takva metodologija može da se svrsta u tehnike inženjeringa izdržljivosti.

Za razliku od tradicionalnih linearnih uzročno-posledičnih modela, neželjeni događaj uključuje složene odnose i procese, a ne samo događaje koji neposredno prethode tom događaju. Ovi procesi dokumentuju se pregledom (i) socio-tehničke kontrolne strukture bezbednosti za razmatrani sistem i (ii) bezbednosnih ograničenja na svakom nivou ove kontrolne strukture. Na ovaj način, na svetlost dana se iznose i mnogi ključni podaci koji su do tada bili skriveni, i koje druge analize nisu uzele u razmatranje.

Metodologija uzročne analize nastavlja se na prethodne korake: (1) identifikovanje sistemskih opasnosti, (2) identifikovanje sistemskih bezbednosnih ograničenja i odgovarajućih sistemskih zahteva i (3) dokumentovanje postojeće bezbednosne kontrolne strukture, uključujući uloge i odgovornosti i kontrolne akcije.

Dalji koraci su kako slede.

V.7.1 DOGAĐAJI KOJI NEPOSREDNO PRETHODE NEŽELJENOM

Čitava hronologija i razvoj događaja navedeni su u odeljku V.2. Neposredni događaji koji vode do neželjenih posledica ne bi trebalo da budu pogrešno shvaćeni kao lancidogađaja koji se koriste za objašnjavanje uzročnosti, već da se fizički proces koji neposredno prethodi neželjenom događaju može razumeti.

Za neposredne događaje koji su prethodili neželjenom događaju razmatranom ovim primerom mogu se definisati oni od 2010. godine, od puštanja u rad MHE „Vrutci”, što je karakterističan događaj koji je možda doprineo intenziviranju pojedinih procesa u akumulaciji.

V.7.2 POSLEDICE NA NIVOU FIZIČKOG SISTEMA

U ovom koraku analiziraju se posledice na nivou fizičkog sistema. Cilj je da se utvrdi zašto su postojeće fizičke kontrole bile neefikasne u sprečavanju opasnosti i identifikuje doprinos neželjenom događaju svake od navedenih stavki:

- (i) bezbednosni zahtevi i ograničenja,
- (ii) fizičke i operativne kontrole,
- (iii) otkazi i neadekvatne kontrole,
- (iv) disfunkcionalne interakcije, manjakava komunikacija i koordinacija, i
- (v) fizički kontekstualni faktori.

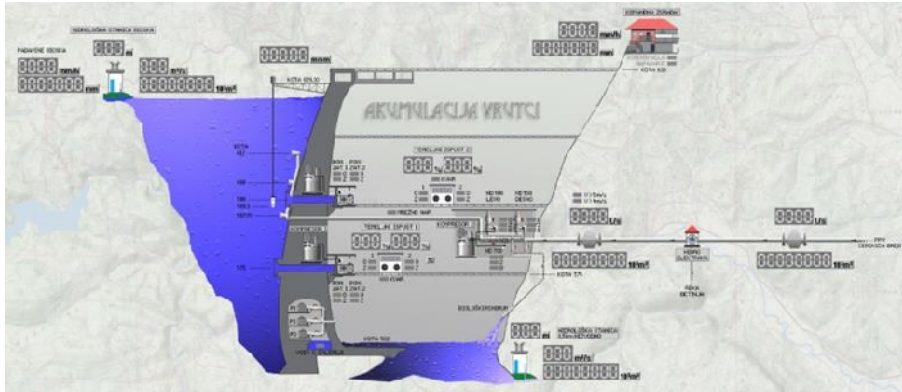
Kontrole se ispituju da bi se odredile one koje ne rade adekvatno i zašto nisu imale zahtevane performanse. Obično istrage neželjenih događaja ovde staju sa analizom ili idu jedan korak više u hijerarhiji sistema da bi se utvrdilo šta su operateri (direktni kontroleri fizičkog procesa) pogrešno uradili.

Za fizički sistem za snabdevanje vodom grada Užica, analizirani su i u nastavku se predstavljaju ključni bezbednosni zahtevi i ograničenja, fizičke i operativne kontrole, otkazi i neadekvatne kontrole, disfunkcionalne interakcije, manjakava komunikacija i koordinacija, i fizički kontekstualni faktori.

- Narušeni bezbednosni zahtevi i ograničenja (ključni)
 - Gravitirajuće otpadne vode moraju da se evakušu na uređeni način;
 - Zagađujuće aktivnosti ne smeju da se odvijaju (poljoprivredne, rekreativne, ribolovačke, itd.);
 - Akumulacijom kao vodenim ekološkim sistemom mora da se upravlja na sveobuhvatan i bezbedan način, po pitanju količina i kvaliteta (snabdevanje vodom, odbrana od poplava, obogaćivanje malih voda, gazdovanje ribljim fondom);
 - Stanja akumulacije Vrutci (kvalitet vode i nivoi) moraju da se prate
 - Tehnologija prečišćavanja vode mora da odgovara kvalitetu vode koji se tretira.
- Fizičke i operativne kontrole
 - Zahvatanje vode na brani;
 - Vođenje procesa tretmana na PPV;
 - Potiskivanje vode u sistem za distribuciju vode.
- Otkazi i neadekvatne kontrole
 - Zagađenje uzvodnog Užičkog potoka otpadnim vodama hotela „Omorika” i drugih objekata na Tari (Kostić, 2014); u naseljima Kremna i Bioska, u neposrednoj blizini reke nalaze se septičke jame i male nesantitarne deponije čvrstog otpada (Milijašević, 2009), sveprisutna je nelegalna gradnja vikendica i seoskih kuća (Ivetić, 2014), poljoprivredne aktivnosti razastiranja stajnjaka na gravitirajućim površinama jezera nisu sprečene;
 - Neizgrađenost u projektovanom obimu (17/25) i zapunjenost anti-erozionih objekata;
 - Voda akumulacije narušenog kvaliteta; značajne koncentracije nutrijenata, visoka koncentracija, gvožđa, mangana, žive i nikla u vodi jezera uz deficit kiseonika (III/IV klasa voda) (RHMZ, AgZŽS, 2007-2012; „J. Černi”, 2015); niska koncentracija azota i visoka koncentracija fosfora koje favorizuju dominaciju cijanobakterijskih vrsta u vodi (Kahru i dr., 2000; Svirčev i dr., 2007);

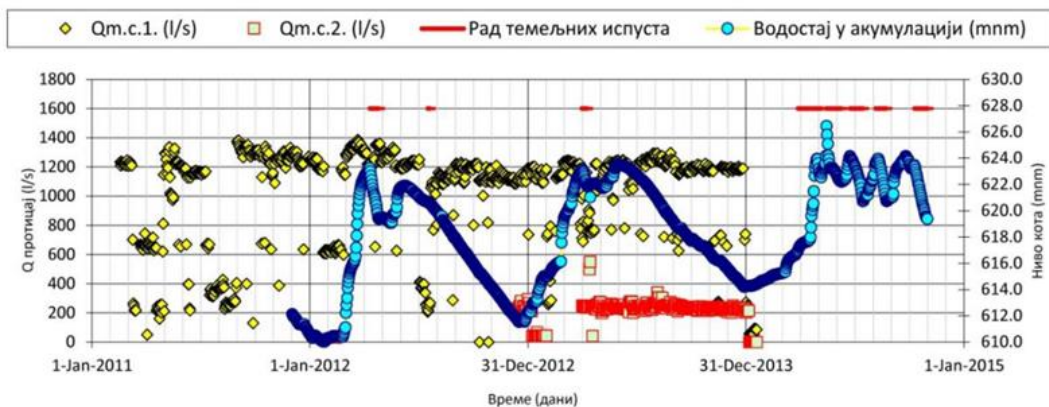
- Tipična salmonidna akumulacija Vrutci poribljena je ciprinidama (Mitrović i dr., 1996); akumulacije koje se koriste za snabdevanje vodom ne bi trebalo da se naseljavaju bentofagnim vrstama kao što su šaran i tolstolobik da bi se izbeglo podizanje mulja koji ima povećan sadržaj organskih materija, a često je i anaeroban, može da sadrži mangan, gvožđe i druge materije nepoželjne za pijaću vodu (Mitrović, 1996). U hladnovodnim oligotrofnim akumulacijama činioci sredine upućuju na ihtiofaunu salmonidnih jezera, dok ciprinidama kao alohtonim vrstama, koje čine 60% ribljeg fonda u akumulaciji Vrutci (Simić i Simić, 2012), svakako nije mesto u akumulaciji za snabdevanje vodom (personalna komunikacija, Marković, 2016);
- Nepostojanje obalskog jezerskog rastinja – makrofita; Ostojčić i dr. (2005) i Pavlović i dr. (2005) ističu značaj makrofitske vegetacije na tokove eutrofizacije u jezeru, i ulogu makrofita u cirkulaciji fosfata, nutrijenata, kao i u biološkoj filtraciji vode, dok Horppila i Nurminen (2005) i Schutten i dr. (2005) navode da mikrofiti redukuju suspenziju sedimenta i proces erozije, koncentraciju anorganskih soli u vodi, a time i eutrofikaciju jezera. Mitrović i dr. (1996) i Chapman (1996) zaključuju da ekstremne fluktuacije nivo vode nekih akumulacija predstavljaju biološke probleme za degradaciju makrofita, ali i za oblasti za mrest ihtiofaune;
- Vodno ogledalo akumulacije prekriveno ljubičastom skramom; „cvetanje vode“ dešava se kada se prenamnože alge, u ovom slučaju modrozeleno, pa se formiraju ogromne kolonije u kojima se pojedinačne ćelije „drže“ zajedno u sluzavom omotaču. Sve to na površini vode izgleda kao da je voda „procvetala“ (Ristović, 2014).
- Objekat brana sa akumulacijom nema upotrebnu dozvolu;
- Neispravnost multi-level zahvata; funkcioniše 1 od 3, odnosno:
 - gornji zahvat se ne koristi u skladu sa projektovanom namenom za snabdevanje vodom, već za rekreativne svrhe za gradsku plažu,
 - na srednjem zahvatu zatvarač je neispravan pa je zahvat nefunkcionalan, tako da je

- za zahvatanje vode za snabdevanje grada Užica vodom u funkciji jedino duboki zahvat. Na cevovodu ovog dubokog zahvata, na 132 m nizvodno od brane, priključena je MHE „Vrutci”.



Slika 58. Presek brane sa akumulacijom
(izvor www.elektrosistemi.co.rs)

- Nizak nivo vode u akumulaciji krajem jeseni; nivo vode u akumulaciji značajno je snižavan krajem svake godine kako bi se obezbedio prostor za prihvatanje prolećnog poplavnog talasa (Kostić, 2014), slike 59 i 60.



Slika 59. Vodostaji i isticanje iz akumulacije Vrutci, period 2011-2014
(podaci „Vodovod Užice”)

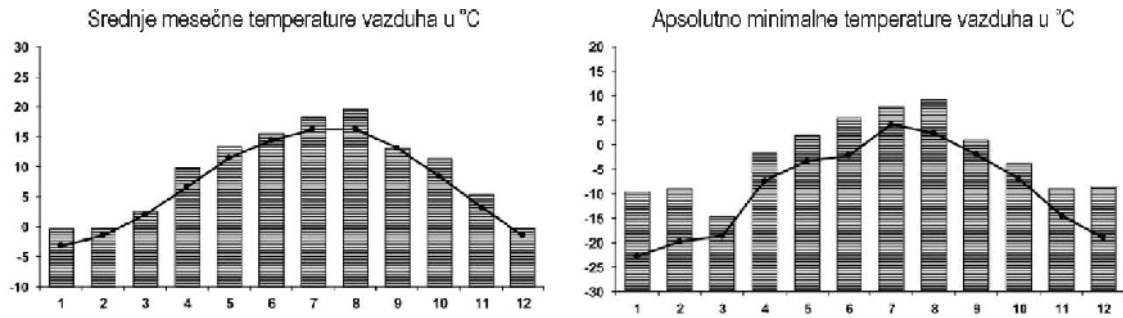


Slika 60. Dotok sirove vode na PPV „Cerovića brdo” i potis sa postojenja ka Užicu
(podaci „Vodovod Užice”)

Ovakvi uslovi koincidirali su sa: temperaturama vazduha (a posledično i vode akumulacije) višim od proseka, svetlošću koja je u većem intenzitetu stizala do bakterija pospešujući njihove procese i postojanjem nutrijenata, odnosno kritičnim odnosom azota i fosfora.

- MHE priključena na cevovod sirove vode; prvobitni vodoprivredni uslovi i saglasnost (Republička direkcija za vode, 2005) izdati za zahvatanje vode MHE iz temeljnog ispusta i toplog zahvata (tokom letnjih meseci, zbog vraćanja toplije vode u reku Đetinju), kasnije zaključkom (Republička direkcija za vode, 2009) preinačeni za zahvatanje MHE sa cevovoda sirove vode; uslov priključenja MHE suštinski definiše upravljanje akumulacijom, odnosno način pražnjenja akumulacije: iz gornjih ili donjih slojeva (cevovodom sirove vode ili temeljnim ispustom).
- MHE nema uređaj za merenje proticaja; postojanje uređaja konstatovano tek zapisnikom inspekcijuskog nadzora decembra 2015. godine. Međutim, poređenjem čitanja na merilima proticaja Q_{mc_1} i Q_{mc_2} na cevovodu sirove vode, ispred i iza odvojka za MHE, moguće je doći do količina koje koristi MHE.
- Tehničko neispravno stanje PPV-a; u odnosu na projektovano stanje („J. Černi”, 2014):
 - ne vrši se korekcija pH na predtretmanu,
 - taložnik-pulzator dugi niz godina (ne funkcioniše kao pulzator, kao što je projektovano, već) radi kao običan taložnik što u značajnoj meri umanjuje njegovu efikasnost, pogotovu imajući u vidu da nema prethodnog procesa koagulacije i flokulacije,
 - ispuna u brzim gravitacionim peščanim filtrima nije menjana ni dopunjavana; na svim filtrima nedostaje 10-15 cm ispune koja je isprana tokom vremena, a procesom pranja došlo je do ispiranja sitnije frakcije filtarske ispune što je uzrokovalo i degradaciju granulometrijske krive filtarske ispune, tj. koef. uniformnosti, pa filtarska polaj ne odgovaraju projektovanim zahtevima, a
 - predviđena rekonstrukcija procesne linije, za šta je obezbeđena tehnička dokumentacija 2004. godine, nije sprovedena.

- Nivo tehnologije PPV ne odgovara kvalitetu vode u akumulaciji; PPV u funkciji od 1980-te godine (36 godina), projektovani tehnološki proces prečišćavanja je odgovarao (tadašnjem) kvalitetu sirove vode reke Đetinje (voda iz privremene akumulacije „Velika brana“ u Turici, zanemarljive zapremine, bila je praktično živi tok Đetinje), a tehnološki proces tretmana nije prilagođavan izmenjenom kvalitetu ulaznih voda. Proces ozonizacije može biti pogodan za uklanjanje cijanotoksina, ukoliko se ne dokaže da nus-produkti ne utiču na pojavu Non-Hochkin limfoma (Svirčev, 2014);
- Prisustvo potencijalno toksične alge *Planthotrix Rubescens* u uzorcima vode (noć 02.01/03.01.2014) iz rezervoara čiste vode PPV (7700 ćelija po litru) i vodovodne mreže (2200 ćelija po litru) – konstatovano (03.01.2014.) da voda ne ispunjava uslove propisane odgovarajućim Pravilnikom i proglašena zdravstveno neispravnom (ZJZ Užice, 2014); koncentracija hepatotoksičnog mikrocistina-LR ($< 0,01 \mu\text{g/L}$) u vodi za piće niža je od dozvoljene vrednosti propisane od strane SZO ($1 \mu\text{g/L}$) – zabrana upotrebe vode doneta kao preventivna mera. Narednih dana (06.01.2014) utvrđene su povećane koncentracije cijanobakterija u uzorcima sirove (129,592,000 ćelija po litru) i čiste (115,332 ćelija po litru) vode (Marković i dr., 2015).
- Disfunkcionalne interakcije / Manjakava komunikacija i koordinacija
 - Disfunkcionalne interakcije na nivou fizičkog sistema nisu identifikovane
- Fizički kontekstualni faktori
 - Požar na obližnjoj planini Tari (avgust 2012.) gde je gorelo 1300 ha šuma; pepeo od požara koji je delom padao i na vodno ogledalo akumulacije Vrutci sadržao je fosfor/ fosforu kiselinu u izvesnoj meri, i kao takav je vrsta nutrijenta.
 - Temperature vazduha bile su veće od prosečnih (RHMZ, 2014), slika 61.



*Slika 61. Temperature vazduha, merna stanica Zlatibor
(prema RHMZ, 2014)*

Pored razmatranja slučaja na nivou fizičkog sistema (izloženi, vidljivi deo), sa čime analiza obično staje, u nastavku će da se razmotri čitav socio-tehnički kontekst (odnosno i zaklonjeni, pozadinski uzroci), ali samo ključni elementi. Saznanja dobijena ovim razmatranjem trebalo bi ugraditi u sve komponente i odnose u sistemu u cilju unapređenja sposobnosti vodovodnog sistema grada Užica i društvenog okruženja u kojem funkcioniše da odgovore na buduće izazove.

V.7.3 UZROCI NEODGOVARAJUĆE KONTROLE VIŠIH NIVOA

Ovaj korak ima svrhu da analizira više nivoe bezbednosne kontrolne strukture. Dok je nedostatke fizičke kontrole relativno lako identifikovati, što se obično i čini u sprovođenju analize neke nesreće, razumevanje zašto su pojedini fizički otkazi ili nedostaci fizičkog projekta postojali zahteva ispitivanje višeg nivoa bezbednosne kontrole (Leveson, 2011). Implementacija višeg nivoa bezbednosti u analizi nesreća omogućava da se ide dalje od pronalaženja koga ili šta okriviti. Potpuno razumevanje kako i zašto je kontrola dozvolila ili doprinela neadekvatnoj kontroli na nivou ispod, zahteva se da bi se u potpunosti shvatilo ponašanje bilo kog nivoa u socio-tehničkoj kontroloj strukturi bezbednosti.

Za svako bezbednosno ograničenje sistema:

- ili odgovornost za njihovo nametanje nikada nije dodeljena nekoj komponenti u bezbednosnoj kontrolnoj strukturi,
- ili komponenta ili komponente nisu obavljale adekvatnu kontrolu kako bi osigurali da su njihove dodeljene odgovornosti (bezbednosna ograničenja) nametnute komponentama ispod njih.

Bilo koje ljudske odluke ili manjkave kontrolne aktivnosti treba shvatiti u smislu:

- informacija koje su bile raspoložive donosiocu odluke, kao i potrebnih informacija koje nisu bile raspoložive,
- mehanizama oblikovanja ponašanja (kontekst i uticaji na proces donošenja odluka),
- vrednosnih stavova koji su u osnovi odluka,
- manjkavosti modela procesa onih koji donose odluke i uzroka postojanja tih manjkavosti.

DRŽAVNA UPRAVA sa javnim institucijama

Za kontrolera Državna uprava sa javnim institucijama, bezbednosni zahtevi i ograničenja, kontrolne akcije i povratne sprege, analizirane su na visokom nivou u odeljku V.5.2.

Kontekst

- Faktori oblikovanja okruženja i ponašanja
 - Podeljene nadležnosti u oblasti voda između više ministarstava;
 - Česte političke promene i postavljenja;
 - Tranzicija propisa odnosno proces harmonizacije sa propisima Evropske Unije;
 - Inercija u institucijama da nedostaju finansijska sredstva i da ne treba sprovoditi pojedine propisane zahteve (odnosno nametati zahteve) zbog toga što lokalne samouprave i vodovodi nemaju dovoljna finansijska sredstva, zbog političkog konteksta i dr..

Razlozi za manjkave kontrolne akcije i disfunkcionalne interakcije

- Netačni modeli procesa
 - Manjkavost u tumačenju godišnjih izveštaja o zdravstvenoj ispravnosti vode iz vodovodnih sistema; iz izveštaja se vidi da polovina ispitivanih vodovoda u Republici Srbiji ima nezadovoljavajući kvalitet vode, kao rezultat ove manjkavosti saznanja nisu uključena u kontrolni algoritam ovog kontrolera (kontrolni algoritam nije modifikovan);
 - Manjkavost u tumačenju godišnjih izveštaja o kvalitetu voda i o statusu akumulacije Vrutci (autoru raspoloživi izveštaji od 2006. godine), u kojima se prikazuju indikacije degradacije kvaliteta vode akumulacije Vrutci kao izvorišta za snabdevanje vodom, čiji pojedini parametri odgovaraju III/IV klasi voda, a ne zahtevanoj klasi IIa; u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama, od 2012. akumulacija se karakteriše umerenim ekološkim potencijalom;

- Nedostatak „velike slike”: šta se dešava sa akumulacijom; status koji se razmatrao tiče se pokazatelja kvaliteta vode bez obuhvatanja režima upravljanja akumulacijom, promene nivoa i sl.;
 - Manjkavost u shvatanju nadležnosti nad zonama sanitarne zaštite izvorišta od strane sanitarne inspekcije; iako osnovno pitanje ova manjkavost može da se konstatuje iz Izveštaja sektora za inspekcijske poslove (2015) u kojem se rešenja inspektora za otklanjanje nepravilnosti u vezi zona sanitarne zaštite usmeravaju ili na opštine ili na vodovodna preduzeća, što nije konzistentno;
 - Manjkavost percepcije bezbednosnog zahteva iz Zakona o vodama (čl.72 tač.2) da se vode koje su planom upravljanja vodama određene za piće ne mogu koristiti za druge svrhe, čime se ne dopušta rad MHE „Vrutci”; Planom upravljanja vodama za sliv reke Dunav („J. Černi”, 2014), akumulacija Vrutci za osnovnu namenu ima „vodosnabdevanje” stanovništva;
 - Manjkavost saznanja da DVT nije operater brane sa akumulacijom, već operater MHE „Vrutci” i „samo” korisnik vode na cevovodu sirove vode;
 - Manjkavost percepcije da je „Vodovod Užice” operater brane sa akumulacijom;
 - Manjkavost percepcije da zahtevi za vodom MHE možda mogu da ugroze životnu sredinu.
- Manjkavosti kontrolnog algoritma
- Izostanak nalaganja mera za sprovođenja odgovarajućeg ispitivanja kvaliteta vode na vodozahvatu;
 - Izostanak unapređenja regulativnih zahteva za ispitivanje kvaliteta vode;
 - Manjkavo obezbeđenje kontrolnih akcija u vezi sa redovnim godišnjim Izveštajima o zdravstvenoj ispravnosti vode iz vodovodnih sistema; nezadovoljavajući kvalitet u 47% kontrolisanih javnih vodovoda, mikrobiološka neispravnost konstatovana kod 14% vodovoda, fizičko-hemijska kod 12%, udružena kod 21%;

- Manjkavost metodologije da se akumulacija Vrutci ne stavi u program nadzornog i/ili operativnog monitoringa kvaliteta, uprkos okolnostima degradacije kvaliteta vode;
 - Manjkavost zahteva da ministar bliže propisuje za koja se izvorišta, s obzirom na kapacitet, određuju zone sanitarne zaštite (Zakon o vodama, čl.77 tač.3); nepostojanje bezbednosnog zahteva da neko izvorište ima zonu sanitarne zaštite, bez obzira na kapacitet, usmereno je na administrativno propisivanje recepata, a ne na analizu opasnosti po bezbednost sistema;
 - Manjkavost postupka da Ministarstvo izdaje vodne akte za korišćenje akumulacije akteru koji ne upravlja branom (DVT).
- Manjkavosti referentnog kanala
- Manjkavo definisanje pojmova „izvorište” i „vodozahvat”: u tri regulativna dokumenta: Zakonu o vodama (čl.3 tač.32, čl.18), Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće (čl.2 tač.9) i Pravilniku o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja (čl.2 tač.1), navode se različite definicije, što za posledicu ima različitu percepciju više kontrolera; npr. Agencija za zaštitu životne sredine nezvanično tumači da je vodozahvat čitava akumulacija Vrutci, dok „Vodovod Užice” tumači da je to zahvatni organ na brani. Uz to, navedeni zahtev se često poistovećuje sa zahtevom Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (čl.5 tač.1) koji kaže da se uzorak vode uzima iz sabirnog voda odnosno rezervoara sirove vode. Navedeno dalje utiče na definisanje kontrolne akcije na „Vodovod Užice” za obim ispitivanja kvaliteta vode;
 - Manjkavo definisanje pojma „ekvivalentni stanovnik” (ES): u tri regulativna dokumenta: Zakonu o vodama (čl.3 tač.62), Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće (čl.2 tač.2) i Pravilniku o dezinfekciji i pregledu vode za piće (čl.2 tač.3), navode se različite definicije, respektivno (i) ES je organsko biorazgradivo opterećenje koje ima petodnevnu biohemijsku potrošnju kiseonika od 60 gr kiseonika na dan,

(ii) ES jeste potrošnja vode od 150 litara na dan, (iii) ES označava dnevnu potrošnju vode po korisniku u proseku za godinu dana, što unosi određeni stepen nepreciznosti, i može da utiče na zahtevani obim ispitivanja kvaliteta vode. Pored toga, potrošnja vode (putem pokazatelja ES) ne može da na odgovarajući način određuje zahteve za monitoringom kvaliteta vode na izvoristu;

- Manjkavo definisanje zahteva za ispitivanje kvaliteta vode; Pravilnik o dezinfekciji i pregledu vode za piće (1981), je zamenjen Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće (1999), u delu koji se tiče pregleda vode za piće, a da stari zahtevi nisu stavljeni van snage. Pri tom, iako se navodi, pojam „sirova voda” nije precizno definisan. „Vodovod Užice” (podatak do kojeg se došlo intervjuom) drži se starijih odrednica. Osnovnim pregledom vode nisu propisana ispitivanja bioloških pokazatelja, dok je periodičnim pregledom propisano ispitivanje bioloških indikatora: algi, zooplanktona i drugih organizama;
- Nedonošenje godišnjeg plana za kontinuirano merenje i ispitivanje kvaliteta vode na izvoristima vode za piće sa kojih se prosečno može zahvatiti više od 100 m³/dan (1.16 l/s) od strane Ministarstva (Zakon o vodama, čl.78 tač.2, takođe Okvirna direktiva o vodama, Aneks V, tač. 1.3.5.);
- Izostavljanje akumulacije Vrutci iz godišnjeg programa monitoringa statusa voda Uredbom Vlade RS za 2013. godinu, posle niza godina redovnog osmatranja;
- Manjkavost zbog izdavanja vodoprivredne dozvole MHE „Vrutci”, iako bezbednosni zahtev iz Zakona o vodama (čl.72 tač.2) to ne dozvoljava;
- Izostanak zahteva za ažuriranje plana upravljanja branom sa akumulacijom ka „Vodovodu Užice”; Plan upravljanja branom sa akumulacijom („J. Černi”, 1990) nije ažuriran u sklopu izdavanja vodoprivredne dozvole MHE „Vrutci”, pošto su se zbog novog korisnika promenili zahtevi i uslovi;

- Manjkavost zahteva o količinama vode koje MHE može da zahvata; u vodoprivrednoj saglasnosti (2005) navodi se:
 - da je predviđen instalisani kapacitet od $Q_{inst} = 0.84 \text{ m}^3/\text{s}$;
 - da rad MHE ne sme da ugroziti snabdevanje vodom;
 - da rad MHE ne sme uticati na propisani režim rada akumulacije Vrutci;

dok se u vodoprivrednoj dozvoli (2010) navodi:

- da se u slučaju povećanja količina zahvaćenih voda „blagovremeno” pribavi nova vodoprivredna dozvola.

Manjkavost zahteva ogleda se u nepreciznosti i neodređenosti, odnosno u nepostojanju jasnog ograničenja, uz paradoks uslova koji upućuje na to šta treba da se uradi ako se povećaju te neodređene količine (!?). „Predviđen instalisani kapacitet” ne predstavlja ograničenje ili određenje kapaciteta već konstataciju o jednoj od predviđenih performansi MHE.

Tek naknadno, VP dozvolom iz 2015, propisuje se režim zahvatanja $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (pri KNU i nižim vodostajima) i $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ (pri vodostajima višim od KNU), samo za uslove kada se akumulacija ne koristi za snabdevanje vodom;

- Promena prvobitnih uslova da MHE vodu zahvata iz toplog zahvata tokom letnjih meseci (2003), preko uslova da ne ispušta hladnu vodu preko dana tokom letnjih meseci (2005), do izostajanja zahteva ove prirode (2010), a radi smanjenja nepovoljnih uticaja na živi svet u reci Đetinji;
- Izostanak nalaganja mera usled nedostavljanja podataka o merenim protocima MHE „Vrutci”;
- Izostanak nadzora i zabrane rada usled rada MHE posle isteka važeće vodoprivredne dozvole; manjkavost se ogleda u tome da je MHE u obavezi da po isteku važnosti VP dozvole pribavi novu, a ne da ima zabranu rada (!).

- Izostanak nadzora nad pridržavanjem Plana upravljanja akumulacijom operatera brane koji je zahtevan vodoprivrednom saglasnošću (1977) – vodoprivredna i upotrebna dozvola nisu izdate (!?);
- Manjkavosti mernog kanala
 - Manjkav nadzor bezbednosnog zahteva/ograničenja da javno preduzeće „Vodovod Užice” sprovodi stalno i sistematsko ispitivanje kvaliteta vode na vodozahvatu (Zakon o vodama, čl. 74); mernim kanalom predviđen je nadzor nad ispitivanjem, ne i da li je to ispitivanje stalno i sistematsko (Zakon o vodama, čl.212 tač.8);
 - Ne sprovođenje nadzora nad propisanim obimom ispitivanja kvaliteta vode; nadležno Ministarstvo koje je donelo propis ne sprovodi nadzor nad obimom ispitivanja (podatak nadležnog Ministarstva kao odgovor na zahtev za informacijama od javnog značaja); ovo znači da se u Republici Srbiji ne sprovodi nadzor nad propisanim obimom ispitivanja kvaliteta vode koje su operateri vodovoda dužni da obezbede, a za koje angažuju Zavode za javno zdravlje;
 - Nesprovođenje propisanog zahteva za kontinuirano merenje i ispitivanje kvaliteta vode na izvorištima vode za piće sa kojih se prosečno može zahvatiti više od 100 m³/dan (što je 1.16 l/s) od strane pravnog lica ovlašćenog od Ministarstva; nije donet godišnji plan (Zakon o vodama, čl.78 tač.2, takođe Okvirna direktiva o vodama, Aneks V, tač. 1.3.5.);
 - Izostanak ispitivanja kvaliteta vode akumulaciji Vrutci u 2013. godini kako je akumulacija Vrutci izostavljena iz Uredbe o godišnjem programu monitoringa statusa voda;
 - Posteriori, u Izveštaju o statusu akumulacija za 2013. godinu ne pominje se neželjeni slučaj u akumulaciji Vrutci, Izveštaju o zdravstvenoj ispravnosti vode iz vodovodnih sistema za 2013 godinu ne pominje se neželjeni slučaj u Vodovodu Užice; možda se zapravo ništa nije ni dogodilo, toga nema u Izveštajima, pa ne treba raditi na unapređenjima i učiti na iskustvu;

- Manjkavost nadzora nad načinom korišćenja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta (prema Zakonu o vodama, čl.200 tač.4); Izveštaj sektora za inspeksijske poslove (2015) ukazuje na nepostojanje rešenja o određivanju zona sanitarne zaštite izvorišta za veliki broj vodovoda u Srbiji, tako da je svakako znatno lošije stanje sa razmatranjem samog načina korišćenja i održavanja zona. Uvidom u izveštaj, može se uočiti da su elementi pregleda postojanje rešenja o određivanju zona, tabli za označavanje i ograda, što takođe odslikava i stanje u opštinama i vodovodima u pogledu zaštite izvorišta. Kontrolna lista za pregled zona sanitarne zaštite sanitarne inspekcije je takođe mera koja je veoma delikatna za komentarisanje i predstavlja egzemplar birokratskog bodovnog sistema koji služi za neotkrivanje opasnosti za zagađenje izvorišta. Izveštaj je sačinjen bez priloga odseka Užice. Zanimljivo je, međutim konsultovati i Zakon o sanitarnom nadzoru; prema tom propisu, sanitarni nadzor odnosi se na objekte za snabdevanje vodom, a ne na prostor i aktivnosti u prostoru, deponije, sengrupe, parkiranje, nedozvoljenu gradnju, te je otvoreno pitanje šta sanitarni inspektor ustvari kontroliše kada sprovodi nadzor nad zonama sanitarne zaštite izvorišta;
 - Ne dostavljanje podataka o merenim zahvaćenim proticajima od strane MHE ka JVP „Srbijavode”; ova manjkavost nije kritična jer MHE ne zahvata vodu iz akumulacije već to čini „Vodovod Užice”, a uz to merilima proticaja na cevovodu sirove vode moguće je odrediti količine vode koje koristi MHE;
 - Manjkavost u saznanju da li se akumulacijom Vrutci upravlja u skladu sa važećim Planom upravljanja akumulacijom.
- Neodgovarajuća koordinacija ili komunikacija između višestrukih kontrolera
- Izostanak koordinacije sa JVP „Srbijavode”, koja prema Zakonu o vodama (čl.23 tač.1) upravlja vodnim objektima za zaštitu od poplava na vodama I reda i branama sa akumulacijama; objekat brana sa akumulacijom Vrutci „predat” dopisom od strane „Vodovoda Užice”, ali nije „primljen” na upravljanje;

- Podeljene odgovornosti za predlaganje Uredbe o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda (Republička direkcija za vode), usvajanje Uredbe (Vlada RS), upravljanje vodnim objektom (JVP „Srbijavode”, koja je Zakonom propisani upravljač, a koja ne upravlja branom sa akumulacijom Vrutci, i „Vodovod Užice”, koji upravlja branom i akumulacijom i koji je u postupku predaje upravljačkih prava) čine da akumulacijom Vrutci niko ne upravlja;
- Manjkavost komunikacije i koordinacije da monitoring statusa akumulacije pređe u operativni; da se nadležnost državne uprave spusti na nivo JLS Grada Užica ili „Vodovoda Užice”;
- Manjkavost komunikacije i koordinacije u preduzimanju kontrolnih akcija po pitanju preduzimanja kontrolnih akcija povodom loše slike sa zdravstvenom ispravnošću vode iz vodovodnih sistema (prema izveštaju neispravno 47%), zbog podeljenosti nadležnosti između Ministarstava i percepcije da će to već sprovesti drugo „nadležno” Ministarstvo;
- Posledica manjkavosti postupka da Ministarstvo izdaje vodne akte za korišćenje akumulacije akteru koji ne upravlja branom (DVT), a ne operateru brane („Vodovodu Užice”), je da time pravi mogućnost za neodgovarajuću komunikaciju i koordinaciju operatera MHE i operatera brane sa akumulacijom.

JEDINICA LOKALNE SAMOUPRAVE - Grad Užice

Za kontrolera Jedinica lokalne samouprave – Grad Užice, bezbednosni zahtevi i ograničenja, kontrolne akcije i povratne sprege, analizirane su na visokom nivou u odeljku V.5.2.

Kontekst

- Faktori oblikovanja okruženja i ponašanja
 - Izražen politički kontekst funkcionisanja jedinica lokalne samouprave;
 - Nelegalna gradnja i uzurpiranje na papiru zaštićenih zona sanitarne zaštite;
 - Nedostatak stručnih kadrova;
 - Sve manji godišnji budžeti.

Razlozi za manjkave kontrolne akcije i disfunkcionalne interakcije

- Netačni modeli procesa
 - Manjkavost shvatanja da se akumulacija Vrutci nalazi u Užicu, da je ona Užice, da je deo životne sredine grada Užica, iako JVP „Srbijavode” ima novo propisanu nadležnost upravljanja branom;
 - Posteriori, Elaborat o zonama sanitarne zaštite („J. Černi”, novembar 2014) izrađen za izvorište koje se ne koristi (akumulacija Vrutci), nije izrađen za izvorište koje se koristi (Sušačka vrela) (!?).
- Manjkavosti kontrolnog algoritma
 - Manjkavost u predviđanju kontrolnih akcija na očuvanju kvaliteta akumulacije Vrutci;
 - Manjkavost programa monitoringa kvaliteta površinskih i podzemnih voda; Grad Užice (2011) predvideo je uspostavljanje monitoringa reka i akumulacije tek u 2014. godini;
 - Predviđanje otvaranja turističko rekreativnih sadržaja i ribolovnog turizma za akumulaciju Vrutci Prostornim planom iz 2010. godine;

- Manjkavost odgovornosti za prostor zona sanitarne zaštite izvorišta; naime, Zakon o zaštiti prirode predviđa zaštićena područja i Upravljače zaštićenih područja, sa specificiranim odgovornostima za to područje. Shodno tome, bilo bi logično očekivati da je za zaštićeno područje kakvo je zona sanitarne zaštite takođe predviđeno odgovorno lice, međutim, stanje je sledeće. Jedinica lokalne samouprave podnosi zahtev za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta, na osnovu kojeg Ministarstvo donosi rešenje o određivanju tih zona (Zakon o vodama, čl.77). Ovo bi moglo da znači da su zone sanitarne zaštite u nadležnosti opština, kako za unošenje u planove, prostorne i urbanističke, tako i za upravljanje i održavanje, što nije slučaj u praksi. Lokalna samouprava ima nadležnosti koje se odnose na pravila uređenja i pravila građenja iz Zakona o planiranju i izgradnji, i sa time upravljanje prostorom zona sanitarne zaštite, kao posebno zaštićenim prostorom, počinje i završava se. U fazi funkcionisanja izvorišta, niko nije prepoznao i preuzeo odgovornost za nadležnost nad „funkcionisanjem” prostora. Ovo pitanje, pitanje odgovornosti za upravljanje i održavanje zonama sanitarne zaštite jedno je od ključnih u čitavoj Republici Srbiji.
- Manjkavosti referentnog kanala
 - Manjkavost u sprovođenju već zakasnelog programa monitoringa akumulacije (Grad Užice, 2011);
 - Manjkavost u sprovođenju mera za zaštitu izvorišta; ne sprovođenje brojnih propisanih restriktivnih mera;
 - Manjkavost u javnosti propisa; Odluka o određivanju zona i sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja akumulacije Vrutci (1987) nije lako ili uopšte dostupna javnosti, kao ni potonje Rešenje o određivanju zona sanitarne zaštite (2014); ovim nije jasna namera kontrolera: da se ograničenja ne znaju ili da se znaju;
 - Manjkavost u sprovođenju mera za zaštitu od erozije; izgrađene 17 od 25 antierozivnih građevina, koje su zapunjene zbog neodržavanja.

- Manjkavosti mernog kanala
 - Manjkavost praćenja kvaliteta vode kao parametra životne sredine; Izveštaj o stanju životne sredine za 2013. godinu Gradske Uprave navodi da je izvršeno jednokratno ispitivanje vodotoka koji čine sliv akumulacije Vrutci u periodu niskog vodostaja u septembru mesecu, i da je utvrđeno da su vodotoci dobrog i umerenog ekološkog statusa. Iako je izveštaj datiran 01.04.2014. godine, više od 3 meseca od dešavanja na Vrutcima, ni jednim navodom se ne prikazuje stanje akumulacije. Možda se desilo nije ništa, te stoga ne sledi ni bilo kakva kontrolna akcija. Godine 2014. takođe je realizovan sličan program monitoringa.
- Neodgovarajuća koordinacija ili komunikacija između višestrukih kontrolera
 - Izostanak koordinacije sa JVP „Srbijavode”, koja prema Zakonu o vodama (čl.23 tač.1) upravlja vodnim objektima za zaštitu od poplava na vodama I reda i branama sa akumulacijama; objekat brana sa akumulacijom Vrutci „predat” dopisom od strane „Vodovoda Užice”, ali nije „primljen” na upravljanje;
 - Nedostatak komunikacije/koordinacije oko odgovornosti za upravljanje zonama sanitarne zaštite.

OPERATER – Vodovod Užice

Za kontrolera Operater – „Vodovod Užice”, bezbednosni zahtevi i ograničenja, kontrolne akcije i povratne sprege, analizirane su na visokom nivou u odeljku V.5.2.

Kontekst

- Faktori oblikovanja okruženja i ponašanja
 - Neprestani pritisci za smanjenje budžeta;
 - Pritisci za smanjenje broja zaposlenih, nivoa održavanja i investicija;
 - Sprovođenje samo krajnje neophodnih zahteva;
 - Sistem komandnog upravljanja od strane JLS - Grada Užica.

Razlozi za manjkave kontrolne akcije i disfunkcionalne interakcije

- Netačni modeli procesa
 - Manjkavo shvatanje pojma „vodozahvat”;
 - Manjkava percepcija nadležnosti nad akumulacijom Vrutci.
- Manjkavosti kontrolnog algoritma
 - Manjkavo shvatanje pojma „vodozahvat” kao posledicu ima da nije predviđeno stalno i sistematsko ispitivanje kvaliteta vode na vodozahvatu (Zakon o vodama, čl. 74), odnosno akumulaciji Vrutci od strane Vodovoda Užice kao javnog preduzeća koje obavlja poslove snabdevanja vodom. Međutim, navedeni zahtev nije u skladu sa zahtevom Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (čl.5 tač.1) koji kaže da se uzorak vode uzima iz sabirnog voda odnosno rezervoara sirove vode;
 - Manjkavo shvatanje pojma „ekvivalent stanovnik” kao posledicu može da ima predviđanje neodgovarajućeg obima ispitivanja kvaliteta vode, prema odgovarajućem propisu;
 - Manjkavost ispitivanja kvaliteta vode na izvoru; slika dobijena zahtevanim propisima ne može da ukaže na kvalitet izvorišta; ako se za 1 ES uzme količina vode od 150 l/st/dan, višegodišnji prosek (2000 – 2010)

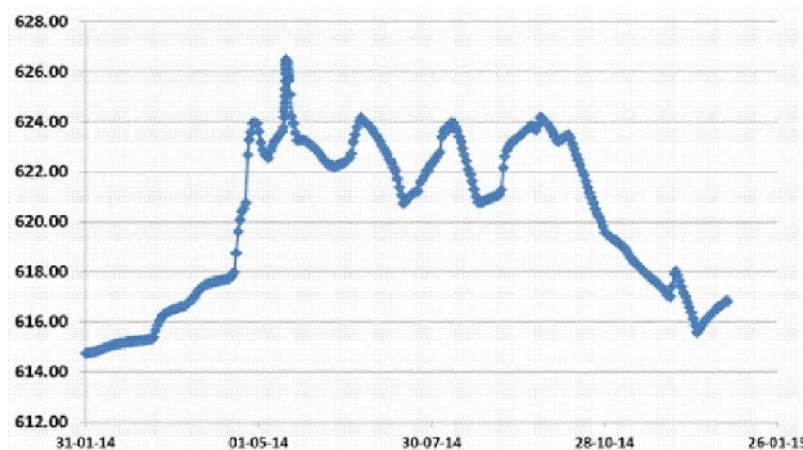
potrošnje od 170 l/s određuje vrednost od 97,000 ES, što vodi do zahteva da se osnovni pregled sirove vode (bez bioloških pokazatelja) vrši 6 puta mesečno, a periodični pregled (sa biološkim indikatorima) dva puta godišnje. U sadašnjim uslovima, ako se, npr., iz Programa poslovanja Vodovoda Užice za 2016. godinu uzme podatak da plan da se isporuči količina vode od 6.95 mil m³ (plan fakturisanja 4.65 mil m³), tada bi pod pretpostavkom da nema gubitaka vode Grad Užice imao 46.000 ES (31.000 ES kada bi uključili gubitke), što vodi do zahteva da se osnovni pregled sirove vode (bez bioloških pokazatelja) vrši 3 puta mesečno, a periodični pregled (sa biološkim indikatorima) jednom godišnje (sada su u pitanju Sušačka vrela, sa manjim kapacitetom). Ovo znači da Vodovod Užice možda i poštuje zahteve propisa kada vrši ispitivanje bioloških pokazatelja uzorka iz cevovoda sirove vode, ali iz ovoga sledi i da su propisi manjkavi jer ne postavljaju odgovarajući zahtev: i lokacija uzorkovanja i obim ne odgovaraju prirodi problema kakvu stvara akumulacija ili vrelo;

- Neodgovarajuće definisanje kontrolnih akcija održavanja, razvoja i zaštite, u vezi kvaliteta vode;
- Planom upravljanja akumulacijom („J. Černi”, 2015), koji je obezbedio Operater brane, na nivou preporuke, ne na nivou zahteva, navodi se da:
 - nivo u akumulaciji treba održavati na KNU od 621.30 mm,
 - poplavne talase velikih voda treba prihvatati u neprikosnovenom prostoru akumulacije, iznad KNU.

Plan zaštite akumulacije sadrži dodatna ograničenja, ponovo na nivou preporuka, koja suštinski pripadaju Planu upravljanja, i to su:

- velike vode evakuisati temeljnim ispustom na koti 575 mm, što će uz odbranu od poplava imati i povoljne efekte na kvalitet vode u zoni vodozahvata, i
- zahvatanje vode za rad MHE iz cevovoda sirove vode u periodu kada se cevovod koristi za vodosnabdevanje treba obustaviti;

Pojedina od gornjih ograničenja dosada nisu postavljena, pojedina su menjana, pojedina nisu u obzir uzela neke druge interakcije (ihtiofaunu, npr.), pojedina ulaze u oblast obligacionog prava.



Slika 62. Nivo vode u akumulaciji Vrutci tokom 2014. godine (prema „J. Černi”, 2015)

Autor ove disertacije nije uspeo da dobije uvid u prethodni Plan upravljanja akumulacijom („J. Černi”, 1990) tako da su hipotetički moguće dve varijante: (i) ili su zahtevi iz 1990 bili neodgovarajući, (ii) ili se operator „Vodovod Užice” nije pridržavao propisanih pravila. U svakom slučaju, narušeno je jedno od ta dva bezbednosna ograničenja.

– Manjkavosti referentnog kanala

- Nesprovođenje održavanja tehničke ispravnosti PPV (2004. godine obezbeđena tehnička dokumentacija za rekonstrukciju);
- Nesprovođenje potrebnog obima ispitivanja kvaliteta vode na propisanoj lokaciji (nije u skladu sa Zakonom o vodama, ali jeste u skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće);
- Nesprovođenje (blagovremeno) razvoja - unapređenja tehnologije prečišćavanja vode na PPV;
- Manjkavost u upravljanju nivoom akumulacije; zbog prijema prolećnog poplavnog talasa operator brane sprovodio je predpražnjenje akumulacije umesto da talas smešta u neprikosnoveni prostor između KNU i kote krune preliva.

- Manjkavosti mernog kanala
 - Manjkavo ispitivanje ulaznog kvaliteta vode u sistem, ne ni na zahvatnom organu na brani, već na dovodnom cevovodu sirove vode na ulazu u PPV (nije u skladu sa Zakonom o vodama, ali jeste u skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće).
- Neodgovarajuća koordinacija ili komunikacija između višestrukih kontrolera
 - Izostanak koordinacije sa JVP „Srbijavode”, koja prema Zakonu o vodama (čl.23 tač.1) upravlja vodnim objektima za zaštitu od poplava na vodama I reda i branama sa akumulacijama; objekat brana sa akumulacijom Vrutci „predat” dopisom od strane „Vodovoda Užice”, ali nije „primljen” na upravljanje;
 - Izostanak koordinacije sa JLS - Grad Užice u vezi sa zonama sanitarne zaštite akumulacije Vrutci.

V.7.4 OPŠTA KOORDINACIJA I KOMUNIKACIJA

Ovaj korak ima svrhu analize koordinacije i komunikacije sistema. Prethodni koraci razmatrali su svaku komponentu posebno, ali je takođe važno da se zadrži dobra koordinacija i komunikacija između komponenti. Kao osnovni primer može da se razmotri komponenta koja ima dva ili više kontrolera. Kontroleri mogu imati različite odgovornosti, ali u isto vreme imaju kontrolne akcije koje mogu biti konfliktne. Takođe, kontroleri mogu imati kontrolu nad istim aspektima komponenti, što dovodi do konfuzije oko toga ko je odgovoran.

Istrage se obično zaustavljaju pre nego što se sazna zašto kanali izveštavanja nisu bili korišćeni. Čak i jednostavno ispitivanje uz nekoliko pitanja otkrivaju da li su formalni kanali izveštavanja neodgovarajući i vremenski zametni za korišćenje. Preuređenje loše osmišljenog sistema će biti efektivnije u obezbeđivanju budućeg korišćenja nego jednostavno pričanje ljudima da moraju da koriste slabo dizajniran sistem.

- Izostanak koordinacije sa JVP „Srbijavode”, koja prema Zakonu o vodama (čl.23 tač.1) upravlja vodnim objektima za zaštitu od poplava na vodama I reda i

branama sa akumulacijama; objekat brana sa akumulacijom Vrutci „predat” dopisom od strane „Vodovoda Užice”, ali nije „primljen” na upravljanje;

- Podeljene odgovornosti za predlaganje Uredbe o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda (Republička direkcija za vode), usvajanje Uredbe (Vlada RS), upravljanje vodnim objektom (JVP „Srbijavode”, koja je Zakonom propisani upravljač, a koja ne upravlja branom sa akumulacijom Vrutci, i „Vodovod Užice”, koji upravlja branom i akumulacijom i koji je u postupku predaje upravljačkih prava) čine da akumulacijom Vrutci niko ne upravlja;
- Manjkavost komunikacije i koordinacije u preduzimanju kontrolnih akcija po pitanju preduzimanja kontrolnih akcija povodom loše slike sa zdravstvenom ispravnosću vode iz vodovodnih sistema (prema izveštaju ispravno 53% ispitivanih vodovodnih sistema), zbog podeljenosti nadležnosti između Ministarstava i percepcije da će to već sprovesti drugo „nadležno” Ministarstvo;
- Manjkavost komunikacije i koordinacije da monitoring statusa akumulacije pređe u operativni; da se nadležnost državne uprave spusti na nivo JLS - Grada Užica ili „Vodovoda Užice”;
- Nedostatak komunikacije/koordinacije oko odgovornosti za upravljanje zonama sanitarne zaštite;
- Izostanak koordinacije sa JLS - Grad Užice u vezi sa zonama sanitarne zaštite akumulacije Vrutci.

V.7.5 DINAMIKA U SISTEMU I KONTROLNOJ STRUKTURI

Ovaj korak ima svrhu da se utvrdi dinamika i promene u sistemu koji su migrirali sistem u stanje povećanog rizika tokom vremena. Složeni socio-tehnički sistemi su dinamični i adaptivni tokom vremena na promene u svom okruženju i pod uticajem neizbežnih pritisaka performansi i resursa (Rasmussen i Svedung, 1997; Leveson, 2004). Zbog ovih neizbežnih promena, kontrola struktura koja je sposobna da nametne bezbednosna ograničenja u jednom trenutku funkcionisanja sistema, ne mora takva i ostati tokom vremena. Dobro osmišljena i realizovana kontrolna struktura će imati karakteristike i kontrole koje sprečavaju nebezbedne promene. Pored toga, ako su zahtevi bezbednosti dobro dokumentovani, onda se potencijalne promene mogu proceniti pre nego što do njih dođe kako bi se obezbedilo da neće dovesti do ugrožavanja bezbednosti. Međutim, ne mogu se sve promene sprečiti i kontrolisati, tako da je neophodno da se kontrolna struktura periodično ponovo analizira da se obezbedilo da proces kontrole opasnosti može i dalje biti efikasno sproveden.

Ako se sistem ne suočava sa svojim bezbednosnim problemima tokom vremena, nastaće tendencija povećanja rizika, i time smanjenja bezbednosti sistema tokom vremena. Funkcionisanje na višim nivoima rizika tokom vremena će povećati šanse za nastanak neželjenog događaja, i stoga je važno da se shvati dinamika sistema tokom vremena. Shvatanje dinamike sistema omogućava preuređenje bezbednosne kontrole strukture kako bi se učinila pogodnijom za bezbednost sistema.

V.7.6 DAVANJE PREPORUKA

Ovaj korak ima svrhu davanja preporuka. Cilj čitave metodologije nije utvrđivanje krivice ili krivca za neko stanje, za nešto što se nije dogodilo ili za nešto što se dogodilo, već uvid u kršenje nametanja bezbednosnih ograničenja zbog vraćanja sistema sa bezbednosno kritičnih margina ili stanja pređenih margina (ostvarene nesreće tj. ispoljenog rizika).

Preporuke mogu da se daju za sve analizirane aspekte: procese fizičkog sistema, analizirane kontrolere i njihove modele, elemente kontrolne petlje, kao i aspekte koordinacije i komunikacije.

Sumirajući razmatrani primer ispoljavanja opasnosti, odnosno realizacije rizika, na sistemu za snabdevanje vodom grada Užica, i primenu modela nesreća i procesa teorije sistema, može se konstatovati da je metodologija dopustila strukturano obuhvatanje svih raspoloživih ulaznih podataka, postojanje više aktera, tehničke, ljudske i organizacione činioce, i višestruke perspektive javnosti u vezi ispoljenog rizika, i da je kao takva prihvatljiva za primenu u naporima za unapređenje funkcionisanja vodovodnih sistema na sistemski način, i stvaranje okruženja za održivu primenu naučnih i stručnih tehnika rada u praksi, što je bio i povod izrade disertacije.

Na primeru Užica demonstrirana je primena predložene metodologije za sagledavanje i analizu rizika vodovodnog sistema, a zbog obimnosti nije i sprovedena do poslednjeg detalja. Metodologijom su, konačno, verifikovane postavljene hipoteze:

- Razmatrani rizik je sveobuhvatan i ukupan;
- Sredstva se obuhvataju razmatranjem sistema kao celine, idući niz hijerarhiju primenom koncepta apstrakcije hijerarhije:
 - ciljevi sistema obuhvaćeni su posredno putem definisanja sistemskih nesreća i opasnosti,
 - planovi organizacije (na karakterističnim vremenskim horizontima) obuhvataju se razmatranjem procesa unutar socio-tehničkog sistema,
 - interesne strane (svaka sa svojom ulogom) obuhvaćene su funkcionalnom kontrolnom strukturom,
 - pojedini elementi AM koncepta, kao što su životni ciklus sredstava (viđen i kroz faze životnog ciklusa i vek trajanja sredstava), postojeće stanje elemenata sistema (funkcije, performanse i stanja) i strukturano se mogu uključiti u metodologiju postavljanjem odgovarajućih bezbednosnih ograničenja,
- Metodologija analize rizika saglasna je prirodi razmatranog vodovodnog sistema.

V.8 Utvrđivanje pretpostavki i indikatora bezbednosti

Uspešno donošenje odluka o funkcionisanju sistema zahteva odgovarajući postupak i odnos ka mogućnosti da se nešto neželjeno dogodi, a taj postupak se može sprovoditi kroz identifikaciju i upotrebu indikatora bezbednosti.

Strukturirani postupak

Smanjenje uticaja predrasuda u postupku donošenja odluka i analizi rizika jedna je od najdelikatnijih karakteristika za postizanje, shodno kognitivnim procesima svojstvenim donosiocima odluka. Jedan od načina je da se koristi strukturiran metod za identifikaciju, otkrivanje i upravljanje indikatorima bezbednosti držeći se predloženog modela i procesa teorije sistema. Definisavanje i poštovanje strukturiranog postupka može da umanjiti uticaj predrasuda.

Verodostojnost pretpostavki

Predrasude se mogu kontrolisati razmatranjem verodostojnosti (odnosno ranjivosti) pretpostavki. Ovim se fokus prebacuje sa verovatnoća na uzročne mehanizme. Pristup se zasniva na konceptu planiranja na bazi pretpostavki (Dewar, 1993). Na primer, pokušaj da se proceni tačna verovatnoća narušavanja kvaliteta vode u akumulaciji Vrutci, verovatnoća neispravnosti vodozahvata sa više nivoa na brani te akumulacije, verovatnoća neadekvatnosti granulometrijske krive na filterskom polju postrojenja za prečišćavanje vode za piće ili verovatnoća kvara nekog cevovoda, teško da je moguć, a pri tome možda i nepotreban.

Razmatranje verodostojnosti (odnosno ranjivosti) pretpostavki osnova je za razvoj sistema indikatora bezbednosti. Pretpostavke na kojima počiva funkcionisanje sistema mogu se periodično razmatrati, i po potrebi vršiti adaptacija prema ustanovljenim promenama. Ovim je izbegnuto brojčano vrednovanje verovatnoće, a ranjivost pretpostavke se ceni kao: moguća ili nemoguća. Ako je pretpostavka ranjiva, ona je kandidat za uključivanje u program indikatora bezbednosti.

Analiza najgoreg slučaja

Određivanje najgorih uslova za razmatranje u analizi rizika Haines (2004) naziva kompromisom između troškova i koristi. Odbacivanjem malo mogućih i obično „skupih” scenarija u nekom trenutku razvoja sistema, oni ne ostaju ni u daljoj analizi, niti se prate. Nesporno je da za takva scenarija pojedine mere zaštite mogu imati preveliku cenu, ali se tom prilikom previđa činjenica da se odbacivanjem takvih scenarija odbacuje i mogućnost praćenja razvoja uzroka nastanka scenarija, koji ne moraju nositi velike troškove. Fokusiranjem na uzročne mehanizme, troškovi se kontrolišu od ranog početka razvoja sistema, usmereni su na uzroke i na podizanje kapaciteta izdržljivosti sistema, a ne na posledice dešavanja neželjenog događaja.

Na primeru Vrutaka, prethodno je potpuno ignorisana opasnost znatne degradacije kvaliteta vode u akumulaciji, što je bio jedan slučaj najgoreg scenarija. Recimo, da je na početku razvoja sistema za snabdevanje vodom grada Užica odbačen scenario zagađenja akumulacije zbog visoke cene izgradnje sofisticiranog postrojenja za prečišćavanje vode. Međutim, identifikacijom i praćenjem indikatora bezbednosti za ovaj najgori slučaj, u ranoj fazi migracije sistema ka stanju povećanog rizika, mogle su se predvideti potrebne kontrolne akcije na praćenju uzročnog mehanizma zagađenja sa stanovišta vode za piće. Potrebne kontrolne akcije (akcije oblikovanja) ticale bi se nametanja nedostajućih bezbednosnih ograničenja u socio-tehničkoj kontrolnoj strukturi bezbednosti, od strane pojedinih kontrolera, i ne bi zahtevale veće investicije u postrojenje za prečišćavanje. Prema tome, ukoliko scenario neke nesreće nije nemoguć, treba ga uzeti u obzir za uključivanje u program indikatora bezbednosti.

Utvrdjivanje važnih pretpostavki i indikatora bezbednosti

Identifikacija važnih pretpostavki za primenu u konceptu indikatora bezbednosti počinje od uzroka nesreća, odnosno nedostataka kontrola koje vode do opasnosti, utvrđenih u odeljku V.6. Pretpostavke su u osnovi (i) inženjerskih odluka (u razvoju i izgradnji sistema), (ii) u upravljačkoj i organizacionoj kontrolnoj strukturi bezbednosti (pri funkcionisanju), i (iii) u koordinaciji (pri upravljanju), i tiču se elemenata (a) pod kojima će se koristiti sistem i (b) okruženja u kojem će sistem raditi.

Nakon identifikacije pretpostavki naredni koraci su da se generišu indikatori kojima će se detektovati kada ove pretpostavke više ne stoje. Ovaj korak se može u potpunosti nasloniti na analizu primera sprovedenu modelima i procesima teorije sistema, a zbog znatnog obima i potrebe za zaokruživanjem disertacije, na ovom mestu će se samo indikovati stavkama dole navedenim.

- (i) Utvrđivanje ranjivosti pretpostavki. Čak i ako je pretpostavka ocenjena kao ranjiva, to može biti tako samo ako dođe do značajne promene u sistemu ili okruženju. Napominje se da je u ovom radu demonstrirana analiza nebezbednih kontrolnih akcija visokog-nivoa hijerarhije, u odeljku V.6, pa će se za 2 primera pretpostavki uzeti element prvo utvrđenog uzroka, tabela 16, i element drugog utvrđenog uzroka, tabela 17, radi mogućnosti praćenja metodologije:

#1: Raspolaganje potrebnim informacijama o sistemu (osobine i konfiguracije komponenti sistema).

#2: Raspolaganje potrebnim informacijama o kvalitetu vode akumulacije.

#3: Raspoloživost *multilevel* zahvata vode na brani akumulacije „Vrutci”.

- (ii) Utvrđivanje specifičnih putokaza. Putokazi treba da pokrenu procedure upravljanja promenama, a naročito potrebnu analizu uticaja promene na bezbednost.

#1: Za putokaz može se odrediti vremenski period od 5 godina, što je zakonski rok za periodičnu procenu vrednosti imovine, kada se može razmotriti da li je postojeći način pribavljanja podataka odgovarajući.

#2: Putokaz: vremenski period od 1 godine što se poklapa sa izveštajem o eko statusu akumulacija koje obezbeđuje Državna uprava.

#3: Putokaz: vremenski period od 1 godine.

- (iii) Definisane indikatore bezbednosti. Indikatori se definišu korišćenjem ranjivosti i ozbiljnosti u vezi sa narušavanjem pretpostavki. Svaki indikator bezbednosti treba navesti zajedno sa: (i) povezanim pretpostavkama, (ii) kako će biti proverene, (iii) kada će biti proverene i akcijama koje treba preduzeti ukoliko je indikator istinit (pretpostavka je narušena).

#1: Indikator: Dužina vodovodne mreže bez zahtevanih podataka: prečnik, materijal, starost (%).

#2: Indikator: Propisani Izveštaj operativnog monitoringa o kvalitetu vode akumulacije, kao vodozahvata sistema za snabdevanje vodom za piće (ima/nema).

#3: Indikator: Broj zahvata u funkciji snabdevanja vodom (%).

Na ovaj način određeni, indikatori su vodeći ili napredni, i zasnovani na aktivnostima, što direktno omogućava rad na njihovom unapređenju.

POGLAVLJE VI

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

VI.1 Cilj istraživanja

Cilj naučnog istraživanja bilo je sagledavanje, opredeljivanje i demonstracija metodologije analize rizika pri upravljanju infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema, vodeći računa o sistemskim zahtevima i karakteristikama infrastrukture, kao doprinos naučnom rešavanju unapređenja donošenja odluka pri upravljanju složenim komunalnim sistemima.

Osnovna hipoteza je da funkcionisanje i upravljanje vodovodnim sistemom mora da bude plansko, da uključi sve zainteresovane strane, da vodi računa o životnom veku sredstava, da se zasniva na poznavanju funkcija, performansi i stanja sredstava, kako postojećih tako i ciljnih.

Dodatne hipoteze, kao iskazi koji su proveravani istraživanjem, postavljene su tako da su sagledavane i testirane iz teorijskog sistema ili prethodnog znanja: (h1) Rizik koji se razmatra mora biti sveobuhvatan i ukupan; (h2) Upravljanje sredstvima može da se vrši na odgovarajući način jedino putem upravljanja sistemom kao celinom; i (h3) Metodologija analize rizika treba da bude saglasna prirodi sistema koji se razmatra.

Naučne metode koje su primenjene tokom rada na disertaciji su: empirijska istraživanja na izabranom vodovodnom sistemu, modeliranje i analiza rizika, i primena teorije sistema i teorije kontrole.

VI.2 Predmet istraživanja

Predmet istraživanja kojima se ova disertacija bavila mogu se svrstati u dve oblasti, u oblast rizika i u oblast upravljanja sredstvima (složenih) vodovodnih sistema.

VI.2.1 ISTRAŽIVANJE ASPEKTA RIZIKA

Postoji puno konfuzije i nedosledne terminologije u vezi sa pojmom „rizik” (Bedford i Cooke, 2001). U suštinskom smislu, pitanje rizika je centralno pitanje procesa odlučivanja. Proces donošenja odluka može da se okarakterise i kao deo procesa upravljanja nekim sistemom kojim se donose odluke o izboru upravljačkih aktivnosti potrebnih za funkcionisanje sistema. Inženjerski infrastrukturni sistemi se gotovo uvek planiraju, projektuju, grade, i funkcionišu pod neizbežnim uslovima rizika i neizvesnosti, pri čemu se obično očekuje da postignu višestruke i konfliktne ciljeve. Da bi bila efikasna i smisljena, analiza rizika mora da bude sastavni i eksplicitni deo ukupnog sistema upravljanja, odnosno procesa donošenja odluka, a ne poseban, birokratski prilog ili formalni dodatak tehničkoj analizi. Rizik je delikatan za definisanje i kao društveni konstrukt predmet je psiholoških pristrasnosti.

Definicije rizika koje se uobičajeno koriste u praksi mogu se svrstati u nekoliko kategorija, u kojima se rizik izražava: putem verovatnoća pojave opasnosti i težine posledica, putem verovatnoća pojave posledica i njihove težine, putem neizvesnosti ishoda, putem očekivane vrednosti štete ili u odnosu na ciljeve. Ključne definicije rizika, kako autor shvata, svakako su kvantitativna definicija (Kaplan i Garick, 1981), tradicionalna inženjerska (Wilson i Chrouch, 1982) i ISO (2009). Okvir za razmatranje rizika (analiza, procena i upravljanje rizikom) se poput definicije rizika takođe definiše na mnogostruke načine, što doprinosi nekonzistentnosti. Cilj analize rizika je da opiše rizik, odnosno da predstavi informativnu sliku rizika (Aven, 2008). Za predstavljanje takve slike u disertaciji se koristi „leptir-mašna” dijagram, koji ilustruje gradivne blokove rizika, odnosno analize rizika. Metodologija analize rizika za upravljanje infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema svakako da treba da bude u saglasju sa problemom koji se rešava. Često predlažemo rešenja za probleme koje ne razumemo, a onda smo iznenađeni kada rešenja nemaju očekivani efekat (Leveson, 1995).

Poreklo rizika proističe iz neizvesnosti u ishodima. Jedan od uobičajenih zabluda o riziku je da se odnosi samo na neizvesne događaje koji bi se mogli dogoditi u budućnosti. Međutim, treba imati na umu šire uzroke neizvesnosti, a Hastings (2004) za složene inženjerske sisteme neizvesnost sublimira kroz dvosmislenost, aleatorsku, epistemsku i neizvesnost interakcija.

Kvantitativna analiza rizika (QRA), koja se obično svrstava u naučnu platformu, obezbeđuje numerička predviđanja za verovatnoće i posledice, uz prateće neizvesnosti (Rausand 2011). QRA može da bude efikasna u rešavanju pojedinih dobro definisanih problema u sistemima koji se odlikuju slučajnim otkazima, gde je statistička analiza odgovarajući pristup za analizu. Apostolakis (2004) navodi da aktuelne QRA ne postupaju pravilno ili uopšte ne postupaju sa, između ostalog, manjkavostima u planiranju, projektovanju i funkcionisanju, što je posebno važno ako sistem ne radi prema predviđenim uslovima. Pored toga, koncepcija lanca-događaja nesreća koja se obično koristi za PRA ne može da objasni indirektno, nelinearne i povratne veze koje karakterišu mnoge nesreće u složenim sistemima, a Leveson (2004) podseća da su QRA tehnike napravljene za konvencionalne elektro-mehaničke sisteme gde su odnosi između otkaza i komponenata jasni.

Važna uloga procesa donošenja odluka svakako je da unapredi uključivanje analize rizika u planiranje i projektovanje, zbog činjenice da je veliki broj neželjenih događaja svoje korene imao upravo u tim fazama. Pri projektovanju fokus se uglavnom stavlja na tehnički sistem, ali je potrebno uključivanje i ostalih faza životnog ciklusa vodovodnih sistema, posebno operativne faze u kojoj ljudski i organizacioni faktori imaju možda i još važniju ulogu (Hale i dr., 2007).

Do nedavno opšta percepcija u sektoru voda bila je da procena rizika obezbeđuje samo okvir za razmatranje zdravstvenih aspekata, bezbednosti i zdravlja na radu i incidenata u životnoj sredini. WHO (2005, 2008) ističe da testiranje krajnjeg proizvoda nije dovoljno da potrošačima garantuje bezbednu vodu za piće. Umesto toga, preporučuje pripremu Planova za bezbednost vode na bazi rizika na konceptu višestrukih barijera, uključujući procenu sistema, operativni monitoring i planove upravljanja.

Tradicionalno, vodovodna preduzeća upravljaju rizicima pomoću retrospektivnog pristupa u kome prethodna iskustva ili incidenti obezbeđuju glavne ulazne elemente za razvoj standarda za planiranje, projektovanje i operativne procedure. Generalno govoreći, može se navesti da su sledeće prakse tipične kada se govori o analizi rizika u sektoru voda: planovi za bezbednost vode i HACCP. U međuvremenu, sposobnost da se shvati, komunicira, procenjuje i upravlja rizik postaje suštinska poslovna delatnost. Pojava rizika je prvenstveno vođena povećanjem očekivanja korisnika i strogih zakonskih zahteva (Hrudey i dr., 2006). Konstatovano je da analiza rizika treba da proširi svoj domet izvan inženjerskih sistema, i da sagledava upravljačke (sistemske) i ljudske faktore kao podjednako važne za efektivno upravljanje rizikom.

Hipoteza h1 testirana je time što je pokazano da je rizik složen pojam, da sadrži uzroke, opasnosti, barijere, neželjene događaje i posledice, da je prisutan kako u planiranju i projektovanju, tako i pri funkcionisanju sistema, da treba da obuhvati sve interesne strane, sve aspekte, i da pored tehničkih treba da obuhvati i ljudske i organizacione faktore, i to na sistemski način.

VI.2.2 ISTRAŽIVANJE UPRAVLJANJA SREDSTVIMA

Sredstvo je nešto (stavka, stvar ili entitet) što ima potencijalnu vrednost za organizaciju i za koju organizacija ima odgovornost (ISO 55000, 2014). Infrastrukturna sredstva vodovodnih sistema predstavljaju veliki deo vrednosti ukupne opštinske javne infrastrukture. Starenje infrastrukture i regulatorni zahtevi stavljaju sve veći značaj na primenu pristupa koji uključuje različite vremenske horizonte, interesne strane, životni vek sredstava, svojstvene rizike i performanse, kako sadašnje tako i ciljne. Skup praksi i alata koji se primenjuju na ovom zametnom problemu je okarakterisan kao upravljanje infrastrukturnim sredstvima (eng. Infrastructure Asset Management - IAM).

Slično riziku, brojnost definicija za AM predstavlja mnoštvo različitih percepcija i interesa u njegovoj primeni. Vanier-ova (2000) formulacija se prevashodno odnosi na održavanje sredstava, a definicija ISO je usmerena na organizaciju. Alegre i dr. (2006a) navodi da je AM je multidisciplinarna oblast, koja zahteva kompetencije u inženjeringu, upravljanju i informacijama. Aktuelne definicije AM odnose se na organizaciju. Ciljevi (organizacije) uvode integraciju pojedinih sredstava u sistem. Cilj je svojstvo

organizacije, odnosno sistema, a ne sredstava, što je na tragu geštalt principa. Tek vodovodni sistem u celini je okvir za holističko (celovito) upravljanje pojedinim sredstvima. Upravljanje vodovodnim sistemom, kao okvirom koji se sastoji iz društvenog i tehničkog dela, pruža mogućnosti da se u obzir uzmu i interakcije pojedinih komponenti sistema. Ciljevi sistema, dakle, apsorbuju i (i) performanse sredstava i (ii) njihove interakcije. Upravo u ovom kontekstu, u ovom radu, istražena je odgovarajuća metodologija analize rizika.

Hipoteza h2 testirana je time što je pokazano da upravljanje sredstvima može da se vrši na odgovarajući način jedino putem upravljanja vodovodnim sistemom kao celinom.

Pri rešavanju problematike snabdevanja vodom, mi se suočavamo sa složenošću. Jedan način obuhvatanja složenosti je apstrakcija hijerarhije, sakrivanje (u smislu kontrole prikaza) informacija i različiti formati predstave sistema i znanja. Inženjeri u mnogim disciplinama koriste pristup apstrakcije hijerarhije za osmišljavanje i izgradnju složenih sistema. Složeni sistemi imaju svojstvene karakteristike čije je prepoznavanje i analiziranje polazište za određivanje odgovarajuće metodologije analize rizika. Brojne interesne strane, česte promene unutrašnjih odnosa i uslova okruženja, zahtevaju adaptivnost pri upravljanju u sektoru voda. Kao takvi, adaptivni sistemi imaju veću izdržljivost, a u skladu sa principima inženjeringa izdržljivosti, otkaz je rezultat (neodgovarajućih) adaptacija potrebnih da bi se nosilo sa trenutim uslovima, a ne kvara (Hollnagel, Woods, Leveson, 2004). Kod sistema za snabdevanje vodom za piće tehnički delovi sistema su čvrsto integrisani sa ljudskim aktivnostima, pa se mogu smatrati socio-tehničkim sistemima. Većina organizacionih i tehnoloških sistema, kakvi su i vodovodni sistemi, hijerarhijska je po strukturi, a upravljanje rizikom ovakvih sistema mora biti vođeno i biti odgovarajuće takvoj strukturi.

Hipoteza h3 testirana je time što su osvetljeni pojedini ključni elementi putem kojih je moguće sagledati karakteristike vodovodnih sistema, a u skladu sa kojima se treba opredeliti za odgovarajuću metodologiju analize rizika.

VI.3 Zaključci

Poslednjih godina povećana je diskusija i rasprava o promeni paradigme u sektoru voda. Postojeća naučna praksa ne može da izađe iz okvira pouzdanosti i modela na bazi verovatnoća. Uprkos proširivanju perspektive, od sagledavanja vodovodnih sistema kao isključivo tehničkih, do uključivanja ljudskih i organizacionih faktora, verovatnoće su ostale centralni koncept u pristupu na bazi rizika. Međutim, do nesreća ne dolazi samo zbog otkaza pojedinih komponenti, već i disfunkcionalnim interakcijama komponenti socio-tehničkog sistema, neobuhvaćenim poremećajima iz okruženja, ali i manjkavostima tokom planiranja i projektovanja, i organizacionim i upravljačkim manjkavostima tokom funkcionisanja sistema, za koje verovatnoće ne znamo, a koji su determinističke prirode. Promena paradigme u analizi rizika koristi se kao promena perspektive i načina na koji se gleda u problem. U tom smislu, neželjeni događaj shvatiće se kao rizik koji se ostvario. Promena paradigme u analizi rizika odnosi se na promene u pristupu: (i) počevši od analize rizika, (ii) preko analize nesreća, (iii) do analize bezbednosti, kao vrste antipoda riziku, a fokus analiza se time pomera od fokusa na previde (nesreće, neželjene događaje) ka fokusu na uvide u procese i stanja (izdržljivost) sistema.

Dolaskom na ovo stanovište pažnja se usmerila na bezbednosni inženjering i modele uzročnosti nesreća kao jedan od njegovih osnovnih fokusa. Način na koji razmišljamo o načinu na koji nesreće nastaju uobličava i metodologiju po kojoj ćemo analizirati neki sistem u nastojanju da nesreće sprečimo. Takvi modeli objašnjavaju zašto se nesreće dešavaju i utvrđuju načine na koje se sprečavaju i istražuju. Neko možda nije svestan da koristi neki model, ali ga ipak koristi. Uz sekvencijalne i epidemiološke modele nesreća (koji spadaju u modele lanca-događaja, po kojima se nesreća bazira na događajima), sistemski modeli odnose se na nesreće složenih organizacionih sistema (normalne nesreće i visoko pouzdane organizacije), inženjering kognitivnih sistema i pristup teorije sistema (perspektivu distribuiranog donošenja odluka i modele i procese teorije sistema).

VI.3.1 PREDLOG METODOLOGIJE

Teorija sistema

Modeli i procesi teorije sistema (Leveson, 2004), koji su disertacijom opredeljeni kao odgovarajući za metodologiju analize bezbednosti kao vrste antipoda riziku pri upravljanju infrastrukturnim sredstvima vodovodnih sistema zasnovani su na konceptu teorije sistema, teorije kontrole i elementima kognitivnog inženjeringa. Ovom metodologijom, funkcionalna šema sistema predstavlja se kontrolnom strukturom bezbednosti. Svaki nivo socio-tehničke strukture sistema sprovodi kontrolu nad bezbednosti nižeg nivoa (kao pojavnom svojstvu sistema), koja proizilazi iz: (1) otkaza komponenti, (2) disfunkcionalnih interakcija između komponenti, ili (3) neobuhvaćenog poremećaja okruženja. Upravljanje bezbednošću zahteva nametanje ograničenja procesu na nižem nivou, tokom razvoja i funkcionisanja sistema, kako bi sistem ostao unutar bezbednih margina.

Ograničenja kao srž metodologije

Bezbednost se shvata kao zadatak nametanja ograničenja neophodnih da ograniče ponašanje sistema na bezbedne promene i adaptacije. Nesreće se vide kao rezultat neadekvatne kontrole ili manjkavosti nametanja ograničenja na ponašanja na svakom nivou kontrolne strukture razvoja i funkcionisanja sistema.

Nastanak nesreća

Nesreće nastaju kada kontrole nisu sprečile ili otkrile neadaptivne promene, to jest:

- identifikovanjem bezbednosnih ograničenja koja su povređena na svakom nivou kontrolne strukture, kao i zašto su ograničenja bila neadekvatna ili,
- ako su bila potencijalno adekvatna, zašto sistem nije bio u stanju da izvrši odgovarajuću kontrolu nad njihovim sprovođenjem.

Proces koji dovodi do nesreće može da se opiše u smislu funkcije adaptivne povratne sprege koja ne uspeva da održi bezbednost kako se performanse menjaju tokom vremena da bi se ispunio skup ciljeva i vrednosti generisanih od strane samog sistema.

Značaj događaja

Modeli-lanaca se baziraju na događajima. Modeli i procesi teorije sistema se baziraju na procesima. Događaji se shvataju kao efekti disfunkcionalnih interakcija i neadekvatne primene bezbednosnih ograničenja, i rezultat su neadekvatne kontrole. Metodologija razmatra bezbednosnu kontrolnu strukturu da bi se utvrdilo zašto je neadekvatna da održi ograničenja bezbednog ponašanja.

Ljudski i organizacioni faktori

Ljudski i organizacioni faktori, kao što su neodgovarajuće ponašanje, manjkavosti u organizaciji i neadekvatno donošenje odluka mogu se uključiti u model, što omogućava obuhvatanje nelinearnih odnosa koji odražavaju dinamiku ponašanja kontrolisanjem ponašanja čitave tehničke i organizacione strukture tokom vremena.

Tradicionalne tehnike analize opasnosti

Tradicionalne tehnike analize opasnosti ograničene su fokusom na neuspešan događaj i ulogu otkaza komponenti u udesima, i ne mogu da obuhvate manjkavosti tokom planiranja i projektovanja, niti uključuju organizacione i upravljačke manjkavosti. Time se ne uzimaju u obzir složene interakcije čovek-mašina, priroda složenih socio-tehničkih sistema i distribuirano donošenje odluka koje prelazi fizičke i organizacione granice.

Rezime

Osnovne razlike između sistemskog pristupa i tradicionalnih pristupa su:

- sistemsko razmišljanje o celini, uz spuštanje ka komponentama, omogućeno kognitivnom tehnikom apstrakcije hijerarhije,
- zasnovanost na procesima (na uvidu u sistem), ne na događajima (na previdima), odnosno upravo nezavisnost modela od događaja,
- obuhvatanje integrisanog socio-tehničkog sistema kao celine, uz postojanje složenih odnosa između tehničkih, organizacionih i društvenih aspekata.

Fokus disertacije nije na tehničkim detaljima sistema, ili na individualnom ljudskom ponašanju, već na interakcijama na nivou čitavog socio-tehničkog sistema, procesima i faktorima koji utiču na donošenja odluka o bezbednosti i riziku u vodovodnim sistemima. Tehnički rizik povezan sa individualnim opasnostima sistema je svakako od ključnog značaja za kompletnu analizu rizika. Međutim, kako je ustanovljeno da se AM odnosi na

organizaciju odnosno na sistem u celini, fokus ove disertacije je na donošenju odluka pod uticajem sistemskih faktora koji utiču na bezbednost sistema.

Na ovaj način postavljeno, model odgovara vodovodnim sistemima koje karakteriše adaptivno upravljanje, koji su hijerarhijski struktuirani socio-tehnički sistemi i ima sistemski pristup na bazi inženjeringa izdržljivosti. Zbog delikatnosti pojma rizik, na ovaj način napravljen je otklon od rizika i koncept bezbednosti je opredeljen kao odgovarajući sistemskoj prirodi vodovodnih sistema. Ključni elementi AM: planovi organizacije, interesne strane, životni ciklus sredstava, postojeće stanje, i ciljevi, obuhvaćeni su metodologijom kroz kontrolnu strukturu bezbednosti i kontrolne akcije, odnosno bezbednosna ograničenja.

Ovim je završeno testiranje hipoteze h3, a time i osnovne hipoteze od koje se pošlo u naučnom istraživanju da funkcionisanje i upravljanje vodovodnim sistemom mora da bude planski, da uključi sve zainteresovane strane, da vodi računa o životnom veku sredstava, da se zasniva na poznavanju funkcija, performansi i stanja sredstava, kako postojećih tako i ciljnih.

Krajnji cilj disertacije je projektovanje i funkcionisanje vodovodnih sistema koji će biti bezbedniji. Ova disertacija predstavlja okvir za modeliranje aspekta bezbednosti vodovodnih sistema, u smislu odsustva nesreća ili šteta, kao vrste antropoda riziku, pružanjem odgovora povodu izrade disertacije za moguće načine:

- unapređenja funkcionisanja vodovodnih sistema na sistemski način, i
- stvaranja okruženja za održivu primenu naučnih i stručnih tehnika rada u praksi.

VI.3.2 PRIMENA METODOLOGIJE

Primer obrađen u disertaciji konačno demonstrira da nesrećnog događaja nije bilo, nije bilo otkaza pojedine komponente, već da je došlo do migracije sistema ka stanju povećanog rizika, pri čemu je sistem prešao bezbednu granicu. Metodologijom su struktuirani pojedini koraci koji su primenjeni na razmatranom primeru.

Nakon formiranja funkcionalne kontrolne strukture snabdevanja vodom grada Užica, sprovedena je analiza procesa po kojima funkcioniše čitav socio-tehnički sistem, i konstatovana je erozija i degradacija brojnih bezbednosnih ograničenja, što od samog početka, što tokom godina rada.

Na nivou fizičkog sistema konstatovano je da npr. zaštita izvorišta nije sprovedena, režim upravljanja akumulacijom nije poštovan, PPV nije održavano u tehnički ispravnom stanju. Na višim nivoima kontrolne strukture bezbednosti konstatovane su manjkavosti modela procesa (npr. jezička neodređenost pojma „vodozahvat”), kontrolnog algoritma (npr. u vezi sa postavljanjem direktnih zahteva za režim rada akumulacije akteru koji ne upravlja akumulacijom), sprovedenih kontrolnih akcija (npr. neodgovarajuće definisana bezbednosna ograničenja u pojedinim zahtevima), ali i izostanak nametanja predviđenih ograničenja (npr. upravljanja zonom sanitarne zaštite) i manjkavost mernih kanala (npr. neodgovarajući monitoring kvaliteta vode akumulacije i nadzor nad primenom predviđenih zahteva i zahtevanih ograničenja). Obuhvaćena je i neodgovarajuća koordinacija i komunikacija višestrukih kontrolera (npr. primopredaja upravljanja nad branom sa akumulacijom Vrutci).

Čitav socio-tehnički sistem koji je godinama bio u stanju povećanog rizika u jednom trenutku je prešao bezbedne margine, usled možda povišene temperature u jednom periodu. Da se prekomerno bujanje cijanobakterija nije desilo decembra 2013. godine, već bi neki drugi uslov doveo do nesreće. Ovakva vrsta analize bezbednosti sistema nema za cilj utvrđivanje krivca već unapređenje stanja u čitavoj kontrolnoj strukturi bezbednosti kako se slični slučajevi ne bi ponavljali.

Primena metodologije zahteva inventivnost, kreativnost, stručnost, iskustvo i posvećenost analitičara bezbednosti, odnosno analitičkog tima, ali i otvorenost interesnih strana u kontrolnoj strukturi bezbednosti radi što efektivnijeg korišćenja vremena za analizu.

Metoda ima primenu u projektovanju sistema upravljanja (bezbednošću), primenu u razvoju pojedinih projekata, ili u analizi istrage događaja koji su se već desili, što je ovde demonstrirano.

VI.3.3 SMERNICE ZA PRAVCE DALJEG ISTRAŽIVANJA

U suštinskom smislu, pitanje rizika je centralno pitanje procesa donošenja odluka. Uz to, predložena metoda je spoj teorije sistema, teorije kontrole i tehnika kognitivnog inženjeringa, što je otvorilo potpuno novu perspektivu autoru disertacije, kakvu nije naslućivao na početku rada. Koncept apstrakcije hijerarhije, kao tehnike kognitivnog inženjeringa, za unapređenje interfejsa čovek – mašina, odnosno donosilac odluke – tehnički sistem, obezbeđuje prikaz stanja sistema koji donosilac odluke može da koristi za rešavanje problema, shvatanje zahteva za rad i sprovođenje zadataka kontrole i praćenja nekog tehničkog sistema.

Apstrakcija hijerarhije ujedno je veoma koristan pristup za izradu boljih tehničkih specifikacija, odnosno zahteva i ograničenja kroz dokumentovanje sistema za sve faze životnog ciklusa, kojim se ljudi integrišu u inženjerski dizajn. Tehnička specifikacija nekog sistema za snabdevanje vodom može da se sagledava i kao interfejs između svih interesnih strana (onih koji sistem osmišljavaju, izvode, održavaju i koriste) i tehničkog sistema (bunara, postrojenja za prečišćavanje, sistema za distribuciju vode). Specifikacija može da pomogne, ili odmogne ako je neodgovarajuća, onima koji sistem osmišljavaju, izvode, održavaju i koriste, da dovoljno dobro razumeju systemske zahteve da bi kreirali fizički oblik, da bi pronašli probleme u tom fizičkom obliku, ili da menjaju taj fizički oblik. Ovakav pristup ima puno smisla primeniti posebno za realizaciju skupih infrastrukturnih objekata (PPV, PPOV, na primer, iza ili ispred kojih su sistemi za distribuciju ili sakupljanje otpadnih voda, respektivno), složenih po broju uključenih aktera, složenih po odnosima i uticajima, u svetlu smanjivanja neizvesnosti.

Razvijen u tehnologiji, mašinskom inženjerstvu i ergonomiji, ovaj pristup do sada nije korišćen za sagledavanje sistema za snabdevanja vodom za piće, što predstavlja otvoreno polje za zajednički poduhvat hidrotehničara i kognitivnih inženjera.

LITERATURA

- ACE (U.S. Army Corps of Engineers) (1992) *Guidelines For Risk And Uncertainty Analysis In Water Resources Planning*. Vol. I Principles With Technical Appendices. Report 92-R-1. Fort Belvoir, VA: Water Resources Support Center, Institute of Water Resources. 1992. 78 p.
- ACE (U.S. Army Corps of Engineers) (2004) *Water Resources Project Planning*. National Academies Press (NAP). ISBN: 0-309-09222-1. 122 p.
- Adams, J. (2007) Risk Management: It's not Rocket Science - It's Much More Complicated. In *Public Risk Forum*. European Institute for Risk Management, Valby, DK. 9-11.
- Adams, J. (1999) *Risky Business: The Management of Risk and Uncertainty*. ASI (Research) Ltd. ISBN: 1-902737-06-7. 50 p.
- Agencija za zaštitu životne sredine (AgZŽS) (2012, 2013) *Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2011. godinu*. Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine RS. 193/169 s.
- Agencija za zaštitu životne sredine (AgZŽS) (2014) *Status akumulacija u 2013. godini*. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine RS. 45 s.
- AIChE (American Institute of Chemical Engineers) (2000) *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, 2nd ed. AIChE, New York.
- Ale, B., L. Bellamy, R. Cooke, M. Duyvis, D. Kurowicka, P. H. Lin, O. Morales, A. Roelen, J. Spouge (2009) *Causal Model for Air Transport Safety: Final report*. Delft, Amsterdam, London. ISBN 10: 90 369 1724-7. 133 p.
- Ale, B., L. Bellamy, R. van der Boom, J. Cooper, R. Cooke, L. Goossens, A. Hale, D. Kurowicka, O. Morales, A. Roelen, J. Spouge (2009) Further development of a Causal model for Air Transport Safety (CATS): Building the mathematical heart. *Reliability Engineering & System Safety*. Volume 94, Issue 9, 1433–1441.
- Ale, B., I. Papazoglou, E. Zio (2010) Editorial Special Issue ESREL 2010. *Reliability Engineering & System Safety*. V105, doi:10.1016/j.ress.2012.06.015. p.1–2.
- Alegre, H., J. Baptista, E. Cabrera, F. Cubillo, P. Duarte, W. Hirner, W. Merkel, R. Parena (2006) *Performance Indicators for Water Supply Services - Second Edition*. ISBN 1843390515. 289 p.

- Alegre, H. (2009) *Current drivers, challenges and trends of infrastructure asset management*. Keynote paper, Japan 2009.
- Alegre, H., D. Covas (2010) *Infrastructure asset management of water services*. (in Portuguese). Technical Guide n.16. ERSAR, LNEC, IST, Lisboa., 472, 978-9-89836-004-5.
- Allbee, S. (2005) America's Pathway to Sustainable Water and Wastewater Systems, *Water Asset Management International*, 1:1, 9-14.
- Amadi-Echendu, J., R. Willett, K. Brown, J. Lee, J. Mathew, N. Vyas, B. Yang (2007) What Is Engineering Asset Management? *2nd World Congress on Engineering Asset Management and the 4th International Conference on Condition Monitoring*, Harrogate, United Kingdom, Vol. 2007, pp. 116–129.
- Apostolakis, G. E. (1990) The concept of probability in safety assessment of technological systems. *Science*, 250(4986):1359–1364. doi: 10.1126/science.2255906.
- Apostolakis, G. E. (2004) How Useful is Quantitative Risk Assessment. *Risk Analysis* 24(3): 515-520.
- Apted, R. (2011) Accident Modeling. *Large Scale Complex IT Systems Initiative (LSCITS)*, UK. p.57.
- Asbeck, E., Y. Y. Haimes (1984) The partitioned multiobjective risk method. *Large Scale Systems*, 6(1), 13–38.
- Ashby, W. R. (1956) *An Introduction to Cybernetics*, Chapman and Hall, London.
- Aven, T., V. Kristensen (2005) Perspectives on risk: review and discussion of the basis for establishing a unified and holistic approach. *Reliability Engineering & System Safety* 90:1-14.
- Aven, T., S. Sklet, J. E. Vinnem (2006) Barrier and operational risk analysis of hydrocarbon releases (BORA-Release) Part I. Method description. *Journal of Hazardous Materials A137* (2006) 681–691. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.03.027.
- Aven, T., J. E. Vinnem (2007) *Risk Management: With Applications from the Offshore Petroleum Industry*. Springer-Verlag London. ISBN 978-1-84628-652-0. 200 p.
- Aven, T. (2008) *Risk Analysis: Assessing Uncertainties beyond Expected Values and Probabilities*. John Wiley & Sons Ltd. ISBN 978-0-470-51736-9. 194 p.
- Aven, T. (2009) *Evaluation of accident risks: Status and trends in risk analysis and evaluation*. Swedish Rescue Services Agency. ISBN 978-91-7253-425-4. 33 p.

- Aven, T. (2010) On how to define, understand and describe risk. *Reliability Engineering and System Safety* 95. doi:10.1016/j.ress.2010.01.011. 623–631.
- Aven, T., O. Renn (2009) The role of quantitative risk assessments for characterizing risk and uncertainty and delineating appropriate risk management options, with special emphasis on terrorism risk. *Risk Analysis*; 29(4):587-600. doi: 10.1111/j.1539-6924.2008.01175.x.
- Aven, T., O. Renn (2010) *Risk Management and Governance: Concepts, Guidelines and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-13925-3. doi 10.1007/978-3-642-13926-0. 276 p.
- Aven, T. (2011) *Quantitative risk assessment: The Scientific Platform*. University Press, Cambridge. ISBN 978-0-521-76057-7. 211 p.
- Babayan, A. V, D. A. Savic, G. A. Walters (2004) Multi-objective optimization of water distribution system design under uncertain demand and pipe roughness, *Journal of Water Resources Planning and Management*. ASCE. 131. doi:10.1016/B978-008044967-8/50008-7. 467-476.
- Bae, H., R. Grandhi, R. Canfield (2004) An approximation approach for uncertainty quantification using evidence theory. *Reliability Engineering and System Safety* 86. 215–225.
- Bea, R. (2001) Risk assessment and management of offshore structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*;3:180–7.
- Beck, M. B. (1987) Water quality modeling: A review of the analysis of uncertainty. *Water Resources Research*, 23:1393–1442.
- Beck, U. (1992) *Risk Society: Towards a New Modernity*. ISBN 0-8039-8346-8. 260 p.
- Beuken, R. i dr. (2007) *Identification and description of hazards for water supply systems – A catalogue of today’s hazards and possible future hazards*. Deliverable number D4.1.1, D4.1.2. Kiwa WR. TECHNEAU. 69 p.
- Bedford, T., R. Cooke (2001) *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods*. Cambridge University Press. New York. ISBN 978-0-521-77320-1. 393 p.
- Bellamy, L., I. Papazoglou, A. Hale, O. Aneziris, B. Ale, M. Morris, J. Oh (2000) *I-RISK: A quantified integrated technical and management risk control and monitoring methodology*. European Commission. EUR 19320. ISBN 92-828-9483-5. 92 p.

- Bellamy, L., T. Geyer (2007) *Development of a working model of how human factors, safety management systems and wider organisational issues fit together*. Research Report RR543. Health and Safety Executive UK. 191 p.
- Bellamy, L., T. Geyer, J. Wilkinson (2008) Development of a functional model which integrates human factors, safety management systems and wider organisational issues. *Safety Science*;46:461–92.
- Bellamy, L., A. van Galen, N. Dujim, K. Jørgensen, A. Dijkstra, H. Baksteen, O. Aneziris, I. Papazoglou (2015) *Success In The Face Of Uncertainty: Human Resilience And The Accident Risk Bow-Tie*. ERA-NET project SAFERA. p.98.
- Besnard, D., G. Baxter (2003) *Human compensations for undependable systems*. Technical Report Series CS-TR-819. University of Newcastle upon Tyne.
- Beven, K. (2009) *Environmental Modelling: An Uncertain Future?* Routledge. ISBN-13 9780415457590. 310 p.
- Bhave, P. (2003) *Optimal Design of Water Distribution Networks*. Alpha Science Int'l Ltd., Oxford, UK.
- Bisantz, A., K. Vicente (1994) Making the Abstraction Hierarchy Concrete. *International Journal Of Human-Computer Studies*. Volume 40, Issue 1. 83-117. doi: 10.1006/ijhc.1994.1005.
- Bishop, B. (1997) *Foreign Direct Investment in South Korea: Role of the State*. Ashgate Publishing Ltd, Aldershot, UK.
- Bohnenblust, H., P. Slovic (1998) Integrating technical analysis and public values in risk-based decision making. *Reliability Engineering & System Safety*. Volume 59, Issue 1, 151-159.
- Bradley R. (2007) *Cryptosporidium - Who is responsible?* <http://www.mlaw.ie/news/cryptosporidium-who-is-responsible>.
- Brown, R., C. Green (1980) Precepts of safety assessment. *Journal of the Operational Research Society*, 31, 563–571.
- Brown, R., G. Humphrey (2005) Asset management for transmission and distribution. *IEEE Power Energy Magazine* 3(3): 39–45. 10.1109/MPAE.2005.1436499
- Brown, R., J. Spare (2004) Asset Management, Risk, and Distribution System Planning. *Power Systems Conference and Exposition, 2004*. IEEE PES. 1681 – 1686 vol.3. ISBN 0-7803-8718-X. 10.1109/PSCE.2004.1397445.

- CAC (Codex Alimentarius Commission) (1969/1997/2003) *Hazard analysis and critical control point (HACCP) systems and guidelines for its application*. Annex to CAC/ RCP Rev. 1-1969, 3-1979, 3-1997, 4-2003. FAO/WHO.
- Campbell, S., G. Currie (2006) Against Beck: In defence of risk analysis. *Philosophy of the Social Sciences* 36 (2): doi.10.1177/0048393106287209. 149-172.
- Carey, J., M. Burgman (2008) Linguistic uncertainty in qualitative risk assessment and how to minimize it. In *Strategies for Risk Communication: Evolution, Evidence, Experience*. *Annals Of The New York Academy Of Sciences*. Volume 1128. 13-17.
- Causey, P. H. (2005) A National Asset Management Steering Council: the Time has Come, *Water Asset Management International*, 1:3, 10-13.
- Center for Chemical Process Safety (CCPS) (2001) *Layer of protection analysis simplified process risk assessment*. New York: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. ISBN 0-8169-0811-7. 292 p.
- Chapman, D. (1996) *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* - Second Edition. UNESCO/WHO/UNEP. ISBN 0 419 21590 5. 609 p.
- Checkland, P. (1981) *Systems Thinking, Systems Practice*. Chichester: John Wiley. 330 pp. ISBN 0 471 27911 0.
- Christensen, F., O. Andersen, N. Duijm, P. Harremoës (2003). Risk terminology- a platform for common understanding and better communication. *Journal of Hazardous Materials*, 103, doi:10.1016/S0304-3894(03)00039-6. Elsevier. 181–203.
- Clark, J., S. Carpenter, M. Barber, S. Collins, A. Dobson, J. Foley, D. Lodge, M. Pascual, R. Pielke, W. Pizer, C. Pringle, W. Reid, K. Rose, O. Sala, W. Schlesinger, D. Wall, D. Wear (2001) Ecological forecasts: An emerging imperative. *Science* 293:657-660.
- Clemen, R. T., R.L.Winkler (1999) Combining probability distributions from experts in risk analysis. *Risk Analysis* 19, 187-203.
- Cooke R. M., L. H. J. Goossens (1999) *Procedures Guide For Structured Expert Judgment*. Delft University of Technology Delft, The Netherlands. Directorate-general XI (Environment and Nuclear Safety) Directorate D (DG 11 CCJH). EUR 18820, Luxembourg/Brussels. 50 p.
- Cooke, D., T. Rohleder (2006) Learning from incidents: From normal accidents to high reliability, *System Dynamics Review*, 22(3), 213 –239.

- Cook, R., J. Rasmussen (2005) Going solid: a model of system dynamics and consequences for patient safety. *Qual. Saf. Health Care*. 2005;14:130-134.
- Corso, P. i dr. (2003) Cost of Illness in the 1993 Waterborne Cryptosporidium Outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerging Infectious Diseases*. Vol. 9. No 4. 426-431.
- Cortner, H. J., M. A. Moote (1994). Trends and Issues in Land and Water Resources Management: Setting the Agenda for Change. *Environmental Management*, 18: 167-173.
- Covello, V., P. M. Sandman (2001) Risk communication: Evolution and Revolution. Anthony Wolbarst (ed.), *Solutions to an Environment in Peril Baltimore*: John Hopkins University Press, 164–178.
- Cromwell, J E., E. Speranza (2007) Asset management too complicated? Just think about your car. American Water Works Association. *Journal*, 99 (1): 46.
- Cullen, A., C. Frey (1999) *Probabilistic Techniques in Exposure Assessment: A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs*. Springer. ISBN 978-0-306-45956-6. 336 p.
- Dašić, T. (2003) *Razvoj modela za planiranje pouzdanosti složenih vodoprivrednih sistema*, Doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd.
- Davis, T. (2006) *A Failure Of Initiative*. U.S. House of Representatives. Washington, D.C. ISBN 0-16-075425-9. 364 p.
- Dekker, S. E. Hollnagel, D. Woods, R. Cook (2008) *Resilience Engineering: New directions for measuring and maintaining safety in complex systems*. Lund University School of Aviation. 67 p.
- Dekker, S. (2008) Just culture: Who draws the line? *Cognition, Technology & Work* 11 (3), 177–185. ISBN-13 9781409422235.
- Dekker, S. (2011) *Drift into Failure: From hunting broken components to understanding complex systems*. Burlington, VT: Ashgate Publishing Company.
- Dempsey, P., M. Wogalter, P. Hancock (2006) Defining ergonomics/human factors. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*: 32.
- Dezfuli, M., M. Stamatelatos, G. Maggio, C. Evert, R. Youngblood (2010) *NASA Risk-Informed Decision Making Handbook*, NASA/SP-2010-576. 128 p.
- Dewar, J., C. Builder, W. Hix, M. Levin (1993) *Assumption-Based Planning: A Planning Tool for Very Uncertain Times*. MR-114-A. RAND Corporation. ISBN/EAN: 0-8330-1341-6. 78 p.

- Dhillon, B., Y. Liu (2006) Human error in maintenance: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 12(1), 21-36.
- DOE (U.S. Department of Energy) (1992) *DOE Guideline: Root Cause Analysis Guidance Document*. DOE-NE-STD-1004-92. Washington, D.C. 69 p.
- DOE (U.S. Department of Energy) (1999) *Conducting Accident Investigations DOE Workbook*, Revision 2, U.S. Department of Energy, Washington D.C.
- Dokas, I. (2009) Safety Approaches in Water Utilities and Systems Safety Engineering: A Comparison. Cork Constraint Computation Centre: Technical Report. TR-02-2009-01-01. 23 p.
- Dörner, D. (1996) *The Logic of Failure: Recognizing and Avoiding Error in Complex Situations*, translated by Rita and Robert Kimber, Metropolitan Books, New York. ISBN-10: 0201479486. 240 p.
- Douglas, M., A. Wildavsky (1982) *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technical and Environmental Dangers*. Berkeley. University of California Press, ISBN: 9780520050631. 224 p.
- Drobac, D. (2015) *Putevi izloženosti čoveka cijanotoksinima i njihov uticaj na zdravlje*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu. Prirodno-matematički fakultet. Novi Sad. 242 p.
- Dulac, N., N. Leveson, (2005) Incorporating Safety into Early System Architecture Trade Studies. *Int. Conference of the System Safety Society*.
- Dulac, N., N. Leveson, D. Zipkin, S. Friedenthal, J. Cutcher-Gershenfeld, J. Carroll, B. Barrett (2005) Using system dynamics for safety and risk management In *Complex engineering systems. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*. MIT. p.10.
- Dulac, N. (2007) *A Framework for Dynamic Safety and Risk Management Modeling in Complex Engineering Systems*. MIT. 338 p.
- DVGWW 1001 (2008) *Safe and secure drinking water supply – risk management under normal operating conditions*. DVGW Technical Guideline, Bonn.
- DVGWW 1002 (2008) *Safe and secure drinking water supply – organisation and management in the Event of a Crisis*. DVGW Technical Guideline, Bonn.
- DWA (2008) Water Service BI: Planning and Information Directorate (2007-2008). *Strategic Gap Analysis of Drinking Water Quality Management in Water Services Authorities in South Africa*.
- Đorđević, B. (1990) *Vodoprivredni sistemi*, Naučna knjiga, Beograd.

- Dorđević, B. (1997) Ugrađivanje pouzdanosti i pogodnosti održavanja u projekte hidrotehničkih sistema. *Vodoprivreda*, 169-170(5-6/1997). Beograd.
- EN 15975-1 (2011) *Security of drinking water supply - Guidelines for risk and crisis management - Part 1: Crisis management*. CEN.
- EN 15975-2 (2013) *Security of drinking water supply - Guidelines for risk and crisis management - Part 2: Risk management*. CEN.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2007) The Fundamentals of Asset Management. *Asset Management Workshops Training Slides*. US EPA.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2008) *Asset Management: A Best Practices Guide*. Office of Water (4606M) EPA 816-F-08-014. 5 p.
- Ericson, C. A. (2005) *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-72019-4. 459 p.
- The European Parliament and The Council (2012) Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC (SEVESO III). *Official Journal of the European Union* L 197/1. p.37.
- Fares, H., T. Zayed, (2009) Risk Assessment for Water Mains Using Fuzzy Approach. *Building a Sustainable Future*: 1125-1134. doi: 10.1061/41020(339)114.
- Ferdous, R. (2006) *Methodology for Computer Aided Fuzzy Fault Tree Analysis*. Memorial University, St John's, NL, Canada.
- Ferjencik, M. (2010) Root cause analysis of an old accident in an explosives production plant. *Safety Science* 48 (2010) 1530–1544. doi:10.1016/j.ssci.2010.06.003.
- Finger, M, R. Künneke (2009) Exploring socio-technical governance regimes in liberalizing network industries. Discussion paper series on the Coherence between institutions and technologies in infrastructures. WP0901. 12 p.
- Fischhoff, B., S. Lichtenstein, P. Slovic, S. Derby, R. Keeney (1981) *Acceptable risk*. Cambridge University Press, New York.
- Flage, R. (2010) *Contributions to the treatment of uncertainty in risk assessment and management*. University of Stavanger.

- Franks, A., G. Hughes, S. Hanif (2000) *A comparison of accident experience with Quantitative Risk Assessment (QRA) methodology*. Der Norske Veritas Ltd. HSE Books. ISBN 0 7176 1849 8. 97 p.
- Freudenburg, W. R. (1988) Perceived risk, real risk: social science and the art of probabilistic risk assessment. *Science*. 1988 Oct 7;242(4875):44-9.
- Fuchs-Hanusch, D., B. Kornberger, F. Friedl, R. Scheucher, H. Kainz (2012) Whole of Life Cost Calculations for Water Supply Pipes. *Proceedings of IWA LESAM 2011*, p.1-11.
- Gadd, S., D. Keely, H. Balmforth (2003) *Good practice and pitfalls in risk assessment*. Research Report 151. Health & Safety Executive (HSE). ISBN 0 7176 2732 2. p.54.
- Gay, L., S. Sinha, (2013) Resilience of civil infrastructure systems: Literature review for improved asset management. *International Journal of Critical Infrastructures* 9(4):330 – 350. January 2013. doi: 10.1504/IJCIS.2013.058172.
- Gibson, J. (1961). The contribution of experimental psychology to the formulation of the problem of safety – A Brief for Basic Research. In *Behavioural Approaches to Accident Research*. New York. 296-303.
- Godau, R. (2004) Infrastructure Systems Engineering. *INCOSE Insight*, 7(1), 7-11.
- Goodwin, S. (2007) Human Factors in QRA. *Report for International Association of Oil and Gas Producers*. Rev.00: Det Norske Veritas Ltd.
- Gordon, R. (1998) The contribution of human factors to accidents in the offshore oil industry. *Reliability Engineering and System Safety*; 61:95–108.
- Grad Užice (2011) *Lokalni ekološki akcioni plan grada Užica (LEAP) 2012 - 2016*. Grad Užice. 131 s.
- Graham, A., G. J. Kirmeyer, E. Wessels, E. Tenny, D. Harp, S. McKinney, C. Saill, B. Templin, D. Hughes, J. Fortin (2008) *Asset Management Research Needs Roadmap*, AwwaRF. ISBN 978-60573-015-8. 254 p.
- Grigg, N. (2003) *Water, Wastewater, and Stormwater Infrastructure Management*. Lewis Publishers. A CRC Press Company. ISBN 1-56670-573-8. 242p.
- Grigg, N. (1998) A New Paradigm for Water Management. *Simpósio Internacional Sobre Gestão De Recursos Hídricos*. Gramado, RS, de 5 a 8 de Outubro de 1998. 9 p.
- Grøtan, T. O., F. Størseth, E. Albrechtsen (2011) Scientific foundations of addressing risk in complex and dynamic environments. *Reliability Engineering and System Safety* 96. doi:10.1016/j.ress.2010.12.009. 706–712.

- Hale, A. (1999) Introduction: The goals of event analysis. In Hale, A., Wilpert, B., and Freitag, M. *After the event - From accident to organisational learning*. Pergamon, Oxford. 1-10.
- Hale, A., B. Kirwan, U. Kjellen (2007) Safe by design: where are we now? *Safety Science* 2007;45:305–27.
- Hale, A. (2009) Why safety performance indicators? *Safety Science* 47(4):479–480. doi: 10.1016/j.ssci.2008.07.018
- Haddon, W. (1966) The prevention of accidents. In *Preventive medicine*, ed. D. W. Clark, and B. MacMahon. Little, Brown and Company, Boston, pp. 591-621.
- Haddon, W. (1973) Energy damage and the ten countermeasure strategies. *Journal of Trauma* 13(4):321-331.
- Haddon, W. (1980) The basic strategies for reducing damage from hazards of all kinds. *Hazard Prevention*, September–October (pp. 8–12).
- Haimes, Y. Y. (2004) *Risk Modelling, Assessment, and Management*, 2nd edn. New Jersey. Wiley. ISBN 978-0470282373. p.837.
- Haimes, Y. (2007) Systems-Based Risk Assessment and Management. Presented at SI4000 *Summer AY2007 Systems Engineering Colloquium*. 46 p.
- Haimes, Y. Y. (2009a) On the complex definition of risk: A systems-based approach. *Risk analysis*, 29, 1647–1654.
- Haimes, Y. Y. (2009b) On the Definition of Resilience in Systems. *Risk Analysis*, 29: 498–501. doi:10.1111/j.1539-6924.2009.01216.x
- Haimes, Y. (2011) Systems-based risk analysis. Chapter in *Global Catastrophic Risks* (ed.) Nick Bostrom and Milan M. Cirkovic. Oxford University Press. ISBN-10: 0199606501. 576 p.
- Hammond, M. (2000) Asset management models - Putting theory into practice - "The tortoise and the hare". *DistribuTECH Europe 2000*. Vienna, PennWell.
- Harms-Ringdahl, L. (2004) Analysing Safety Functions and Barriers – Experiences from Different Industrial Sectors. In Spitzer, U., U.Schmocker, V.N.Dang (eds.) *Probabilistic Safety Assessment and Management*. Proceedings of ESREL 2004. Springer. pp 100 – 109.
- Hastings, D., H. McManus (2004). A Framework for Understanding Uncertainty and its Mitigation and Exploitation in Complex Systems. *Engineering Systems Symposium*, Cambridge, MA.

- Havelaar, A. (1994) Application of HACCP to drinking water supply. *Food Control*; 5: 145-152.
- Hayes, K. R. (2011) *Uncertainty and uncertainty analysis methods*. CSIRO. EP102467. 131 p.
- Heinrich, H.W. (1931). *Industrial accident prevention: a scientific approach*. McGraw-Hill.
- Helton, J. C., D. E. Burmaster (1996) Guest Editorial: Treatment of Aleatory and Epistemic Uncertainty in Performance Assessments for Complex Systems, *Reliability Engineering and System Safety*, Volume 54, 91–94.
- Helton, J. C., W. Oberkampf (2004). An exploration of alternative approaches to the representation of uncertainty in model predictions. *Reliability Engineering & System Safety*, 85(1):39–71. Special issue on Alternative Representations of Epistemic Uncertainty. doi: 10.1016/j.ress.2004.03.025.
- Higgins, M., A. Stroebele, S. Zahidi (2012) Numbers Don't Lie, PCCP Performance and Deterioration Based on a Statistical Review of a Decade of Condition Assessment Data. *Pipelines 2012: Innovations in Design, Construction, Operations, and Maintenance - Doing More with Less* © ASCE 2012. 298 – 306.
- Hopkins, A. (2009) Thinking about process safety indicators. *Safety Science* 47 (2009) 460–465. doi:10.1016/j.ssci.2008.07.020.
- Hoxie, N., J. Davis, J. Vergeront, R. Nashold, K. Blair (1997) Cryptosporidiosis-associated mortality following a massive waterborne outbreak in Milwaukee, Wisconsin. *Am. J. Public Health*. 1997 Dec;87(12):2032-5.
- Holand, P. (1997). *Offshore blowouts: Causes and control*. Houston, Tex: Gulf Publ. Co.
- Holling, C. S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4: 1-23.
- Holling, C. S. (1978) *Adaptive Environmental Assessment and Management*, John Wiley and Sons, New York. 377 p. ISBN 0 471 99632 7.
- Holling, C. S. (1995) What Barriers? What Bridges? in *Barriers and Bridges to the Renewal of Ecosystems and Institutions*. Edited by L. Gunderson, C. S. Holling, and S. Light. New York: Columbia University Press.
- Hollnagel, E., D. Woods (1983) Cognitive Systems Engineering: New wine in new bottles. *Int. J. Man-Machine Studies* (1983) 18, 583-600.
- Hollnagel, E. (1993) *Human Reliability Analysis: Context and Control*, London: Academic Press.

- Hollnagel, E. (1999) *Accident analysis and barrier functions*. Halden, Norway: Institute for Energy Technology. 8 p.
- Hollnagel, E. (2000) On understanding risk: Is human reliability a red herring? In Svedung, I (ed.) *ESReDa-seminar: Risk Management and Human Reliability in Social Context*, Karlstad, Sweden. ISBN 92-828-6738-2. 111-119.
- Hollnagel, E. (2002) Understanding Accidents - From Root Causes To Performance Variability. The 2002 *IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants: New Century, New Trends*, (p. 1-6), September 15-19, Scottsdale, AZ, USA. (Persensky, J. J., Hallbert, B. & Blackman, H. (eds.) IEEE.)
- Hollnagel, E. (2004) *Barriers and accident prevention*. Aldershot, UK: Ashgate. ISBN 0754643018. p.226.
- Hollnagel, E., D. Woods (2005) *Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 9780849328213. 240 p.
- Hollnagel, E., D. Woods, N. Leveson (eds.) (2006) *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK: Ashgate. ISBN-10: 0754649040. 410 p.
- Hollnagel, E. C. Nemeth, S. Dekker (2008) *Resilience Engineering Perspectives. Volume 2. Preparation and Restoration*. Aldershot: Ashgate Publishing Limited.
- Hollnagel, E. (2012) A Tale of Two Safeties. *Nuclear Safety and Simulation*, 4(1), 1-9.
- Hollnagel, E. (2012) *FRAM - The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical Systems*. Farnham, UK: Ashgate. 154 p. ISBN-10: 1409445518.
- Hoyos, C. G., B. Zimolong (1988) *Occupational Safety and Accident Prevention, Behavioral Strategies and Methods*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Hooper, R., R. Armitage, A. Gallagher, T. Osorio (2009) *Whole-life infrastructure asset management: good practice guide for civil infrastructure*. CIRIA C677. RP737. CIRIA. ISBN: 978-0-86017-677-0. 113 p.
- Hrudey, S., E. Hrudey (2004) *Safe drinking water - lessons from recent outbreaks in affluent nations*, IWA Publishing, London. 514 p.
- Hrudey, S., E. Hrudey, S. Pollard (2006) Risk management for assuring safe drinking water. *Environment International*, Volume 32, Issue 8, 948-957.
- Huang, Y. (2007) *Having a New Pair of Glasses Applying Systemic Accident Models on Road Safety*. Linköping University. ISBN 91-85643-64-5. 96 p.

- Hokstad, P., J. Røstum, S. Sklet, L. Rosén, T. J. R. Pettersson; A. Linde, S. Sturm, R. Beuken, D. Kirchner, C. Niewersch (2009) *Methods for risk analysis of drinking water systems from source to tap - Guidance report on Risk Analysis*, SINTEF, TECHNEAU project, Deliverable number D 4.2.4, 115 p.
- Horppila, J., L. Nurminen (2005) Effects of different macrophyte growth forms on sediment and Presuspension in a shallow lake. *Hydrobiologia* 545:167–175.
- HSE (2003) *Organisational change and major hazards*, Health and Safety Executive. HSE Books; Chemical Information Sheet No CHIS7. p.8.
- Hughes, D. (2005) Condition based risk management (CBRM) - enabling asset condition information to be central to corporate decision making. *CIREC - 18th International conference on electricity distribution*. Turin.
- Hutton, C. J., L. S. Vamvakeridou-Lyroudia, Z. Kapelan, D. A. Savic (2011) *Uncertainty Quantification and Reduction in Urban Water Systems (UWS) Modelling: Evaluation Report*. PREPARED, project number 244232. p.89.
- Hutton, C. J., Z. Kapelan, L. Vamvakeridou-Lyroudia, D. A. Savic. (2014) Dealing with Uncertainty in Water Distribution System Models: A Framework for Real-Time Modeling and Data Assimilation, *Journal Of Water Resources Planning And Management*, volume 140, no. 2, 169-183, doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000325.
- Hudson, P. (2009) Process indicators: managing safety by the numbers. *SafetyScience* 47: 483–485.
- Ilić, D. (ed.) (2013) *Zdravstveno-statistički godišnjak Republike Srbije 2012*. Institut za javno zdravlje „Milan Jovanović Batut“. Beograd. ISSN 2217-3714. 536 p.
- Imai, M. (1986) *KAIZEN: The Key to Japan's Competitive Success*, McGraw-Hill, New York. ISBN 0-394-55186-9.
- International Civil Aviation Organization (ICAO) (2013) *Safety Management Manual (SMM)*. ICAO Doc 9859. ISBN 978-92-9249-214-4.
- International Nuclear Safety Advisora Group (INSAG) (1992) *The Chernobyl accident: updating of INSAG-1. INSAG-7*. A Report by the International Nuclear Safety Advisory Group. ISBN 92-0-104692-8. 135 p.
- International Nuclear Safety Advisora Group (INSAG) (1996) *Defence In Depth In Nuclear Safety. INSAG-10*. International Atomic Energy Agency Vienna. ISBN 92-0-103295-1. 33 p.

- International Nuclear Safety Advisors Group (INSAG) (1999) *Basic Safety Principles For Nuclear Power Plants. 75-INSAG 3 Rev.1. INSAG-12*. International Atomic Energy Agency Vienna. ISBN 92-0-102699-4. 94 p.
- IPWEA (2006) *International Infrastructure Management Manual 2006 Edition*. ISBN 0-473-10685-X. 351 p.
- IEC 60300-3-9 (1995) *Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems*. Organization for Standardization, Geneva. Withdrawn – Replaced with IEC/ISO 31010 (2009).
- IEC/ISO 31010 (2009) *Risk management - Risk assessment techniques*. International Organization for Standardization, Geneva. 188 p.
- ISO 17776 (2000) *Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations - Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment*. International Organization for Standardization, Geneva. 59 p.
- ISO 31000 (2009a) *Risk management - Principles and guidelines*. International Organization for Standardization, Geneva. 24 p.
- ISO guide 73 (2009b) *Risk management- vocabulary*. International Organization for Standardization, Geneva. 15 p.
- ISO/IEC Guide 51 (2014) *Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards*. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 55000 (2014) *Asset Management – Overview, principles and terminology*. International Organization for Standardization, Geneva. 19 p.
- Ivetić, M., D. Kostić (2014) *Analiza i ocena rizika u funkciji bezbednog vodosnabdevanja - primeri iz sveta i Srbije. Konferencija Savremena građevinska praksa 2014*. Novi Sad, CePTOR - Centar za privredno - tehnološki razvoj Vojvodine. 16 p.
- IWA (2011) *Strategic Management Of Water and Wastewater Assets in India. A Primer for Utility Leaders. The Operation and Maintenance Network*. 9 p. Jacobs,R, S.Haber (1994) *Organizational processes and nuclear power plant safety. Reliability Engineering and System Safety*.;45:75–83.
- Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi” (J.Černi) (2015) *Prikupljanje podataka i izrada analiza i dokumentacije za sanaciju akumulacije „Vrutci“ – faza II (partija 1)*. Sveske 1, 2 i 3. Javno komunalno preduzeće „Vodovod“ Užice.

- Jack, U., P. de Souza, G. Mackintosh (2011) *Determining the Vulnerabilities and Risks of Water Services Infrastructure*. WRC Report No. 1893/1/11. ISBN 978-1-4312-0204-1. p.77.
- Jackson, S. (2004) From the Editor: Infrastructure Systems Engineering. *INCOSE Insight*, 7(1), 3.
- Janssens, J. (2013) *Utility Governance and Good Practices*. WB – IAWD Danube Water Program. Kick-off Event for Policy Pillar 'Smart Policies for Strong Utilities and Sustainable Services'. Bucharest (Romania). 56 p.
- Jasanoff, S. (1999) The Songlines of Risk. *Environmental Values* 8, No. 2. doi:10.3197/096327199129341761. 135–52.
- Jaynes, E. T. (2003) *Probability Theory: The Logic of Science*. Cambridge University Press. ISBN-13 978-0-511-06589-7. 727 p.
- Johnson, C. (2003) *Failure in Safety-Critical Systems: A Handbook Of Incident And Accident Reporting*. Glasgow University Press. ISBN 0-85261-784-4. p.986.
- Johnson, W. G. (1980) *MORT safety assurance systems*, Marcel Dekker, New York, 45-59.
- Johansen, I. L. (2010) *Foundations of risk assessment*. ROSS (NTNU) 201002. NTNU Norwegian University of Science and Technology. 978-82-7706-230-3. p.142.
- Jongejan, R. (2008) *How safe is safe enough? The government's response to industrial and flood risks*. Technische Universiteit Delft. ISBN 978-90-9023432-8.
- Kahru, M., J. Leppänen, O. Rud, O. Savchuk, (2000) Cyanobacteria blooms in the Gulf of Finland triggered by salt-water inflow into the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 207, 13–18.
- Kapelan, Z. S., D. A. Savic, G. A. Walters (2005), Multiobjective design of water distribution systems under uncertainty, *Water Resour. Res.*, 41, W11407, doi:10.1029/2004WR003787.
- Kaplan, S., B. J. Garrick (1981) On The Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, Vol. 1, No. 1. 11-27.
- Kaplan, S. (1990) On inclusion of precursor and near miss events in quantitative risk assessments: A Bayesian point of view and a space shuttle example. *Journal of Reliability Engineering and System Safety*, 27, 103–115, 1990.
- Kaplan, S. (1991). Risk assessment and risk management – basic concepts and terminology. In *Risk Management: Expanding Horizons in Nuclear Power and Other Industries*. Boston, MA: Hemisphere Publishing Corporation, 11–28.

- Kaplan, S. (1997). The words of risk analysis. *Risk Analysis*, 17, 407–417.
- Khawaji, I. (2012) *Developing System-Based Leading Indicators for Proactive Risk Management in the Chemical Processing Industry*, SM Thesis, MIT, 80 p.
- Kjellen, U., T. Larsson (1981) Investigating accidents and reducing risks – a dynamic approach. *Journal of Occupational Accidents*, 3 (1981) 129-140.
- Kjellen, U. (2000) *Prevention of Accidents Through Experience Feedback*. Taylor & Francis. New York. ISBN 0-203-18740-7. 424 p.
- Koffka, K. (1935) *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt, Brace.
- Köhler, W. (1975) *Gestalt Psychology*. A Mentor Book, New York and Scarborough: Ontario.
- Komonen, K. i dr. (2012) *How organizations manage their physical assets in practice*. European Vision Document. Physical Asset Management. EFNMS Asset Management Survey 2011. European Asset Management Committee within EFNMS. 79 p.
- Kongvik, T., P. Almklov, J. Fenstad (2010) Organizational safety indicators: Some conceptual considerations and a supplementary qualitative approach. *Safety Science*, 48: 1402-1411.
- Korving, H., P. van Gelder, J. van Noortwijk, F. Clemens (2002) Influence of model parameter uncertainties on decision-making for sewer system management. *Hydroinformatics 2002: Proceedings of the Fifth International Conference on Hydroinformatics*, Cardiff, UK. IWA Publishing. ISBN 1 84339 021 3. 1361 – 1366.
- Kostić, D., A. Blagojević, G. Subakov Simić, M. Ivetić, Z. Naunović (2014) Jesenje cvetanje potencijalno toksične cijanobakterije *Planktothrix Rubescens* u višenamenskoj akumulaciji Vrutci. *Voda i sanitarna tehnika*, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 5-11.
- Kuhn, T. (1962/1974) *Struktura naučnih revolucija*. Nolit. Beograd. 279 p.
- van Gelder, P. (2000) *Statistical methods for the risk-based design of civil structures*. TU Delft, Delft University of Technology. ISSN 01690-6548. 249 p.
- Kumamoto, H., E. J. Henley (1996) *Probabilistic Risk Assessment for Engineers and Scientists* (2nd edn). New York: IEEE Press, 597 p.
- Laaksonen, J. (2012) Thoughts in the aftermath of accident at the Fukushima Daiichi NPP. *11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012 (PSAM11 ESREL 2012)*. 72 p.

- LaFraia, J. R., J. Hardwick (2013) *Living Asset Management*. Asset Management Council & Abraman. ISBN 978-1-922107-25-1.
- Lansing, J. S. (2003) Complex adaptive systems. *Annual Review of Anthropology*, 32, 183–204.
- LaPorte, T. R. (1996). High Reliability Organizations: Unlikely, Demanding and At Risk. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 4, 60–71.
- LaPorte, T. R., Consolini, P. (1991). Working in practice but not in theory: Theoretical challenges of high reliability organizations. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 1, 19–47.
- Leitch, M. (2010). ISO 31000: 2009 — The new international standard on risk management. *Risk Analysis*, 30(6), 887-892.
- Lemer, A. (1998) Progress Toward Integrating Infrastructure Asset Management Systems: GIS and Beyond. Paper presented to *APWA International Public Works Congress*, Las Vegas, 1998. 18 p.
- Leplat, J. (1987) Occupational accident research and systems approach. In: Rasmussen, J., Duncan, K., Leplat, J. (eds.). *New Technology and Human Error*, pages 181–191, John Wiley & Sons, New York.
- Leveson, N. (1995) *Safeware: System Safety and Computers*. Boston: Addison Wesley. ISBN 0-201-11972-2. 43 p.
- Leveson, N. (2002) *A New Approach To System Safety Engineering*. MIT. 320 p.
- Leveson, N. (2004) A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety Science* 42 (4), 237-270.
- Leveson, N. (2000) Intent Specifications: An Approach to Building Human-Centered Specifications. *IEEE Transactions On Software Engineering*, Vol. 26, No. 1. 21 p.
- Leveson, N. (2011) *Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety*. Mit Press. ISBN 978-0-262-01662-9. 534 p.
- Leveson, N. (2015) A systems approach to risk management through leading safety indicators. *Reliability Engineering and System Safety* 136 (2015). doi.org/10.1016/j.ress.2014.10.008. 17–34.
- Lind, L. (1999) Making sense of the abstraction hierarchy. Presented at *CSAPC'99*, Villeneuve d'Ascq, France 21-24. 6 p.
- Lindhe, A. (2008) *Integrated and Probabilistic Risk Analysis of Drinking Water Systems*. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden. ISSN 1652-9146. 241 p.

- Lindhe, A. (2010) *Risk Assessment and Decision Support for Managing Drinking Water Systems*. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden. ISBN 978-91-7385-438-2. 108 p.
- Livingston, A., G. Jackson, K. Prisley (2001) *Root causes analysis: Literature review*. Contract research report 325/2001. WS Atkins Consultants. HSE books. ISBN 0 7176 1966 4. 53 p.
- Ljungquist, K. (2005) *A Probabilistic Approach to Risk Analysis: A comparison between undesirable indoor events and human sensitivity*. Luleå University of Technology. ISSN: 1402-1544. 196 p.
- Lowrance, W. (1976) *Of Acceptable Risk: Science and the Determination of Safety*, William Kaufmann, Los Altos, CA. 180 p.
- Luhmann, N. (1991) *Risk: A sociological theory*. Walter de Greuter, Berlin.
- Lundberg, J., C. Rollenhagen, E. Hollnagel (2010) What you find is not always what you fix - How other aspects than causes of accidents decide recommendations for remedial actions, *Accident Analysis and Prevention*, (42), 6, 2132-2139. doi.org/10.1016/j.aap.2010.07.003
- Lupton, D. (1999) *Risk*. Routledge, London. ISBN: 9780415183345.
- Makar, J. M., Y. Kleiner (2000) Maintaining Water Pipeline Integrity, *Proceedings of the AWWA Infrastructure Conference and Exhibition*, March 12-15, Baltimore, Maryland, 1-13.
- MacGillivray, B., P. Hamilton, J. Strutt, S. Pollard (2006) Risk Analysis Strategies in the Water Utility Sector: An Inventory of Applications for Better and More Credible Decision Making. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Vol. 36, (2), Mar-April 2006 , 1. doi: 10.1080/10643380500531171. 85-139(55) 2.
- MacGillivray, B, S. Pollard (2008) What can water utilities do to improve risk management within their business functions? An improved tool and application of process benchmarking. *Environment International* 34. doi:10.1016/j.envint.2008.04.004. 1120–1131.
- MacKenzie, W. i dr. (1994) A massive outbreak in Milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply. *N Engl J Med*. 1994 Jul 21;331(3):161-7.
- Manion, M. (2007) The epistemology of fault tree analysis: An ethical critique. *Int. Journal of Risk Assessment and Management*, 7(3), 382-430.
- Martins, A. (2011) *Stochastic models for prediction of pipe failures in water supply systems*. Technical University of Lisbon. 68 p.

- Matalas, N., Fiering, M. (1977) Water-Resources Planning. In *Climate, Climatic Change and Water Supply*. Panel on Water and Climate, Geophysics Study Committee, Geophysics Research Board, National Research Council. National Academy of Sciences. ISBN: 0-309-56789-0, 132 p.
- Matić, B., D. Jovanović, S. Dejanović, U. Rakić (2013) *Zdravstveni indikatori životne sredine u Republici Srbiji za 2012*. Institut za javno zdravlje „Milan Jovanović Batut”. Centar za higijenu i humanu ekologiju. Beograd. p.59.
- Marais, K, N. Dulac, N. Leveson (2004) Beyond Normal Accidents and High Reliability Organizations: The Need for an Alternative Approach to Safety in Complex Systems. *Engineering Systems Division Symposium*, 1-16.
- Marković, G. M. Panić, L. Mandić, L. Ribić Zelenović (2015) Kvalitet vode za piće grada Užica. *XX savetovanje o biotehnologiji. Zbornik radova*, Vol. 20.(22), 2015. p. 607 - 611
- Marković, Z. – A.Šotić (2016) *Personalna komunikacija u vezi upravljanja ribljim fondom u akumulaciji Vrutci*.
- Marlow, D. i dr. (2003) *Justifying Capital Maintenance: Pragmatic Approaches To Risk Assessment In The Uk Water Industry*. Collaborative Project CP062. Report No. P6074. WRc plc. p.202.
- Marlow, D. (2006) Sustainability Based Asset Management, *Proceedings of ENVIRO 06*, Conference and Exhibition on “Building Sustainable Cities”, May 2006, Melbourne, paper e6190.
- Marlow, D., S. Heart, S. Burn, A. Urquhart, S. Gould, M. Anderson, S. Cook, M. Ambrose, B. Madin, A. Fitzgerald (2007) *Condition Assessment Strategies and Protocols for Water and Wastewater Utility Assets*, WERF Report 03-CTS-20CO.
- Marlow, D. (2008) *Sustainability-Based Asset Management*. Water for a Healthy Country Flagship Report series ISSN: 1835-095X. 90 p.
- Marlow, D., S. Burn (2008) Effective use of Condition Assessment within Asset Management, *JAWWA*, Vol 100, 1.
- McKeown, D. (2011) What is Asset Management? - in the context of Systems Engineering. *INCOSE RIG/IAM Workshop*, Birmingham University, 20 September 2011. 26 p.
- Mitrović-Tutunožić, V., Đ. Hristić, Z. Marković (1996) Ribarsko korišćenje vodo-privrednih objekata i drugih antropogenih voda, *Vodoprivreda*, 28: 227 - 232. 11.
- M.J.Batut (2013) *Zdravstvena ispravnost vode za piće iz centralnih vodovodnih sistema u Republici Srbiji u 2012. godini*. Institut za javno zdravlje „Milan Jovanović Batut”. Beograd. 21 p.

- M.J.Batut (2015) *Izveštaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće javnih vodovoda i vodnih objekata u Republici Srbiji za 2014. godinu*. Institut za javno zdravlje „Milan Jovanović Batut”. Beograd. 34 p.
- Milijašević, D., T. Jojić Glavonjić (2009) Kvalitet vode reke Đetinje, Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA. No59 Vol. 1. 911.2: 556.1 (497.11). 73 – 84.
- Misiunas, D. (2005) *Failure Monitoring and Asset Condition Assessment in Water Supply Systems*. Lund University. ISBN 91-88934-40-3. 331 p.
- Möller, N., S. O. Hansson, M. Peterson (2006) Safety is more than the antonym of risk. *Journal of Applied Philosophy*, Vol. 23, No.4. p. 419-432.
- Morgan, G., M. Henrion (1990) Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty. in *Quantitative Risk and Policy Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, ISBN 0-521-36542-2. 332 p.
- Mosleh, A., V. M. Bier, G. Apostolakis (1988) A Critique of Current Practice for the Use of Expert Opinions in Probabilistic Risk Assessment, *Reliability Engineering and System Safety*, Volume 20, 63-85.
- Mosleh, A. (2012) Delivering on the Promise: PRA, Real Decisions, and Real Events. Closing Plenary Speech. *11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012 (PSAM11 ESREL 2012)*. 29 p.
- Muhlbauer, W. K. (2004) *Pipeline Risk Management Manual*, 3rd ed., Gulf Professional Publishing, Burlington, Ontario, Canada. ISBN 0-7506-7579-9. 395 p.
- Mysiak, J., H. J. Henriksen, C. A. Sullivan, J. Bromley, C. Pahl-Wostl (2010) *The Adaptive Water Resource Management Handbook*. Earthscan, UK. ISBN: 978-1-84407-792-2. 199 p.
- National Academies Press (NAP) (1996) *Measuring and Improving Infrastructure Performance*. Committee on Measuring and Improving Infrastructure Performance, National Research Council. ISBN: 0-309-58710-7, 132 p.
- NHMRC (2004,2011,2016) *The Australian Drinking Water Guidelines (ADWG)*. Ref. No. EH52. National Health and Medical Research Council (NHMRC). Canberra.
- NZMOH (2001,2014) *Water Safety Plan Guides for Drinking Water Supplies*. New Zealand Ministry of Health (NZMOH). Wellington.
- Nokes, C., M. Taylor (2003) Towards public health risk management plan implementation in New Zealand. In Schmol, O. i I. Chorus: *Water Safety Conference Abstracts* (Berlin, 28-30 April 2003), Umweltbundesamt. Text 74/03, Berlin.

- North American Electric Reliability Corporation (NERC) (2010) *Cause Analysis Methods for NERC, Regional Entities, and Registered Entities*. Version 1. Princeton, NJ. p.42.
- Nordgård, D .E. (2008) Risk communication and perception challenges in electricity distribution maintenance and reinvestment management. In *Proceedings of the Nordic Distribution and Asset management Conference*. Bergen, September 8-9, 2008. 10 p.
- Nordgård, D. E. (2010) *Risk Analysis for Decision Support in Electricity Distribution System Asset Management: Methods and frameworks for analysing intangible risks*. Norwegian University of Science and Technology. ISBN 978-82-471-2065-1. p.78.
- NRC (National Research Council) (2002) *Estimating the public health benefits of proposed air pollution regulations*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NRC (Nuclear Regulatory Commission) (2005) *Good Practices for Implementing Human Reliability Analysis (HRA): Final Report*. NUREG-1792. Sandia National Laboratories. 110 p.
- Office Cabinet (2002) *Risk: Improving government's capability to handle risk and uncertainty. Full report – a source document*. Strategy Unit. Cabinet Office. Crown copyright. Ref: 254205/1102/D16. 133 p.
- Ostojić, A., S. Ćurčić, Lj. Čomić, M. Topuzović (2005) Estimate of the Eutrophication Process in the Gruža Reservoir (Serbia and Montenegro). *Acta hydrochim.hydrobiol.* 33 6, 605-613.
- Øien, K. (2001) A framework for the establishment of organizational risk indicators. *Reliability Engineering and System Safety*.74:147–67.
- Øien, K., R. Tinmannsvik, S. Massaiu, F. Størseth (2010) *Building Safety - Development of new models and methods for the identification of early warning indicators*. Summary report SINTEF A16930. ISBN 978-82-14-05052-3. 45 p.
- Øien, K., I. Utne, I. Herrera, (2011) Building safety indicators: Part 1 theoretical foundation. *Safety Science* 49 (2), 148–161.
- Pahl-Wostl, C. (2002) Towards Sustainability in the Water Sector - The Importance of Human Actors and Processes of Social Learning. *Aquatic Sciences*: 64, 394-411.
- Pahl-Wostl, C. i dr. (2006) *Paradigms In Water Management. Report of the NeWater project - New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty*. D1.1.2. 39 p.
- Pahl-Wostl, C. (2007) Transition towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water Resources Management*. 21(1), 49-62.

- Parsons, D. (2006) Regulating Asset Management Through Serviceability and a Common Framework for Investment Planning. Chapter in Engineering Asset Management and Infrastructure Sustainability: *Proceedings of the 5th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2010)*. Springer London. ISBN 978-0-85729-301-5. pp 794-805. 10.1007/978-0-85729-493-7_42.
- PAS 55-1 (Publicly Available Specification) (2003/8) *Asset management. Part 1 - Specification for the optimized management of physical assets*. British Standards Institution (BSI).
- PAS 55-2 (Publicly Available Specification) (2003/8) *Asset management. Part 2 - Guidelines for the application of PAS 55-1*. British Standards Institution (BSI).
- Pate-Cornell, M. E. (1996) Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment. *Reliability Engineering and System Safety*, 54:95–111.
- Pavlović, S., D. Pavlović, M. Topuzović (2005) Comparative analysis of heavy metal content in aquatic macrophytes in the reservoirs Gruža, Bubanj and Memorial park. Kragujevac. *Journal of Science*. 27: 147-156.
- Peace, C. (2013). *Advice on the risk estimation matrix used by DAFF Biosecurity as part of the Import Risk Analysis process* (Client Report CR0127 Australian Senate Rural and Regional Affairs and Transport Committee). Wellington, NZ: Risk Management Ltd. p.37.
- Perrow, C. (1984) *Normal accidents: Living with high risk technologies*. Basic Books, Inc. New York. ISBN 0-465-05143-X. 366 p.
- Phimister, J., U. Oktem, P. Kleindorfer, H. Kunreuther (2003) Near-Miss Management Systems in the Chemical Process Industry. *Risk Analysis*, Vol. 23, No. 3, 2003.
- Polanyi, M. (1958) *Personal Knowledge*, Routledge & Kegan Paul, London.
- Pollard, S., J. Strutt, B. Macgillivray, P. Hamilton, S. Hrudey (2004) Risk Analysis And Management In The Water Utility Sector: A Review of Drivers, Tools and Techniques. Institution of Chemical Engineers. Trans IChemE, Part B, November 2004. *Process Safety and Environmental Protection*, 82(B6): 453–462.
- Pollard, S. J. T., J. E. Strutt, B. H. MacGillivray, J. V. Sharp, S. E. Hrudey, P. D. Hamilton (2005) Risk management capabilities – Towards ‘mindfulness’ for the international water utility sector. *Proceedings of the Water Contamination Emergencies: Enhancing Our Response conference*, 12-15 June, 2005, Manchester University, 70-80.
- Pollard, S., G. Davies, F. Coley, M. Lemon (2008) Better environmental decision-making – recent progress and future trends. *Science of The Total Environment*, Volume 400, Issues 1-3, 1, 20-31.

- Poper, K. (1935/1973) *Logika naučnog otkrića*. Nolit. Beograd.
- Purdy, G. (2010) ISO 31000:2009 — Setting a New Standard for Risk Management. *Risk Analysis*, Vol. 30, No. 6, 2010. doi: 10.1111/j.1539-6924.2010.01442.x. 881-886.
- Radna grupa Vlade RS (2014) *Projektni zadatak za sanaciju akumulacije "Vrutci" i rekonstrukciju postrojenja „Cerovića brdo”*. Radna verzija - usvojena u načelu.
- Rae, A., J. McDermid, R. Alexander (2012) The science and superstition of quantitative risk assessment, *Proceedings of Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM) Conference 11, International Association for Probabilistic Safety Assessment and Management (IAPSAM)*, Helsinki, June 2012, pp. 2292-2301.
- Ramana, M. V. (2011) Beyond our imagination: Fukushima and the problem of assessing risk. in *Bulletin of the Atomic Scientists*. 19 April, 2011. thebulletin.org/node/8736.
- Ramo, S. (1973), The systems approach. In Ralph F. Miles Jr., (ed.), *Systems Concepts: Lectures on Contemporary Approaches to Systems*, pp. 13–32, John F. Wiley & Sons, New York.
- Rasmussen, J., M. Lind (1981) *Coping with complexity*. RIS0-M-2293. UDC 65.015-1: 681.333. Riso National Laboratory, DK-4000 Roskilde, Denmark. 28 p.
- Rasmussen, J. (1986) *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. New York: North Holland. ISBN-10: 0444009876. 230 p.
- Rasmussen, J., B. Brehmer, J. Leplat (1991) *Distributed Decision Making: Cognitive Models for Cooperative Work*. Wiley. ISBN: 978-0-471-92828-7. 416 p.
- Rasmussen, J. (1994) Migration to accidents model of work behavior. In *Cognitive Systems Engineering*. ed. Rasmussen, J., A. M. Pejtersen, L. Goodstein. Wiley. ISBN: 978-0-471-01198-9. 396 p.
- Rasmussen, J. (1996) Risk Management, Adaptation, and Design for Safety. In *Future Risks and Risk Management*. N. E. Sahlin and B. Brehmer (eds.), Dordrecht, Kluwer.
- Rasmussen, J., I. Svedung (1997) Risk management in a dynamic society: A modelling problem. *Safety Science*. Volume 27, Issues 2–3, November–December 1997, doi:10.1016/S0925-7535(97)00052-0. p. 183–213.
- Rausand, M. (2011) *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*, Wiley, Hoboken, NJ, 2011. ISBN 978-0-470-63764-7. 644 p.
- Rayner, S. (1992) Cultural theory and risk analysis, in S. Krimsky and D. Golding (eds) *Social Theories of Risk*, pp. 83–115. Westport: Praeger Publishers.

- Reason, J. (1990) *Human Error*. Cambridge University Press. ISBN 0521314194. 302 p.
- Reason, J. (1997) *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot: Ashgate. ISBN 1840141042. 252 p.
- Reason, J., E. Hollnagel, J. Paries (2000) Revisiting The "Swiss Cheese" Model Of Accidents. Eurocontrol Experimental Centre. *EEC Note* No. 13/06. Eurocontrol Agency, Bruxelles. p.25.
- Reiman, T., C. Rollenhagen (2011) Human and organizational biases affecting the management of safety. *Reliability Engineering and System Safety* 96 (2011) 1263–1274. doi:10.1016/j.ress.2011.05.010
- Regan, H. M., M. Colyvan, M. A. Burgman, (2002). A taxonomy and treatment of uncertainty for ecology and conservation biology. *Ecological Applications*, 12:618–628.
- Regan, H., Y. Ben-Haim, B. Langford, W. Wilson, P. Lundberg, S. Andelman, M. Burgman (2005) Robust decision-making under severe uncertainty for conservation management. *Ecological Applications* 15:1471-1477.
- Renn, O. (2008) *Risk Governance. Coping with uncertainty in a complex world*. Earthscan, London. ISBN: 978-1-84407-291-0. 455 p.
- Republički hidrometeorološki zavod (RHMZ) (2005, 2009, 2010, 2014) *Hidrološki godišnjak – Kvalitet vode*, knjiga III, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd.
- Ristović (2014) *Šta se desilo sa vodom u jezeru Vrutci? Razgovor sa profesorkom biologije u Uzičkoj gimnaziji*. uzickagimnazija.edu.rs/gimnazijalac/index.php?id=100.
- Rizak, S., S. E. Hruđey (2007) Achieving safe drinking water - Risk management based on experience and reality. *Environmental Reviews*, 2007, Vol. 15, No. NA : pp. 169-174. doi: 10.1139/A07-005.
- Harms-Ringdahl, L. (2004) Analysing Safety Functions and Barriers – Experiences from Different Industrial Sectors. In Spitzer, U., Schmocker, U., and Dang, V.N. (eds.) *Probabilistic Safety Assessment and Management*. Springer (pp 100 – 109) 2004. Proceedings of ESREL 2004.
- Roberts, K. H. (1990) Some characteristics of high reliability organizations. *Organization Science*, 1, 160–177.
- Robinson, C. P., J. B. Woodard, S. G. Varnado. (1998) Critical Infrastructure: Interlinked and Vulnerable. *Issues in Science and Technology* 15, no. 1
- Rochlin, G., T. LaPorte, K. Roberts (1987). The self-designing high reliability organization: Aircraft carrier flight operation at sea. *Naval War College Review*, 40, 76–90.

- Rokstad, M. (2012) *An Approach to planning Data Collection for IAM in VMW*. D1-2012-27. Norwegian University of Science and Technology (NTNU). 149 p.
- Rosa, E. (1998). Metatheoretical foundations for post-normal risk. *Journal of Risk Research*, 1, 15–44.
- Rosén, L., P. Hokstad, A. Lindhe, S. Sklet, J. Røstum, (2007). *Generic framework and methods for integrated risk management in water safety plans*, TECHNEAU report. Deliverable no. D 4.1.3, D 4.2.1, D 4.2.2, D 4.2.3.
- Rosén, L., A. Lindhe, P. Hokstad, S. Sklet, J. Røstum, T. Pettersson (2008). Generic Framework for Integrated Risk Management in Water Safety Plans, In *Proceedings of the 6th Nordic Drinking Water Conference*, Oslo, 9-11 June, 193-203.
- Røstum, J. (2000) *Statistical modelling of pipe failures in water networks*. A Dissertation. Norwegian University of Science and Technology NTNU. 104 p.
- RZS (Republički zavod za statistiku) (2015) *Saopštenje ZS30*. br. 119 – god. LXV. Statistika životne sredine. SRB119 ZS30 150515. 4 p.
- Samuels, P., B. Gouldby (2009) *Language of Risk - Project Definitions* (Second Edition). Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies FLOODsite. Report Number T32-04-01. Contract No: GOCE-CT-2004-505420. HR Wallingford, UK. p.55.
- Sagan, S. (1993) *The Limits of Safety: Organizations, Accidents, and Nuclear Weapons*. Princeton, Princeton University Press. ISBN: 9780691021010. 302 p.
- Sahlin, U. (2010) *From data to decision – Learning by probabilistic risk analysis of biological invasions*. Lund University. ISBN 978-91-7105-308-4. p.62.
- Savic, D. (2006) Robust design and management of water systems: How to cope with risk and uncertainty? *Integrated Urban Water Resources Management*, p. 91-100, doi:10.1007/1-4020-4685-5_10.
- Schultz, C. (2008) Responding to scientific uncertainty in U.S. forest policy. *Environmental Science & Policy II*. doi:10.1016/j.envsci.2007.09.002. 253–271.
- Schutten, J., J. Dainty, A. Davy (2005) Root anchorage and its significance for submerged plants in shallow lakes. *Journal of Ecology* 93: 556–571.
- Semenza, J. C., G. Nichols (2007) *Cryptosporidiosis surveillance and water-borne outbreaks in Europe*. Eurosurveillance, Volume 12, Issue 5, 01 May 2007. eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=711.

- Simić, V., S. Simić (2012) *Godišnji program upravljanja delom ribarskog područja: „Srbija – Jugozapad” za 2013. godinu*. Univerzitet u Kragujevcu. DOO SPDA Ecologic. 10 s.
- SfS (2004) *Barriers - out of the fog, towards increased safety* (in Norwegian - Barrierer - ut av tåkehavet, mot bedre sikkerhet), Together for Safety, OLF., Stavanger, Norway.
- Sklet, S. (2006) Safety barriers: Definition, classification, and performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 19 (2006) 494–506.
- Sklet, S., J. E. Vinnem, Aven, T. (2006) Barrier and operational risk analysis of hydrocarbon releases (BORA-Release) Part II. Method description. *Journal of Hazardous Materials A137* (2006) 692–708. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.03.049.
- Skjong, R (2005) Formal Safety Assessment and Goal Based Regulations at IMO – Lessons Learned, Invited Lecture, In *Proceedings of OMAE 2005: Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, Halkidiki, Greece, 12-17 June 2005, OMAE2005-67576. doi:10.1115/OMAE2005-67576. ISBN: 0-7918-4196-0. pp. 319-328.
- Shrader-Frechette, K. (1991) *Risk and rationality: Philosophical foundations for populist reforms*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California. ISBN-10: 0520072898. p.272.
- Skogdalen, J. E. (2011) *Risk Management In The Oil And Gas Industry: Integration Of Human, Organisational And Technical Factors*. Faculty of Science and Technology University of Stavanger, Norway. ISBN: 978-82-7644-469-8. 48 p.
- Slovic, P. (1987). Perception of risk. *Science*, 236, 280–285.
- Slovic, P. (1992). Social, Cultural, and Psycholocial Paradigm. In S. Krimsky & D. Golding (eds.), *Social Theories of Risk*. Praeger. 117-152.
- Slovic, P. (1998). Do adolescent smokers know the risk? *Duke Law Journal*, 47, 1133–1141.
- Slovic, P. E.Weber (2002) Perception of Risk Posed by Extreme Events, presented on conference *Risk Management strategies in an Uncertain World*, Palisades, New York. pp. 1-21.
- Smeets, P., Y. Dullemont, P. Van Gelder, J. Van Dijk, G. Medema (2008) Improved methods for modelling drinking water treatment in quantitative microbial risk assessment; a case study of Campylobacter reduction by filtration and ozonation. *Journal of Water and Health*, 06.3. IWA Publishing. 301-314.
- Smith, C. (1999) Futron Corporation report, NASA PRA Practices and Needs for the New Millenium, *International Space Station Probabilistic Risk Assessment Stage 7A*, ISS PRA 00-34.

- Smith, C. (2011) *Integrated scenario-based methodology for project risk management*. University of Maryland. 272 p.
- Sontag, E. (1998) *Mathematical Control Theory: Deterministic Finite Dimensional Systems*. ISBN 978-1-4612-0577-7. 531 p.
- Squair, M. (2014) System Safety: Module 1 SSC 2014: *Fundamentals of System Safety*. 264 p.
- Stamatelatos, M., H. Dezfuli (2011) *Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners*. NASA/SP-2011-3421. NASA Headquarters Washington, DC. 2011.
- Stanton, N., M. Ashleigh, A. Roberts, F. Xu (2006) Levels of abstraction in human supervisory control teams. *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 19 Iss: 6, 679 – 694 doi.org/10.1108/17410390610708535.
- Starr, C. (1969). Social benefit versus technological risk. *Science*, 165, 1232–1238.
- Stirling, A. (ed.) (2001) *On science and precaution in the management of technological risk*. Vol. I&II. European Commission Joint Research Centre publication 19056/EN/2, JRC Ispra, Italy. p.56+141.
- Svenson, O. (1991) The Accident Evolution and Barrier Function (AEB) Model Applied to Incident Analysis in the Processing Industries, *Risk Analysis*. 11, 3 (1991) 499-507.
- Svirčev, Z., J. Simeunović, G. Subakov-Simić, S. Krstić, M. Vidović (2007) Freshwater Cyanobacterial Blooms and Cyanotoxin Production in Serbia in the Past 25 Years. *Geographica Pannonica* 11/2007. p. 32 – 38.
- Svirčev, Z. (2014) *Cijanobakterije u vodosistemu*. Tribina održana 16. januara 2014. god. u svečanoj sali Skupštine Grada Užica.
- Šotić, A., D. Pavlović, M. Ivetić (2015) Primena metode deljenog višeciljnog rizika pri ekstremnim događajima. *Zbornik radova međunarodne konferencije „Savremena dostignuća u građevinarstvu 2015”*. Građevinski fakultet Subotica. ISBN 978-86-80297-62-0. 527-534.
- Treasury Board of Canada Secretariat (TBCS) (1992) *A Guide to Accident Investigation*, TBCS.
- Tchorzewska-Cieslak, B., K. Boryczko, J. Rak (2012) Analysis of risk and failure scenarios in water supply system. *IWA World Congress on Water, Climate & Energy 2012*. 9 p.
- Thorpe, D. S. (2000) A Systems Approach for the Development and Management of Physical Infrastructure. In: *1st International Conference on Systems Thinking in Management (ICSTM)*. 602-606.

- Toft, B., S.Reynolds (1997) *Learning from Disaster: A Management Approach*. Perpetuity Press, Leicester, UK.
- Trbojevic, V. (2008) *Active Bow Tie Manual: A tool for displaying and improving hazard analysis and energising safety management*. Version 1.7.
- Trbojevic, V. (2008) *Optimising hazard management by workforce engagement and supervision*. RR637 Research Report. Health and Safety Executive. p.80.
- Trist, E., K. W. Bamforth (1951) Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting. *Human Relations*, 4:3-38.
- Turner,B.A. (1978) *Man-made disasters*. London: Wykeham.
- Twort, A. C., D. D. Ratnayaka, M. J. Brandt, (2000) *Water Supply*. Fifth edition, Arnold Publishing – Hodder Headline Group, London, UK.
- UKWIR (2003/5) *Managing microbial and chemical risks from source to tap*. Report Ref. No. 03/DW/02/31. London: United Kingdom Water Industry Research (UKWIR) Limited.
- Ugarelli, R., S. Bruaset (2010) *Review of deterioration modelling approaches for ageing infrastructure*. SINTEF research report SBF IN A 10307. ISSN 1504-9795. 39 p.
- Urquhart, T. (2007) *Successfully Implementing Asset Management in a Changing World*. Keynote on 2nd IWA Leading-Edge Conference & Exhibition on Strategic Asset Management. LESAM 2007 – Lisbon 17-19 October 2007. 41 p.
- Valencia, V. J. Colombi, A. Thal, W. Sitzabee (2011) *Asset Management: A Systems Perspective*. In *Proceedings of the 2011 Industrial Engineering Research Conference*, T. Doolen and E. Van Aken, eds. 9 p.
- Vanier, D. J., L. A. Newton, S. Rahman (2006) *A Framework for Municipal Infrastructure Management in Canadian Municipalities*, *Research Report B5123.7*, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada. p.16.
- Vanier, D., L. Newton, S. Rahman, (2009) *Municipal Infrastructure Investment Planning (MIIP): Implementation Details to Support a Generalized Framework for Municipal Infrastructure Management*. Client Report B-5123.14. National Research Council Canada. 113 p.
- Vatn, J. (1998) A discussion of the acceptable risk problem. *Reliability Engineering and System Safety*, 61, ISSN 0951-8320, dx.doi.org/10.1016/S0951-8320(97)00061-6. 11–19.

- Vesely, W., F. Goldberg, N. Roberts, D. Haasl (1981) *Fault Tree Handbook*, NUREG-0492, Nuclear Regulatory Commission. 209 p.
- Vicente, K., J. Rasmussen (1992) Ecological Interface Design: Theoretical foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 22, 589-606.
- Vicente, K., F. Tanabe (1993). Event-independent assessment of operator information requirements: Providing support for unanticipated events. In *Proceedings of the American Nuclear Society Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Man-Machine Interface Technologies* (pp. 389-393). LaGrange, IL: ANS.
- Vicente, K. (1999) *Cognitive Work Analysis: Towards safe, productive, and healthy computer-based work*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vicente, K., K. Christoffersen (2006) The Walkerton E. coli outbreak: a test of Rasmussen's framework for risk management in a dynamic society. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. Volume 7, Issue 2, 2006. doi:10.1080/14639220500078153. 93-112.
- Vidić, Z. (2011) *Metode cjelovitog upravljanja objektima*. Sveučilište u Zagrebu. UDK: 69.051.1. 100 p.
- Walden, D., G. Roedler, (2015) *INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*, 4th Edition. INCOSE. ISBN: 978-1-118-99940-0. 304 p.
- Walker, W., P. Harremoes, J. Rotmans, J. Van der Sluijs, M. Van Asselt, P. Janssen, M. Krayen von Krauss (2003). Defining uncertainty. a conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integrated Assessment*, 4:5–17. Swets & Zeitlinger. ISSN 1389-5176.
- Walters, C. (1986) *Adaptive Management of Renewable Resources*, Macmillan, New York. ISBN 0-02-947970-3.
- Wagenaar, W., J. Groeneweg (1987) Accidents at sea. Multiple causes and impossible consequences. *Journal of Man-Machine Studies*, 27, 587-598.
- Westrell, T. (2003) A theoretical approach to assess microbial risks due to failures in drinking water systems. *International Journal of Environmental Health Research* 13, 181 – 197 (June 2003). doi: 10.1080/0960312031000098080.
- Van Den Hoven, T., C. Kazner C. (2009) Project TECHNEAU: *Safe Drinking Water from Source to Tap State of the Art And Perspectives*. European Commission. London; New York: IWA Pub.
- Van der Lei, T., Y. Wijnia, P. Herder (2010) Towards an asset management framework of asset characteristics, asset environment, lifecycle phases, and management. Chapter in *Engineering Asset*

Management and Infrastructure Sustainability: Proceedings of the 5th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2010). Springer London. ISBN 978-0-85729-301-5. pp 543-556. 10.1007/978-0-85729-493-7_42.

Vinnem, J. E., J. Seljelid, S. Haugen, S. Sklet, T. Aven (2007) Generalised methodology for operational risk analysis. *Risk, Reliability and Societal Safety* – Aven & Vinnem (eds). Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-44786-7. p.61-68.

Walski, T. M. (2001) The wrong paradigm - why water distribution optimization doesn't work. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 127(4), 203-205.

Weick, K. E. (1987) *Organizational culture as a source of high reliability*. California Management Review, 29, 112–127.

Weinberg, G. (1975) *An Introduction to General Systems Thinking*. Series on Systems Engineering and Analysis, Wiley-Interscience, New York.

Westrum, R. (1992) Cultures with requisite imagination. In J. Wise, D. Hopkin, and P. Stager, editors, *Verification and Validation of Complex Systems: Human Factors Issues*, 401-416. Springer Verlag, Berlin, Germany.

Whittingham, R. (2003) *The Blame Machine: Why Human Error Causes Accidents*. Routledge. ISBN-10: 0750655100. 288 p.

Wijnia, Y., J. deCroon (2012) Designing an asset management guideline for the Dutch wastewater industry. Chapter in *Proceedings of the 7th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2012)*. Springer International Publishing . ISBN 978-3-319-02461-5. pp 637-646. 10.1007/978-3-319-06966-1_57.

Wilson, R., E. Crouch (1982) *Risk-Benefit analysis*. Cambridge, MA: Ballinger, 1982, 218 p.

Woo, D., K. Vicente (2003) Sociotechnical systems, risk management, and public health: comparing the North Battleford and Walkerton outbreaks. *Reliability Engineering & System Safety*. Volume 80, Issue 3, June 2003, doi:10.1016/S0951-8320(03)00052-8. 253–269.

Woods, D. (2006) Resilience Engineering: Redefining the Culture of Safety and Risk Management. *Human Factors and Ergonomics Society Bulletin*. Volume 49. Number 12. December 2006. p 1-3.

Woods D., S. Dekker, R. Cook, L. Johannesen (2010) *Behind Human Error*. Second edition. Ashgate Publishing Limited. ISBN: 978-0-7546-7833-5.

- Wooldridge, M. (2008) Qualitative risk assessment. In *Microbial Risk Analysis of Foods* (ed Schaffner D.W). ASM Press, Washington D.C. ISBN 978-92-4-154789-5. pp 1-28.
- World Health Organization (WHO) (2005) *Water Safety Plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer*. World Health Organization. Geneva.
- World Health Organization (WHO) (2008) *Guidelines for Drinking-water Quality*, Third Edition Incorporating First and Second Addenda. World Health Organization. Geneva. ISBN 978 92 4 154761 1. 515 p.
- World Health Organization (WHO) (2009) *Water Safety Plan Manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. World Health Organization. Geneva. ISBN 978 92 4 156263 8.
- Wu, S., S. Hrudey, S. French, T. Bedford, E. Soane, S. Pollard (2009) A role for human reliability analysis (HRA) in preventing drinking water incidents and securing safe drinking water. *Water Research*, Volume 43, Issue 13, July 2009. p. 3227-3238. doi:10.1016/j.watres.2009.04.040
- WVGW (2011) *Profile of the German Water Sector 2011*. WVGW Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH. 102 p.
- Wynne, B. (1992) Public Understand. *Sci.* 1281-304.
- Yang, X., S. Haugen (2014) A fresh look at barriers from alternative perspectives on risk. *Probabilistic Safety Assessment and Management 2014*. International Association for Probabilistic Safety Assessment; Hawaii. 2014-06-22 - 2014-06-27.
- Yoder, J. i dr. (2008) Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking - United States, 2005-2006. *MMWR Surveillance Summaries*, 12 September 2008. - (SS09): Vol. 57. 39-62.
- Younos, T. (2011) Paradigm shift: Holistic approach for water management in urban environments. *Front. Earth Sci.* 2011, 5(4): 421 – 427. doi 10.1007/s11707-011-0209-7. 421-427.
- Zenz, T. – A. Šotić (2015) e-mail komunikacija u vezi pokrivenosti ukupnog rizika Planovima za bezbednost vode.
- Zimmerman, R., V. Bier (2002) Risk Assessment Of Extreme Events. Paper presented at *Columbia-Wharton/Penn Roundtable on Risk Management Strategies in an Uncertain World*, Palisades, N.Y. 24 p.

PRILOZI

PRILOG A1

Definicije rizika

Pregled ključnih definicija rizika, hronološki poređanih:

1. Rizik je mera verovatnoće i ozbiljnosti neželjenih posledica (Lowrance, 1976)
2. Rizik je jednak trijadi (s_i, p_i, c_i) , gde je s_i skup scenarija, p_i je verovatnoća tog scenarija, a c_i posledica i -tog scenarija, $i = 1, 2, \dots, N$ (Kaplan and Garrick; 1981, Kaplan, 1991)
3. Rizik je jednak proizvodu verovatnoće i ozbiljnosti (Wilson i Crouch, 1982)
4. Rizik je nivo opasnosti (ozbiljnost opasnosti i verovatnoća) u kombinaciji sa verovatnoćom opasnosti koja dovodi do udesa i izlaganju opasnosti (Leveson, 1995)
5. Rizik je verovatnoća nepovoljnog ishoda (Graham i Weiner, 1995)
6. Rizik je kombinacija pet primarnih elemenata: ishod, verovatnoća, značaj, uzročni scenario i pogođena populacija. (Kumamoto i Henley, 1996)
7. Rizik je situacija ili događaj gde je nešto što ljudi vrednuju (uključujući i ljude) u pitanju i gde ishod je neizvestan (Rosa, 1998, 2003)
8. Rizik je izražavanje uticaja i mogućnosti neke nezgode u smislu težine potencijalne nezgode i verovatnoće pojave (MIL-STD - 882D, 2000)
9. Rizik je kombinacija verovatnoće i obima posledica (Ale, 2002; ISO/IEC, 2002)
10. Rizik se odnosi na neizvesnost ishoda, aktivnosti i događaja (Cabinet Office, 2002)
11. Rizik je neizvesna posledica nekog događaja ili aktivnosti u vezi sa nečim što što ljudi vrednuju (IRGC, 2005)
12. Rizik je jednak očekivanoj šteti (Campbell, 2005)

13. Rizik je jednak očekivanom gubitku (Verma i Verter, 2007; Willis, 2007)
14. Rizik je jednak dvo-dimenzionalnoj kombinaciji događaja/posledica i pratećih neizvesnosti (da li će se događaji desiti, šta će biti posledice) (Aven, 2007, 2010, 2011)
15. Rizik je definisan kao spisak posledica i njihovih verovatnoća (Norveški Standard NS 5814, 2008)
16. Rizik je kombinacija verovatnoće pojave opasnosti u sistemu za snabdevanje vodom i težine izazvanih posledica (DVGW, 2008)
17. Rizik je kombinacija verovatnoće opasnog događaja i ozbiljnosti posledica, ako se opasnost javlja u sistemu za vodosnabdevanje (EN 15975-2, 2013)
18. Rizik je neizvesnost oko i ozbiljnost posledica (ili ishoda) od aktivnosti u vezi sa nečim što ljudi vrednuju (Aven i Renn, 2009)
19. Rizik je dejstvo neizvesnosti na ciljeve (ISO, 2009 a,b)
20. Nivo rizika je kombinacija posledica i njihovih verovatnoća (ISO, 2009 a,b)

PRILOG B1

Okvir za razmatranje rizika prema (Kaplan i Garrick, 1981)

Analiza rizika, u skladu sa (Kaplan i Garrick, 1981), vrši se da bi pružila odgovore na sledeća pitanja:

P1. Šta može da krene naopako?

Da bi odgovorili na ovo pitanje, potrebno je da se identifikuju mogući opasni događaji koji mogu dovesti do oštećenja nekih sredstava koje želimo da čuvamo i zaštitimo. Ova sredstva mogu biti ljudi, okruženje, objekti, tehničke instalacije, infrastruktura, kulturno nasleđe, reputacija, informacije, podaci, i još mnogo toga.

P2. Koja je verovatnoća da se to desi?

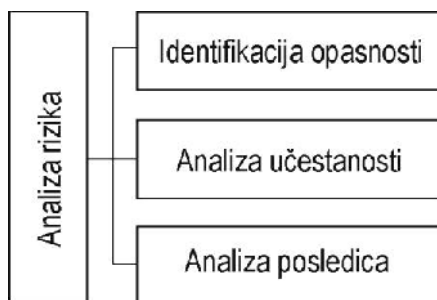
Odgovor se može dati kao kvalitativno tvrđenje ili kao verovatnoće ili učestanosti. Opasni događaji koji su identifikovani u P1, razmatraju se jedan po jedan. Da bi se utvrdila njihova verovatnoća, potrebno je da se sprovede uzročna analiza da bi se identifikovali osnovni uzroci (opasnosti ili pretnje) koji mogu dovesti do opasnog događaja.

P3. Koje su posledice?

Za svaki opasni događaj, potrebno je da se identifikuju potencijalne štete ili štetne posledice na sredstva navedena u P1. Većina sistema ima barijere koje se postavljaju da spreče ili ublaže štetu. Šteta na sredstvima zavisi od toga da li ili ne ove barijere funkcionišu kada se opasni događaj odvija.

Analiza rizika sprovodi se u tri glavna koraka davanjem odgovora na tri pitanja, slika B1-1:

1. Identifikacija opasnosti. U ovom koraku, opasnosti i pretnje u vezi sa sistemom se identifikuju zajedno sa potencijalnim opasnim događajima. Kao deo ovog procesa, identifikuju se i sredstva koja mogu biti oštećena.
2. Analiza učestanosti. Ovaj korak će obično uključiti deduktivnu analizu da bi se identifikovali uzroci svake opasnosti i da se predvidi učestalost opasnog događaja na osnovu iskustvenih podataka i/ili stručnog mišljenja.
3. Analiza posledica. U ovom koraku sprovodi se induktivna analiza da bi se identifikovale sve potencijalne sekvence događaja koje mogu nastati iz opasnog događaja. Cilj induktivne analize je obično da identifikuje sve potencijalne krajnje posledice i njihovu verovatnoću nastanka.



*Slika B1-1. Okvir rizika
(prema Kaplan i Garick, 1981)*

PRILOG B2

Okvir za razmatranje rizika prema (Haimes, 1991)

Haimes (1991) govori o analizi rizika, a da je eksplicitno ne definiše, već čitaocu ostavlja da percipira da pod analizom rizika implicira ukupnost procesa procene i upravljanja rizikom, slika -1. On takođe i odgovor na trijadu Kaplan-a i Garick-a (1981) naziva drugačije od autora, procena rizika naspram analiza rizika, zbog, verovatno, lične percepcije i uklapanja u „sopstveni” logički okvir.



*Slika B2-1. Okvir rizika
(prema Haimes, 2004)*

Tumačenje koje je često korišćeno među članovima Društva za analizu rizika, kome i Haimes pripada, je da je analiza rizika sveukupni koncept, koji obuhvata procenu rizika, percepciju rizika, upravljanje rizikom, komunikaciju rizika i njihove interakcije (Aven, 2011).

Haimes, dakle, navodi da pod procenom rizika analitičari pokušavaju da odgovore na skup od tri pitanja (Kaplan i Garrick, 1981). Odgovori na ova pitanja pomažu analitičarima rizika da identifikuju, izmere, kvantifikuju i procene rizike i njihove posledice i uticaje.

Upravljanje rizikom gradi se na postupku procene rizika putem traženja odgovora na drugi skup od tri pitanja (Haimes, 1991): „Šta se može učiniti i koje su mogućnosti na raspolaganju?”, „Kakva je njihova isplativost u smislu svih troškova, koristi i rizika?” i „Kakvi su uticaji tekućih upravljačkih odluka na buduće izbore?”

Poslednje pitanje najkritičnije je u svakom upravljačkom donošenju odluka. Ovo iz razloga što, ukoliko negativni i pozitivni uticaji tekućih odluka na buduće izbore nisu razmotreni i procenjeni (onoliko koliko je to moguće), onda se politika donošenja odluka ne može smatrati „optimalnom” u bilo kom smislu te reči. Upravljanje ukupnim rizikom može se postići tek kada se na ova pitanja odgovori u širem kontekstu upravljanja, gde su sve mogućnosti i njihova isplativost, uklopljeni unutar hijerarhijske organizacione strukture. Procena potpune isplativosti među svim važnim i povezanim ciljevima sistema u smislu troškova, koristi i rizika, ne može biti obavljena ozbiljno i s punim smislom izolovano od modeliranja sistema i razmatranja rasporeda resursa sveukupne organizacije.

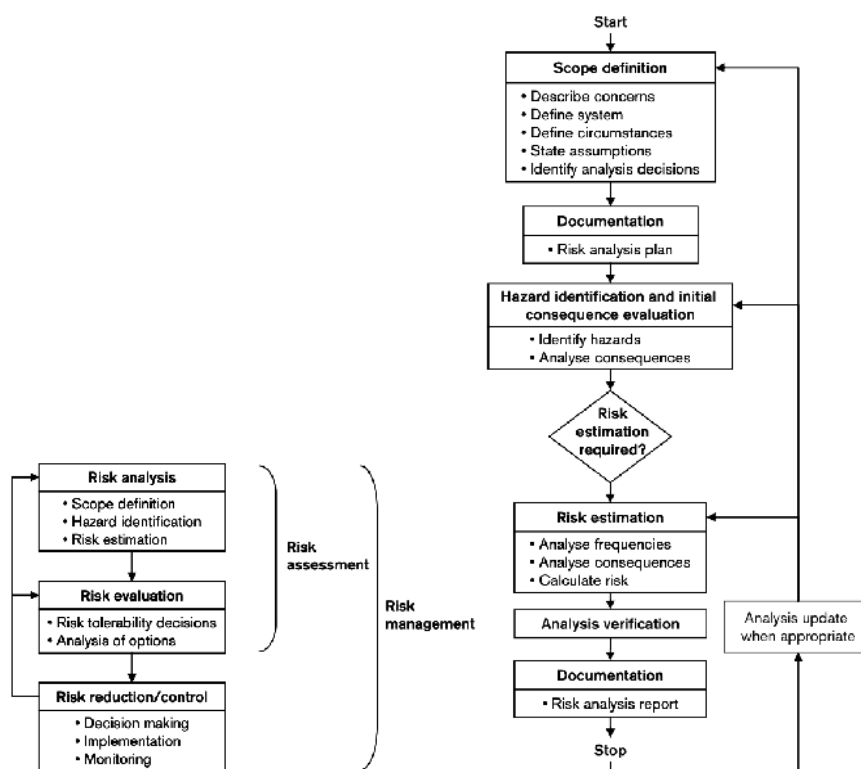
Teorija, metodologija i tehnike izvedeni primarno iz faza planiranja i projektovanja sistema, obezbeđuju tehničke osnove sa kojih se može odgovoriti na prethodna dva skupa od po tri pitanja. Valjano upravljanje zato mora da sadrži i obradi upravljanje rizikom unutar holističkog, sistemskog i sveobuhvatnog okvira, o kojem će biti reči nešto kasnije. Sa više perspektiva, projektovanje sistema i analiza rizika su isprepleteni, i samo zajedno sačinjavaju kompletan postupak.

PRILOG B3

Okvir za razmatranje rizika prema (IEC 60300-3-9:1995)

Ovaj okvir odnosi se na standard Međunarodne elektrotehničke komisije: Upravljanje pouzdanošću, Deo 3: Uputstvo za primenu, Član 9: Analiza rizika tehnoloških sistema.

Celokupan proces identifikacije opasnosti, procene rizika, evaluacije rizika i, ako je potrebno, smanjenja ili kontrole rizika, u standardu naziva se upravljanje rizikom. Slika B3-1a prikazuje pregled procesa upravljanja rizikom, kao što je predstavljeno IEC (1995).



Slika B3-1. Okvir rizika

a) Proces upravljanja rizikom, b) Proces analize rizika
(IEC 60300-3-9, 1995)

Važan aspekt kada se upravlja rizikom je komunikacija rizika, odnosno razmena ili deljenje informacija u vezi rizika. Rizik i povezani aspekti treba da budu komunicirani između donosioca odluka, naučnika, javnosti i sadašnjih ili potencijalnih interesnih strana. Značaj komunikacije rizika i uzimanje u obzir sveta oko nas, kao dela upravljanja rizikom, naglašen je od strane brojnih autora.

IEC 60300-3-9:1995 definiše analizu rizika kao sistematsku upotrebu raspoloživih informacija radi identifikacije opasnosti i procene rizika za pojedince ili populacije, imovinu ili okruženje. Proces analize rizika u skladu sa IEC standardom prikazan je na slici B3-1b.

Cilj analize rizika je da definiše razmatrani sistem, da se identifikuju moguće opasnosti i procene rizici, odnosno:

- identifikacija opasnosti i pretnji u vezi sa objektom studije (sistem),
- identifikacija potencijalno opasnih događaja koji mogu nastati u vezi sa objektom studije,
- pronalaženje uzroka svakog opasnog događaja,
- identifikacija barijera i mere zaštite koje mogu sprečiti ili umanjiti verovatnoću opasnih događaja i/ili posledica ovih događaja, i procena pouzdanosti ovih barijera,
- identifikacija nesreća koji se odnose na svaki opasan događaj i određuju njihove posledice i frekvencije (tj. uspostavljaju sliku rizika).

Namera standarda je da odrazi trenutne dobre prakse u izboru i korišćenju tehnika analize rizika; stoga, njegova opštost daje smernice u mnogim oblastima primene. Standard je prvenstveno namenjen za analizu rizika tehnoloških sistema.

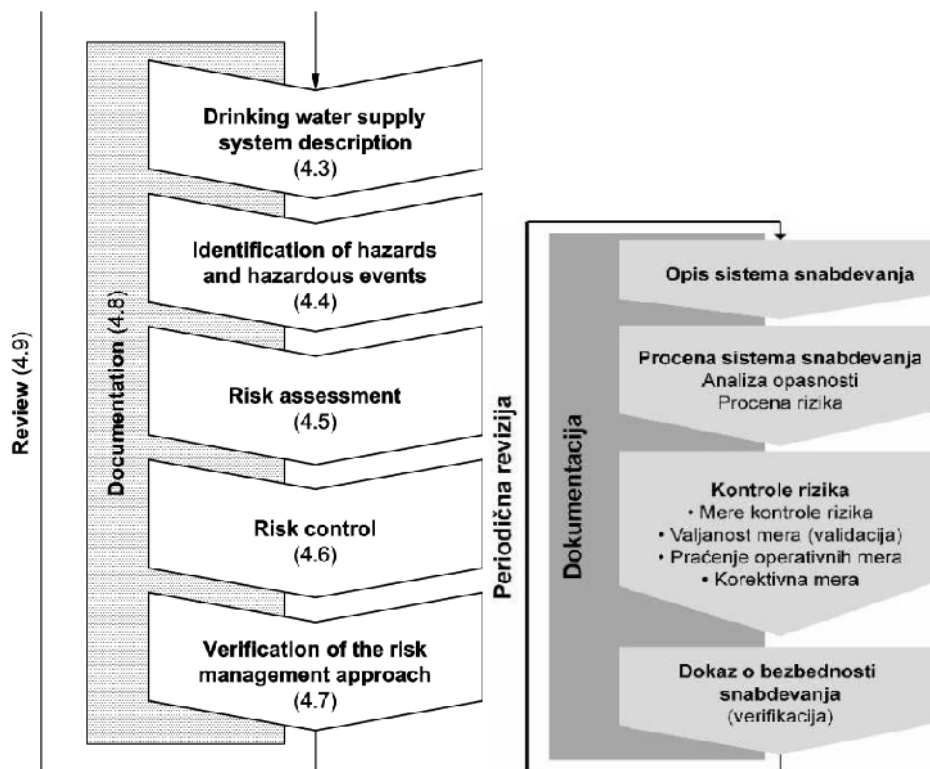
Postupak upravljanja rizikom treba da bude iterativan proces i samim tim bi trebalo da se analiza rizika takođe stalno ažurira kako nova informacija postane dostupna. Važan deo analize rizika je da se odabere koji tip posledica se uključuje u analizu i da se odluči koje će mere rizika da se koriste. Slovic (2001) ističe da izbor mere rizika može uticati na to koliko se pojedini oblik tehnologije čini rizičnim.

PRILOG B5

Okvir za razmatranje rizika prema (EN 15975-2, 2013)

Na tragu principa organizacija za standardizaciju, standard za upravljanje rizikom (EN 15975-2, 2013) i tehnički propis za bezbednost snabdevanja u redovnim uslovima (DVGW W1001, 2008) navode okvire za sisteme za snabdevanje vodom, odnosno izradu dokumentacije i planova, i periodičan nadzor, slika B5-1, a kroz sledeće faze:

- opis sistema,
- procena sistema za snabdevanje (identifikacija opasnosti i procena rizika),
- kontrola rizika (operativni monitoring i korektivna mera),
- verifikacija bezbednosti snabdevanja vodom.



Slika B5-1. Okvir za vodovodni sistem

a) standard za upravljanje rizikom u vodovodnom sistemu i b) tehnički propis (prema EN 15975-2, 2013 i DVGW W1001, 2008)

U ličnoj prepisci sa vodećim autorom ovih propisa (Zenz – Šotić, jun-jul 2015) razjašnjeno je da se EN 15975-2 fokusira na tehnički rizik, a DVGW W1001 na organizacioni aspekt problema.

PRILOG C1

Metode analize rizika prema (Kjellen, 2000)

Kjellen (2000) navodi da je analiza rizika zajednički naziv za različite metode, uključujući sledeće aktivnosti (CEN, 1996; ISO 1999): (i) definisanje objekta za analizu, (ii) identifikaciju opasnosti, i (iii) predviđanje rizika.

Kjellen (2000) navodi sledeće osnovne metode analize rizika:

- Gruba analiza (analiza energije) koja se zove još i Preliminarna analiza opasnosti (PHA)
- Analiza bezbednosti posla
- Analiza opasnosti i operativnosti (HAZOP)
- Analiza načina i posledica otkaza (FMEA)
- Analiza greške rada
- Analiza stabla otkaza (FTA)
- Analiza stabla događaja (ETA)
- Analiza poređenjem

PRILOG C2

Metode analize rizika prema (Aven, 2008)

Aven (2008) daje pregled osnovnih metoda u kojem je listu Kjellen-a (2000) proširio za sledeće:

- Strukturirana šta-ako tehnika (SWIFT),
- Bajesove mreže,
- Monte Carlo simulacija.

Kategorizacija metoda prikazana je u tabeli C2-1. Kategorije predstavljaju stepen formalizma i sofisticaciju modeliranja, a izbor metoda za konkretan problem će zavistiti od nekoliko faktora, uključujući problem rizika koji se razmatra, svrhu analize rizika, raspoložive ulazne podatke, itd. Potreba za podacima se značajno povećava od pojednostavljenih analiza rizika do analiza zasnovanih na modelu.

*Tabela C2-1. Kategorizacija metoda za analizu rizika
(prema Aven, 2008)*

Kategorija	Tipe analize	Opis	Primeri metoda
Pojednostavljena analiza rizika	Kvalitativna	Neformalni postupci kojima se analizira rizik korišćenjem npr. BS sesija i grupnih diskusija.	- Gruba analiza rizika - BS sesije
Standardna analiza rizika	Kvalitativna ili kvantitativna	Više formalizovani postupci u kojima se koriste priznate metode analize rizika. Matrice rizika često se koriste da predstave rezultate.	- Analiza rizika pomoću HAZOP - Matrice rizika - Analiza bezbednosti posla
Analiza rizika na osnovu modela	Primarno kvantitativna	Formalne metode koje koriste npr. ETA i FTA koriste se za proračun rizika.	- FTA - ETA - Analiza pouzdanosti - Bajesove mreže - Simulacije sistema - Benchmarking metode

Aven (2011) za glavne kategorije osnovnih metoda analize rizika smatra:

- a) Statističke metode: Raspoloživi su podaci za predviđanje budućih performansi analizirane aktivnosti ili sistema. Ove metode mogu biti zasnovane na ekstrapolaciji podataka ili probabilističkom modeliranju.
- b) Metode analize sistema: Ove metode (u koje spadaju modeli stabla otkaza i stabla događaja) koriste se za analizu sistema u kojima postoji nedostatak podataka za precizno predviđanje budućih performansi sistema. Uvidi se dobijaju dekompozicijom sistem na podsisteme / komponente za koje je raspoloživo više informacija. Sveukupne verovatnoće i rizik su funkcija arhitekture sistema i verovatnoća na nivou podsistema / komponenti (Pate-Cornell i Dillon, 2001).

Aven (2008) navodi da se obično analiza rizika primenjuje putem metoda stabla. Na primer, pojednostavljena analiza koristi se za identifikaciju kritičnih sistema. Nakon toga, sprovodi se ili standardna ili analiza zasnovana na modelu za detaljniju analizu ovih sistema. Izbor metode za analizu je često izbor između naprednog i nazadnog pristupa:

- Napredni pristup: Analiza rizika počinje sa identifikacijom inicirajućih osnovnih događaja. Nakon toga, analiziraju se posledice različitih događaja. Cilj analize je da identifikuje sve relevantne događaje i povezana scenarija. Na primer, ako analiziramo kvalitet vode u sistemu za distribuciju vode, cilj je da se identifikuju svi osnovni (inicijalni) događaji koji mogu doprineti zagađenju vode. Nakon toga, analiza posledica vrši se za svaki inicirajući događaj, upućujući na moguća scenarija zagađenja sistema koji dovode do mogućeg gubitka bezbednosnih funkcija i izbijanja hidrične epidemije. Isto će biti učinjeno za sve ostale vrste događaja koji su mogući u ovoj oblasti, na primer, u vezi količina vode. Krajnji proizvod će biti analiza rizika koja opisuje kako beznačajne, tako i ozbiljne događaje, sa svojim pratećim mogućim posledicama.

- Nazadni pristup: U ovom slučaju, analiza rizika počinje sa identifikacijom krajnjih ishoda događaja ili situacija koje su u analizi identifikovane kao važne, na primer, zagađenje vode, izbijanje hidrične epidemije ili gubitak ljudskih života. U slučaju kvaliteta vode, zainteresovani smo za identifikaciju potencijalnih situacija sa unosom zagađenja koje mogu da zagade vodu. Kakva vrsta situacije može dovesti do slučaja zagađenja vode? Gde može da se dogodi, i na koji način može da se vrši? Koji izvori zagađenja mogu da imaju ishod u nekoj velikoj hidričnoj epidemiji? Krajnji proizvod će biti ograničena analiza koja gleda u nekoliko odabranih događaja koji mogu da utiču na mere performansi za koje se analiza fokusira.

Generalno, može se reći da je nazadni pristup manje zahtevan u smislu vremena, ali u isto vreme, zahteva veliko iskustvo i stručnost kako bi se obezbedio dobar osnov za donošenje odluka. Postoji opasnost da se napravi pogrešan izbor ili prevede neki događaji. Napredni pristup podrazumeva postupke koji se više ponavljaju i koji su vremenski zahtevniji. Opis rizika može u ovom slučaju može biti potpuniji, ali postoji opasnost da analiza rizika postaje toliko obimna i komplikovana da je teško sagledati koje su informacije važne, a koje manje važne.

PRILOG C3

Metode analize rizika prema (Rausand 2011)

Rausand (2011) se drži definicije rizika Kaplan-a (1981) i ISO/IEC (2002), a svoj pregled modela analize rizika daje upravo prema okviru ISO/IEC (2002). Sličnog pristupa drži se i DNV (2008).

Identifikacija opasnosti

Bavi se prvim pitanjem u definisanju tripleta rizika: „Šta može da pođe naopako?“ Odgovor na ovo pitanje podrazumeva identifikaciju svih opasnosti i pretnji, i sve opasne događaje koji mogu da izazovu štetu na jednom ili više sredstava. Nekoliko metoda je razvijeno za ove svrhe i ove metode se obično se nazivaju metode za identifikaciju opasnosti. To su:

- Registar opasnosti,
- Spisak provera i brza razmena ideja (BS),
- Preliminarna analiza opasnosti,
- Analiza promena,
- FMECA,
- HAZOP,
- SWIFT,
- Master Logic Diagram.

Analiza uzročnosti i učestanosti

Bavi se drugim pitanjem u triplet definiciji rizika: „Koliko često će se opasni događaj desiti?“ Da bi se odgovorilo na ovo pitanje, često je neophodno da se identifikuju i analiziraju mogući uzroci opasnih događaja. To su:

- Analiza dijagrama uzroka i posledica,
- FTA, slika C3 **Error! Reference source not found.**,
- Bajesove mreže,
- Markov metode,
- Petri mreže.

Razvoj scenarija nesreća

Bavi se trećim pitanjem u definisanom tripletu rizika: „Kako se moguće posledice opasnog događaja mogu odrediti?” Scenario nesreća definisan je kao niz događaja od opasnog (ili inicirajućeg) događaja do krajnjeg događaja sa neželjenim posledicama. Ovo se takođe može smatrati kao putanja od opasnog događaja do sredstva. Razvoj scenarija nesreće znači da se identifikuju i opišu mogući putevi od opasnog događaja do jednog ili više sredstava. Opasan događaj u praksi može dovesti do širokog spektra posledica na sredstvo. Koja sredstva treba razmotriti zavisi od ciljeva analize. Analiza se može fokusirati na jednom sredstvu ili više sredstava u isto vreme. Razvoj scenarija nesreće se takođe naziva analiza sekvenci nesreće.

- Event Tree Analysis,
- Event Sequence Diagrams,
- Cause-Consequence Analysis,
- Escalation Problems,
- Consequence Models.

Analiza barijera

Većina dobro osmišljenih sistema ima zaštitnu opremu ili druge funkcije za zaštitu ljudi, okoline i druga sredstva protiv oštećenja, otkaza ili opasnih odstupanja u sistemu. Oprema i funkcije koje su instalirane u tu svrhu nazivaju se bezbednosne barijere, ili jednostavno barijere. Nekoliko drugih imena koriste se u literaturi, na primer: protivmere, bezbednosne funkcije/sistemi, bezbednosne kritične funkcije/sistemi, odbrambene mere, odbrane, linije odbrane, slojeve zaštite (ili zaštitni slojevi), i zaštite. Ove metode su:

- Hazard-Barrier Matrices,
- Safety Barrier Diagrams,
- Bow-tie Diagrams,
- Energy Flow/Barrier Analysis,
- Layer of Protection Analysis,
- Barrier and Operational Risk Analysis.

PRILOG C4

Metode analize rizika prema (Ericson, 2005)

Ericson (2005) bavi se veoma detaljno metodama za analizu opasnosti (kao dela analize rizika), a ne samim metodama za analizu rizika. Veoma zanimljivo je da govoreći o riziku Ericson isključivo pominje „mishap” rizik. Dalje, on govori o uzrocima i posledicama opasnosti, a ne (neželjenog događaja ili) rizika, što je duboko ispravno, u smislu činjenice da je rizik izvedena kategorija. Koliko god da su modeli stabla otkaza (FTA) i modeli stabla događaja (ETA), slika C3-1, osnovne metode analize rizika (Aven, 2011), i koliko god se misli da je njihovo mesto u kategorizaciji i klasifikaciji metoda nesporno:

- model FTA Rausand (2011) ne klasifikuje kao metod za identifikaciju opasnosti, što pak čini Ericson (2005), već kao metodu za analizu uzročnosti i učestanosti,
- model ETA Rausand (2011) klasifikuje kao metod za razvoj scenarija nesreća (neželjenih događaja), dok ga Ericson (2005) uopšte ne navodi.

Tipovi i tehnike

Analiza opasnosti sprovodi se radi identifikacije opasnosti, efekata opasnosti i uzročnih faktora opasnosti. Analize opasnosti koriste se za određivanje rizika sistema i na taj način utvrđuju značaj opasnosti, tako da mogu da se uspostave mere bezbednosti dizajna za otklanjanje ili ublažavanje opasnosti. Analize se sprovode radi sistematičnog ispitivanja sistema, podsistema, objekata, komponenti, softvera, osoblja i njihovih međusobnih odnosa.

Prema MIL-STD-882 (1993), postoje dve kategorije analize opasnosti: tipovi i tehnike. Tip analize opasnosti definiše kategoriju analize (npr. detaljna analiza dizajna), a tehnika definiše jedinstvenu metodologiju analize (npr. FTA). Tip uspostavlja vreme analize, dubinu detalja, i pokrivenost sistema. Tehnika se odnosi na specifičnu i jedinstvenu metodologiju analize koja pruža konkretne rezultate. Bezbednost sistema je izgrađena na sedam osnovnih tipova, dok postoji preko 100 različitih tehnika na raspolaganju. U principu, postoji nekoliko različitih tehnika za postizanje svakog od različitih tipova. Sveobuhvatni razlike između tipova i tehnika prikazani su u tabeli C4-1.

*Tabela C4-1. Uporedni prikaz karakteristika tipova i tehnika analize opasnosti
(prema Ericson, 2005)*

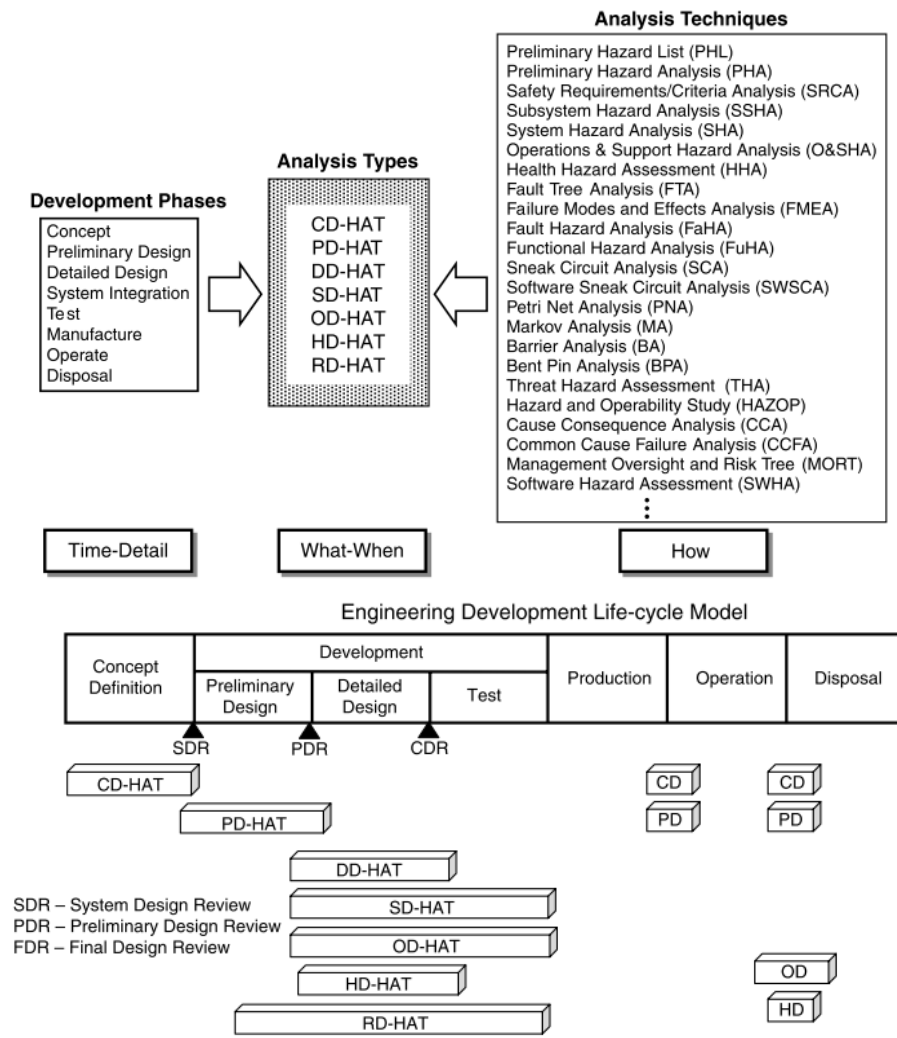
Tip	Tehnika
Uspostavlja gde, kada, i šta da se analizira.	Uspostavlja kako da se analiza sprovede.
Uspostavlja određeni zadatak analize za određeno vreme u životnom ciklusu programa.	Uspostavlja specifičnu i jedinstvenu metodologiju analize.
Uspostavlja šta se želi iz analize.	Obezbeđuje informacije da se zadovolji nameru tipa analize.
Obezbeđuje specifično usmerenje za dizajn	

Tip analize opasnosti

Tip analize opasnosti opisuje obim, obuhvat, detalje i faze životnog ciklusa konkretne analize opasnosti. Svaki tip analize ima za cilj da obezbedi vremensku ili faznu zavisnu analizu koja lako identifikuje opasnosti za određenu fazu projekta u životnom ciklusu razvoja sistema.

Pošto su detaljniji nivoi projekta i operativne informacije raspoloživi kako razmatrani projekat napreduje, tako su raspoložive i detaljnije informacije za određen tip analize opasnosti. Dubina detalja za tip analize povećava se kako nivo detaljnosti projekta napreduje. Svaki od ovih tipova analize definišu: kada analiza treba da počne, nivo detalja analize, vrstu raspoložive informacije, i rezultat analize. Ciljevi svakog tipa analize mogu se postići različitim tehnikama analize. Analitičar treba da pažljivo odabere odgovarajuće tehnike za postizanje ciljeva svakog od tipova analize. Ericson navodi sedam tipova analize opasnosti: za idejno rešenje, za idejni projekat, za glavne projekte podsistema, za projekat integrisanog sistema, za projekat funkcionisanja, za projekat bezbednosti ljudi, i za zahteve projekta, testiranja i bezbednosti. Važan princip analize opasnosti je da jedan pojedini tip analize opasnosti ne mora obavezno da identifikuje sve opasnosti u sistemu; identifikacija opasnosti može zahtevati više od jednog tipa analize (otuda i sedam vrsta). Posledica ovog principa je da pojedini tip analize opasnosti ne mora obavezno da identifikuje sve uzročne faktore opasnosti; može biti potrebno više od jednog tipa analiza. Nakon sprovođenja svih sedam tipova analize opasnosti, treba da su identifikovane sve opasnosti i uzročni faktori. Međutim, dodatne opasnosti mogu biti otkrivene tokom programa testiranja.

Svaki tip analize opasnosti ima jedinstvenu funkciju ili cilj, a preporučuje se da se primeni svih sedam tipova analize opasnosti. Slika C4-1 prikazuje odnos između tipova opasnosti i tehnika. U tom odnosu, sedam tipova analize opasnosti formiraju centralnu postavku za analizu opasnosti, uz potonji izbor brojnih tehnika analize.



Slika C4-1. Pregled a) odnosa tip-tehnika i b) vremena vršenja analize opasnosti (prema Ericson, 2005)

Tabela C4-2. Pregled tipova i tehnika analize opasnosti (prema Ericson, 2005)

Tip	Nivo dokumentacije	Fokusirana opasnost	Osnovna tehnika
CD-HAT	Idejno rešenje	Sistemske (jed.) opasnosti	PHL
PD-HAT	Idejni projekat	Sistemske (mn.) opasnosti	PHA
DD-HAT	Glavni projekti podsistema	Opasnosti podsistema	SSHA
SD-HAT	Projekat integrisanog sistema	Opasnosti integrisanog sistema	SHA
OD-HAT	Projekat funkcionisanja	Operativne opasnosti	OSHA
HD-HAT	Projekat bezbednosti ljudi	Opasnosti po ljudsko zdravlje	HHA
RD-HAT	Zahtevi projekta, testiranja i bezbednosti	Zahtevi/testiranje	SRCA

Tehnike analize opasnosti

Tehnika analize opasnosti definiše jedinstvenu metodologiju analize (npr. FTA). Tehnika se odnosi na specifičnu i jedinstvenu metodologiju analize koja se obavlja po određenom skupu pravila i daje konkretne rezultate. Postoji preko 100 različitih tehnika analiza opasnosti, pri čemu taj broj i dalje raste. Neke od tehnika su manje varijacije drugih, a neke nisu u širokoj praksi.

Ericson (2005) daje pregled ključnih sedam tehnika koje se smatra osnovnim tehnikama koje se koriste u praksi, tabela C42003, zajedno sa tipom analize kojoj svaka tehnika najbolje odgovara. Tehnike primarne analize koje su navedene u MIL-STD-882, pokazale su se efikasnim tokom mnogih godina upotrebe. Ovih sedam tehnika analiza opasnosti obezbeđuju većinu analiza opasnosti.

PRILOG C5

Metodel analize rizika prema (ISO/IEC 31010:2009)

Standard za upravljanje rizikom – tehnike procene rizika (ISO/IEC 31010:2009) navodi da su faktori koji utiču na izbor tehnike analize rizika:

- faza procene rizika,
- složenost problema,
- priroda i stepen neizvesnosti procene rizika zasnovanog na raspoloživim informacijama,
- raspoloživi resursi za sprovođenje tehnike: nivo ekspertize, vreme, troškovi,
- potreba za kvantitativnim rezultatima.

ISO/IEC 31010:2009 u svom Prilogu daje pregled metoda za analizu rizika.

Alati i tehnike	Postupak procene rizika				
	Identifikacija rizika	Analiza rizika			Vrednovanje rizika
		Posledica	Verovatnoća	Nivo rizika	
Brza razmena ideja	VP	NP	NP	NP	NP
Strukturisani ili polu-strukturisani intervjui	VP	NP	NP	NP	NP
Delfi	VP	NP	NP	NP	NP
Spiskovi provere	VP	NP	NP	NP	NP
Primarna analiza opasnosti	VP	NP	NP	NP	NP
Analiza opasnosti i operativnosti (HAZOP)	VP	VP	P	P	P
Analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke (HACCP)	VP	VP	NP	NP	VP
Procena rizika okruženja	VP	VP	VP	VP	VP
Strukturisana "Šta ako?" (SWIFT)	VP	VP	VP	VP	VP
Analiza scenarija	VP	VP	P	P	P
Analiza uticaja poslovanja	P	VP	P	P	P
Analiza osnovnog uzroka (RCA)	NP	VP	VP	VP	VP
Analiza režima otkaza i posledica (FMEA)	VP	VP	VP	VP	VP
Analiza stablom otkaza (FTA)	P	NP	VP	P	P
Analiza stablom događaja (ETA)	P	VP	P	P	NP
Analiza uzroka i posledica (CCA)	P	VP	VP	P	P
Analiza uzroka-i-efekta	VP	VP	NP	NP	NP
Analiza slojeva zaštite (LOPA)	P	VP	P	P	NP
Stablo odlučivanja	NP	VP	VP	P	P
Analiza ljudske pouzdanosti (HRA)	VP	VP	VP	VP	P
Analiza leptir mašnom (BTA)	NP	P	VP	VP	P
Održavanje na bazi pouzdanosti (RCM)	VP	VP	VP	VP	VP
Analiza latentnih uslova	P	NP	NP	NP	NP
Markov analiza	P	VP	NP	NP	NP
Monte Carlo simulacija	NP	NP	NP	NP	VP
Bajesova statistika i Bajesove mreže	NP	VP	NP	NP	VP
Dijagrami učestanosti i posledica	P	VP	VP	P	VP
Indeksi rizika	P	VP	VP	P	VP
Matrica posledica/verovatnoće	VP	VP	VP	VP	P
Analiza troškova/dobiti (CBA)	P	VP	P	P	P
Više-kriterijumska analiza odlučivanja (MCDA)	P	VP	P	VP	P

VP - Veoma primenljivo

NP - Nije primenljivo

P - Primenljivo

PRILOG D1

Pregled relevantnih metoda analize rizika za vrednovanje čitavog sistema za snabdevanje vodom, od izvora do slavine - TECHNEAU projekat (Rosén i dr., 2007)

Metod analize rizika	Faza u postupku analize rizika	Kvalitativna/ Kvantitativna	Deo vod. sistema	Kvalitet vode/ Kvantitet vode	Zahtevi za podacima	Nivo znanja
HAZID	Utvrdjivanje opasnosti	Kvalitativna	Čitav sistem	Obe stvari	Mali	Početrnik
HAZOP	Utvrdjivanje opasnosti	Kvalitativna	Tretman Distribucija	Obe stvari	Srednji	Specijalista
PHA/RVA	Utvrdjivanje opasnosti Predviđanje rizika	Kvalitativna	Čitav sistem	Obe stvari	Srednji	Početrnik
FMECA	Utvrdjivanje opasnosti Predviđanje rizika	Kvalitativna	Tretman Distribucija	Obe stvari	Veliki	Specijalista
FTA	Predviđanje rizika (uzroka)	Kvalitativna/ Kvantitativna	Čitav sistem	Obe stvari	Veliki	Ekspert
Diagram pouzdanosti	Predviđanje rizika (uzroka)	Kvalitativna/ Kvantitativna	Čitav sistem	Obe stvari	Veliki	Ekspert
ETA	Predviđanje rizika (posledica)	Kvalitativna/ Kvantitativna	Čitav sistem	Obe stvari	Veliki	Specijalista
HRA	Predviđanje rizika (uzroka)	Kvalitativna/ Kvantitativna	Tretman Distribucija	Obe stvari	Veliki	Ekspert
Fizički modeli	Predviđanje rizika (posledica)	Kvantitativna	Čitav sistem	Obe stvari	Veliki	Ekspert
QMRA/QCRA	Predviđanje rizika (posledica)	Kvantitativna	Čitav sistem	Kvalitet	Veliki	Ekspert
Barijere i leptir-mašna dijagram	Predviđanje rizika	Kvalitativna/ Kvantitativna	Čitav sistem	Obe stvari	Mali	Specijalista

PRILOG D2

Pregled metoda analize rizika po oblastima primene - TECHNEAU projekat (Rosén i dr., 2007)

#	Naziv metode	Reference	Primena	Izvorište	Tretman	Distribucija
1	The Bonn Charter	(IWA, 2004)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
2	Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)	(Codex, 2003; Dewettinck, 2001; Havelaar, 1994)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
3	Water Safety Plan (WSP)	(WHO, 2004)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
4	The Water Framework Directive (WFD)	(EC, 2000b)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
5	Integrated Water Resources Management (IWRM)	(Agarwal et al., 2000; Maganga et al., 2002)	Danas	X		
			Moguće	X		
6	The Multi-Barrier Approach	(CCME, 2004)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
7	Bow-Tie Approach and barriers	Sklet (2006)	Danas	X	X	
			Moguće	X	X	X
8	Hazard Identification (HAZID)	(IEC, 1995; USDOE, 2004)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
9	What-If Analysis	(Nolan, 1994)	Danas		X	
			Moguće	X	X	X
10	Hazard and Operability Studies (HAZOP)	(Nolan, 1994; Wirth, N. & Siebert, A.J., 2000)	Danas		X	
			Moguće	X	X	X

#	Naziv metode	Reference	Primena	Izvorište	Tretman	Distribucija
11	Preliminary Hazard Analysis (PHA)	(IEC, 1995)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
12	Risk and Vulnerability Analysis (RVA)	(Mattilsynet, 2006)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
13	Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA)	(Rausand & Høyland, 2004; Wirth, N. & Siebert, A.J., 2000)	Danas		X	
			Moguće		X	X
14	Fault Tree Analysis (FTA)	(Rausand & Høyland, 2004; Lindqvist et al., 1987; Rosén & Steier, 2006; Wirth, N & Siebert, A.J.,	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
15	Reliability Block Diagram (RBD)	(Rausand & Høyland, 2004)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
16	Event Tree Analysis (ETA)	(Rausand & Høyland, 2004; Rosén & Friberg, 2003)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
17	Task Analysis	(Kirwan & Ainsworth, 1992)	Danas			
			Moguće		X	
18	Human Reliability Analysis (HRA)	(Kirwan, 1994)	Danas			
			Moguće		X	
19	Physical models (e.g., EPANET, CARE-W)	http://www.epa.gov/ ; http://carew.unife.it/	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
20	Health Risk Assessment/ Quantitative Chemical Risk Assessment (QCRA)	(US EPA, 1989)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
21	Health Impact Assessment	(WHO, 2000)	Danas			X
			Moguće			X
22	Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA)	(Fewtrell & Bartram, 2001; Westrell et al, 2003; Westrell, 2004; Rosén & Friberg, 2003; WHO 2004; Åström et al 2006)	Danas	X	X	X
			Moguće	X	X	X
23	Markov models	(Rausand & Høyland, 2004)	Danas			
			Moguće		X	X
24	Risk Influence Diagrams/ Bayesian Belief Networks	(Jensen 2001, Langseth & Portinale, 2007)	Danas			
			Moguće	X	X	X
25	Monte Carlo simulation	(Rausand & Høyland, 2004)	Danas			
			Moguće	X	X	X

PRILOG D3

Pregled metoda analize rizika po fazama životnog ciklusa - TECHNEAU projekat (Hokstad i dr., 2009)

Faza živ. cikl.	Odluka / Svrha analize	Metod		Komentari / Primeri
		Naziv	Složenost	
Projektovanje i razvoj	Izbor vrste tretmana vode	HAZOP/Hazid	M/L	Opasnosti za područje izvorišta /
		FMECA	L	Pouzdanost sistema za tretman vode
		Efikasnost uklanjanja	H	Specifikacija sistema tretmana
	Izbor/projekat sistema za distribuciju (kapacitet, redundantnost)	Model mreže	H	Samo za distribuciju
	Utvrđivanje kontrolnih tačaka	CRA (HACCP)	M	Formiranje monitoring sistema. Primarno za izvorište i tretman
	Hazard identification	Hazid/HAZOP	L/M	Identifikovati potrebu za opcije smanjenja rizika
	Plan za smanjenje/izbegavanje rizika	FMECA	L	Tehnički otkazi; (primarno za tretman?)
		FTA	H	Npr. za istraživanje redundantnih sistema
		RBD	M	Npr. za istraživanje redundantnih sistema
		HRA	H	Analiza potencijala za ljudske greške koje uzrokuju nepravilnost
QMRA/QCRA		H	Analiza (efekata) mikrobioloških/hemijskih	
Formiranje planova za vanredne situacije	Može da se zasniva na CRA	M	Planovi za upozorenje korisnika, obezbeđenje zamene isporuke, oporavak, ...	
Proizvodnja i/ili izgradnja	Izbegavanje da izgradnja zagadi izvorište	CRA	L	Analiza opasnih događaja izgradnje
		HAZOP	M	Identifikovanje opasnosti / opasnih događaja za izvorište

Faza živ. cikl.	Odluka / Svrha analize	Metod		Komentari / Primeri
		Naziv	Složenost	
Funkcionisanje	Zaštita od neželjenih događaja	CRA (HACCP)	L/M	Prioritizacija opcija za smanjenje rizika
	Proširenje analize rizika sa suočavanje sa pojedinim problemima	HRA	H	Unapređenje procedura
		FTA	H	Identifikacija uzroka neželjenih događaja
		ETA	M	Posledice neželjenih događaja
		Bajesova mreža	H	Efekat faktora koji utiču na rizik
		GIS	H	Potpunija slika opasnosti/ranjivosti
	Promene u kapacitetu ili pouzdanosti mreže	Model mreže	H	Optimizacija raspoloživosti vode za korisnike
		FTA	H	Uzroci kvarova mreže
	Novi (tip) korisnik koji treba da se priključi	HAZOP/Hazid	M/L	Npr. prehrambena industrija, bolnica,
	Uočena nepouzdana oprema	Markov	H	Optimizacija održavanja
	Sigurnosni problemi; nove	HAZOP/Hazid	M/L	Identifikacija pretnji i ranjive tačke
	Promene u okruženju izvorišta	Hazid	L	Novi objekti, putevi, životinje, itd.
	Modifikacije / Produženje trajanja	Hazid/HAZOP	L/M	Pojava novih opasnosti?
		FTA	H	Identifikovanje uzroka „novih”
RBD		M		

L - Mala; M - Srednja; H - Visoka

PRILOG E1

Pregled ključnih definicija za upravljanje sredstvima

Pregled ključnih hronološki poredanih definicija za upravljanje sredstvima (AM):

1. AM je poslovni proces i okvir za donošenje odluka koji pokriva duži vremenski horizont, postavljen na principima ekonomije i inženjeringa, i obuhvata širok spektar sredstava. Pristup AM uključuje ekonomsku procenu kompromisa između alternativnih investicionih opcija i koristi ove informacije da pomogne u donošenju isplativih investicionih odluka (FHWA, 1999).
2. IAM je uspešno sprovođenje prikupljanja podataka, koje se odnosi na šest pitanja o sredstvima (Šest AM „Šta”): Šta posedujemo? (i gde je to?) Koliko to vredi? Kog obima je odloženo održavanje? U kakvom je stanju? Koliki je preostali vek trajanja? Šta prvo popraviti? (Vanier, 2000; Vanier, 2001; MIIP, 2006; InfraGUIDE, 2004).
3. AM je upravljanje mogućnostima fizičkih sredstava, tako da korisnici koriste usluge, na nivou i ceni koja je za njih prihvatljiva. AM je održavanje sposobnosti usluge sistema sredstava na optimalnom ekonomskom nivou, kako bi se sačuvao protok usluga ka korisnicima u budućnosti, na nivou rizika i cene prihvatljivim za korisnike (Ofwat, 2000).
4. AM je definisan kao integrisani proces optimizacije upravljanja infrastrukturnim sredstvima da bi se minimizirali ukupni troškovi njihovog posedovanja i korišćenja, dok je kontinuirana isporuka nivoa usluga koje korisnici žele, na prihvatljivom nivou rizika (AMSA i dr., 2002).
5. AM je sistematski pristup kako bi se osiguralo da se nabavljaju i održavaju samo ona fizička sredstva koja najefikasnije podržavaju usluge i poslovne ciljeve, i da su ukupni troškovi sredstava tokom njihovog trajanja, od nabavke do konačnog odlaganja, svedena na minimum za dati nivo usluge (NHS Estates, 2003).

6. AM je poslovni proces i podrška okviru odlučivanja koji: (1) pokriva produžen radni vek nekog sredstva; (2) crpi se iz inženjeringa, kao i iz ekonomije; i (3) razmatra raznovrsni raspon sredstava (Vanier i Rahman, 2004).
7. AM je umetnost balansiranja troškova, performansi i rizika, sa daljom tvrdnjom da je AM poslovna filozofija dizajnirana da uskladi korporativne ciljeve sa odlukama o potrošnji sredstava (Brown i Spare, 2004).
8. AM je strateški pristup koji identifikuje optimalnu alokaciju resursa za upravljanje, operacije, očuvanje i unapređenje infrastrukture autoputeva radi zadovoljenja potreba sadašnjih i budućih korisnika (CSS, 2004).
9. AM je kombinacija upravljačkih, finansijskih, ekonomskih, tehničkih i drugih postupaka primenjenih na fizičku imovinu, sa ciljem pružanja zahtevanih nivoa usluga na najekonomičniji način (IIMM, 2006).
10. AM su sistematske i koordinirane aktivnosti i prakse kroz koje organizacija optimalno i održivo upravlja svojim sredstvima i sistemom sredstava, njihovim povezanim performansama, rizicima i troškovima tokom životnog ciklusa u cilju postizanja svog organizacionog strateškog plana (PAS 55, 2004; BSI, 2008).
11. AM je takav skup aktivnosti kojima se osnovnim sredstvima neke organizacije upravlja tako da najbolje doprinose ostvarenju poslovnih ciljeva organizacije (Buckland, 2005).
12. AM je upravljanje životnim ciklusom fizičkih sredstava radi postizanja deklariranih rezultata preduzeća (MESA, 2006).
13. AM je optimalan način upravljanja sredstvima za postizanje željenog i održivog ishoda (Parsons, 2006).
14. AM je pristup ... da obezbedi pristupačne nivoe usluga koje su dogovorene sa korisnicima, na najekonomičniji način, za sadašnje i buduće korisnike (DPLG, 2006; WRC, 2008; DWA, 2008).

15. AM je obezbeđivanje željenog nivoa usluga od strane imovine kojom se upravlja, po najnižim troškovima životnog ciklusa. AM je proces upravljanja koji uravnotežuje dva oprečna cilja - maksimalni nivo usluge, a minimalne troškove životnog ciklusa (EPA, 2008).
16. AM je kombinacija upravljačkih, finansijskih, ekonomskih, inženjerskih i drugih praksi primenjenih na (fizičku) imovinu sa ciljem maksimiziranja vrednosti izvedene iz skladišta imovine tokom čitavog životnog ciklusa, u kontekstu pružanja odgovarajućih nivoa usluga prema korisnicima, zajednici i životnoj sredini, i na prihvatljivom nivou rizika. (Marlow i Burn, 2008; IPWEA, 2006).
17. Upravljanje infrastrukturnim sredstvima (IAM) je niz organizacionih strategija, aktivnosti i sistematske i koordinirane prakse putem kojih organizacija racionalno upravlja svojom infrastrukturom (Alegre, 2009).
18. Upravljanje sredstvima je integrisan proces odlučivanja, planiranja i kontrole nad nabavkom, korišćenjem, obezbeđivanjem i raspolaganjem imovinom radi maksimiziranja njenog potencijala za pružanje usluga i dobit, kao i na minimiziranju pratećih rizika i troškova tokom njihovog celog života (WRC, 2009).
19. ... AM može biti shvaćen kao skup upravljačkih, finansijskih, ekonomskih, tehničkih aktivnosti, sistematsko i koordinirano, radi optimalnog upravljanja fizičkom imovinom i njihovim performansama, rizicima i troškovima njihovih životnih ciklusa, sa ciljem da se obezbedi nivoa usluga na najisplativiji način (Ugarelli i dr., 2010).
20. Upravljanje sredstvima je optimalno upravljanje životnim ciklusom fizičke imovine kako bi se postigli i zadržavali navedeni poslovni ciljevi (EFNMS, 2010).
21. AM je okvir za optimizaciju i sprovođenje odluka o stvaranju, funkcionisanju, održavanju, inspekciji, obnavljanju, poboljšanju i raspolaganju fizičkom imovinom u cilju ostvarivanja bezbedne i ekonomične infrastrukture. Ova

disciplina utiče na operativne performanse i profitabilnost preduzeća koja operišu sredstvima (IAM, 2010).

22. AM je proces organizovanja, planiranja i kontrole, nabavke, korišćenja, zaštite, obnove i/ili napuštanja fizičkih sredstava organizacije radi optimizacije svojih uslužnih potencijala i minimiziranja pratećih rizika i troškova tokom njihovog čitavog života (CIEAM).
23. AM je optimalno upravljanje životnim ciklusom fizičkog sredstva za održivo postizanje deklariranih poslovnih ciljeva (McKeown, 2011).
24. IAM je sistematski proces za održavanje i funkcionisanje fizičke imovine cost efektivno kroz kombinaciju inženjerskih principa i zdravih poslovnih praksi (US DoT, 1999).
25. IAM razmatra osnovne elemente AM da bi se usredsredio na proces alokacije sredstava za efikasno upravljanje sredstvima. Elementi ovog procesa razmatraju sledeće postavke: pristup koji je vođen politikom, opcije i analize kompromisa, efektivna usluga i rezultati projekta, donošenje odluka na osnovu informacija o kvalitetu, i kontinualni monitoring informacione baze za povratnu spregu u ažuriranjima i poboljšanjima (AASH, 2002).
26. IAM su aktivnosti za održavanje nekog infrastrukturnog sistema, kao što su inspekcije, održavanje, popravka i zamena delova sistema mreže, sve uz minimalne troškove (Hoskins i dr., 1999).
27. IAM je proces zasnovan na informacijama koji se koristi za upravljanjem životnim ciklusom objekata u organizaciji. Važne karakteristike definicije uključuju pogled sa stanovišta „imovine” infrastrukturnog sistema i njenih komponenti, upravljanje životnim ciklusom, upotreba AM širom preduzeća, i upotreba procesa i alata na osnovu informacija (Grigg, 2003).
28. IAM je holistička procena infrastrukturnog sistema korišćenjem pristupa životnog ciklusa na osnovu kvalitetnih podataka radi optimalnog upravljanja fizičkim sredstvima po najmanjoj ceni za interesne strane (Valencia, 2011).

29. AM je strukturiran program za minimiziranje troškova životnog ciklusa vlasništva nad sredstvima, uz održavanje potrebnog nivoa usluga i održavanje infrastrukture (Harlow, 2011).
30. AM je proces organizovanja, planiranja, projektovanja i kontrole, nabavke, brige, obnavljanja i napuštanja infrastrukturnih i inženjerskih sredstava kao podrške isporuci usluga. To je sistematski, strukturisan proces koji pokriva čitav život fizičkih sredstava. Cilj AM jeste da optimizuje potencijal servisa isporuke od strane sredstava i da minimizira povezane rizike i troškove i obezbedi pozitivno unapređenje prirodnog i društvenog kapitala tokom životnog ciklusa imovine. Dobro upravljanje i inteligentno razvijanje poslovnih sistema, procesa i ljudskih resursa su ključni aspekti ovog koncepta (AAMCoG, 2012).
31. AM vodovodne infrastrukture je korporativan pristup čiji je cilj uravnoteženje performansi, rizika i troškova dugoročno, koji zahteva koordinisane aktivnosti na strateškom, taktičkom i operativnom nivou, i koji je multidisciplinarni pristup (Rokstad, 2012).
32. AM je upravljanje životnim ciklusom fizičke imovine radi dostizanja postavljenih rezultata preduzeća (AM Council, 2014).
33. AM su sistematske i koordinisane aktivnosti i prakse putem kojih vodovodne kompanije optimalno i održivo upravljaju svojim infrastrukturnim sredstvima i imovinom sistema, njihovim pojedinim učincima, rizicima i troškovima tokom njihovih životnih ciklusa u cilju postizanja strategije i politike organizacije (ISO TC224, 2013).
34. AM je koordinisana aktivnost organizacije za ostvarivanje vrednosti sredstava (ISO 55000, 2014).

PRILOG F1

Pregled definicija izdržljivosti

Pregled ključnih hronološki poredanih definicija izdržljivosti:

1. Izdržljivost je sposobnost sistema da apsorbira spoljne pritiske (Holling, 1973).
2. Izdržljivost je mogućnost sistema da stvori predostrožnost, da prepozna, da predvidi i da se brani protiv promene oblika rizika pre nego što se jave negativne posledice (Woods, 2005, 2006).
3. Izdržljivost se odnosi na inherentnu sposobnost i adaptivne odgovore sistema koji im omogućavaju da izbegnu potencijalne gubitke (Rose, 2005).
4. Izdržljivost je rezultat sistema da (i) sprečava neželjene posledice, (ii) minimizira negativne posledice, i (iii) oporavlja se brže od negativnih posledica (Westrum, 2006).
5. Inženjering izdržljivosti je paradigma za upravljanje bezbednošću koja se fokusira na to kako da se pomogne ljudima da se nose sa složenošću pod pritiskom da se postigne uspeh (Hollnagel, 2006).

PRILOG G1

Definicije bezbednosti

Pregled ključnih definicija bezbednosti, hronološki poređanih:

1. Bezbednost je nivo rizika prihvatljiv onima koji su za nju zaduženi (Lawrance, 1976).
2. Bezbednost je nivo rizika koji se smatra prihvatljivim (Chankong i Haimes, 1983). Bezbednost je nivo prihvatljivosti rizika (Haimes, 2004). Rasuđivanje o bezbednosti je rasuđivanje o prihvatljivosti rizika – to je normativno, kvalitativno, politička aktivnost.
3. Bezbednost je odsustvo rizika (Reason, 1997). Bezbednost podrazumeva odsustvo rizika, a kako je nulti rizik utopija, postoje izvesne divergencije u interpretaciji ovog pristupa (Johansen, 2010). Dok nesreću koja šteti ljudima treba smatrati prihvatljivom, zasnivajući na činjenici da ne postoji takva stvar kao što je nulti rizik, društvo toleriše određeni nivo rizika u zamenu za prednosti koje proističu iz aktivnosti koje generišu rizik (Frank i Jones, 2010).
4. Upravljanje bezbednošću se može definisati kao aspekt ukupne funkcije upravljanja koja određuje i sprovodi politiku bezbednosti. Ovo će uključiti čitav niz aktivnosti, inicijativa, programa itd., fokusiranih na tehničke, ljudske i organizacione aspekte i odnosi se na sve pojedinačne aktivnosti unutar organizacije, koji imaju tendenciju da budu ozvaničene kao Sistem Upravljanja Bezbednošću (SMS) (Papadakis i Amendola, 1997).
5. Bezbednost je sloboda od neprihvatljivog rizika (ISO/IEC Guide51, 1999). U ovoj definiciji bezbednost je stanje niskog rizika. Bezbednost ne mora da bude nulta, ali mora da bude ispod određenog nivoa. Iz ovoga proizilazi da je bezbednost binarna promenljiva; nešto je ili bezbedno ili nebezbedno. Braun i Green (1980) smatraju da bezbednost, kao i rizik, ima kontinualnu skalu, pa je u tom slučaju reč o različitim stepenima bezbednosti ili bezbednog. Diskutabilno određenje u ovom slučaju je šta je prihvatljiv rizik. HSE (1992) navodi da se prihvatljiv rizik može

shvatiti kao nivo rizika sa kojim smo spremni da živimo, kako bi se obezbedile određene koristi.

6. Bezbednost se odnosi na odsustvo neželjenih ishoda, bilo prosto kao slobode od neprihvatljivog rizika, ili humoristički rečeno „dinamičkog ne-događaja” (Weick, 2001).
7. Bezbednost je stanje u kojem se mogućnost ugrožavanja lica ili oštećenja imovine redukuje na, i održava ispod, prihvatljivog nivoa upravljanja kroz kontinualan proces identifikacije opasnosti i bezbednosnim upravljanjem rizikom (ICAO, 2009). Ovim, se bezbednost definiše kao ishod organizacionih procesa koji imaju za cilj zadržavanje rizika pod kontrolom. ICAO u definiciji navodi elemente kontrole. Pošto je apsolutna kontrola neostvariv cilj u dinamičnim operativnim kontekstima (Rasmussen, 1997), bezbednost mora da obuhvati pre relativnu nego apsolutnu kontrolu.
8. Moller i dr. (2006) prave razliku između apsolutnog i relativnog koncepta bezbednosti. Prvo se odnosi na tumačenje bezbednosti kao slobode od rizika, dok drugo odražava definicije (ISO/IEC Guide51, 1999) i (ICAO, 2009). Druga diskusija dovodi do druge razlike koju Moller i dr. (2006) izvlače između objektivnih i subjektivnih koncepta bezbednosti. Sve dok je bezbednost shvaćena u odnosu na rizik ona je neraskidivo vezana za relativnost koncepta rizika i na taj način je podjednako diskutabilna. Dok Braun i Green (1980) veruju da je bezbednost čisto personalni konstrukt, ICAO (2009) se prema bezbednosti odnosi kao prema nekom objektivnom stanju. Moller i dr. (2006) bezbednost obrazlažu inter-subjektivnom perspektivom, koja podseća na epistemološku srednju poziciju rizika, što zastupa Shrader-Frechette (1991).
9. Bezbednost je odsustvo nesreće ili gubitka (Leveson, 1995). Bezbednost je ovim definisana u apsolutnom smislu kao odsustvo gubitaka zbog neželjenog događaja (obično udesa). Ova definicija time zauzima prošireni pogled na bezbednost i obuhvata gubitke kao što su ljudski gubici, gubici misije ili cilja, gubici opreme ili materijalni gubici i štete po životnu sredinu. Bezbednost se smatra pojavnim svojstvom sistema koja nastaje kada komponente sistema komuniciraju unutar

okruženja (Leveson, 2002), te stoga bezbednost treba da se tretira kao problem kontrole za kompleksne sisteme.

10. Bezbednost je zbir nesreća koje se ne događaju (Hollnagel, 2006). Bezbednost je svojstvo sistema koje je neophodno i dovoljno da obezbedi da je broj događaja koji bi mogli biti štetni po radnike, javnost ili okolinu prihvatljivo nizak (Hollnagel, 2010). Bezbednost je sposobnost sistema da održi potrebno funkcionisanje pod očekivanim i neočekivanim uslovima (Hollnagel i dr., 2011). Ova definicija bezbednosti naglašava relativnu prirodu koncepta: bezbedni sistemi proizvode prihvatljivo nizak broj neželjenih događaja. Alternativno, bezbednost se može posmatrati kao proizvodnja prihvatljivog broja neželjenih događaja, kao što se predstavlja sa ALARP (eng. *As-Low-As-Reasonably-Practicable*) principom (Woodruff, 2005). To je polazna tačka za posmatranje bezbednosnih pretpostavki, kao i nekih aspekata industrijske bezbednosne kulture.
11. Bezbednost se može definisati kao one aktivnosti koje imaju za cilj da smanje ili eliminišu opasne uslove koje mogu da izazovu povrede (Skogdalen, 2011). Koncept rizika i kako da se analizira i upravlja rizikom, suštinski su delovi inženjeringa bezbednosti.
12. Bezbednost I i Bezbednost II su pojmovi definisani od strane Hollnagel-a (2011). Bezbednost I je kada ništa ne krene pogrešno. U ovom slučaju, bezbednost je tradicionalno definisana svojom suprotnošću – nedostatkom bezbednosti. Nedostatak bezbednosti znači da nešto krene naopako ili može da krene naopako. Bezbednost I se fokusira na situacije u kojima ništa ne krene naopako ili može da krene naopako: broj negativnih ishoda (omaške, nezgode i nesreće) je što je moguće manji. Bezbednost I zahteva sposobnost da se spreči da nešto krene naopako. To se postiže: (i) pronalaženjem uzroka šta je pogrešno (eng. *Root Cause Analysis* - RCA), (ii) eliminisanjem uzroka, onemogućivanjem mogućih uzročno-posledičnih veza, i (iii) merenjem rezultata po (manjem) broju stvari koje krenu naopako. Sa druge strane, Bezbednost II je kada sve ide dobro. Bezbednost II je sposobnost da se uspe pod različitim uslovima. Hollnagel zapaža da je rizik u vezi sa verovatnoćom da se nešto ne desi, da ljudi ne uspeju, a predlaže da naglasak bude na tome kako stvari idu dobro, kako oni rade. Sumirajući,

Bezbednost I se dakle odnosi na eliminisanje negativnog. U tom smislu potrebni su napori da se održi ili unapredi bezbednost, a fokus je na onome što može da pođe naopako i dovede do nepovoljnog ishoda. Bezbednost II, kao perspektiva Inženjeringa izdržljivosti akcentuje pozitivno. U tom smislu, fokus je onome što ide dobro, kao i šta bi trebalo da ide dobro.

13. Sistemi bezbednosti pokrivaju ukupan spektar upravljanja rizicima (Lederer, 1968). To prevazilazi hardver i povezane procedure bezbednosnog inženjeringa sistema, i uključuje:

- stavove i motivisanost osoblja iz projektovanja i proizvodnje,
- izveštaj osoblja/rukovodstva,
- odnos profesionalnih udruženja među sobom i prema vladi,
- ljudske faktore u nadzoru i kontroli kvaliteta,
- dokumentaciju o interfejsima industrijske i javne bezbednosti sa dizajnom i operacijama,
- interese i stavove najvišeg rukovodstva,
- efekte pravnog sistema o istragama udesa i razmenu informacija,
- sertifikaciju kritičnih radnika,
- politička razmatranja,
- Resurse,
- javno osećanje,

i mnoge druge ne-tehničke aspekte, ali od vitalnog uticaja na postizanje prihvatljivog nivoa kontrole rizika. Ovi ne-tehnički aspekti bezbednosti sistema ne mogu se ignorisati.

14. Bezbednost sistema je u MIL-STD-882D (2000) definisana kao primena principa, kriterijuma, i tehnika inženjerstva i menadžmenta za postizanje prihvatljivog (mishap) rizika, u okviru ograničenja operativne efektivnosti i podobnosti, vremena i troškova, u svim fazama životnog ciklusa sistema.

PRILOG H1

Model domina

Jedan od prvih priznatih pristupa za objašnjavanje nesreća uveden je od Heinrich-a (1931) i potiče iz oblasti industrijske bezbednosti. Njegov pristup je poznat kao Teorija Domina ili Domino model. Model podrazumeva da do nesreća dolazi usled pojave faktora koji se prostiru u fiksnom i sekvencijalnom logičnom redosledu, sličnom lancu domina. Pet faktora Domino teorije su: (i) socijalno okruženje i poreklo, (ii) ljudska greška, (iii) nebezbedno ponašanje ili mehanička ili fizička opasnost (nebezbedan uslov), (iv) udes i (v) povreda. Na osnovu Domino Teorije, svaka povreda je rezultat nesreće. Uzrok bilo koje nesreće je uslovljena nebezbednim postupcima radnika, ili, neželjenim mehaničkim ili fizičkim opasnostima.

Nebezbedna ponašanja i opasni uslovi izazvani su samo postupcima radnika koji nisu ispravni. Nebezbedna ponašanja uzrokovana su samo radnicima sa nepoželjnim karakteristikama u svojoj ličnosti, koje stvaraju okruženje, ili su prešli na njih, kroz nasleđe. Fokus ovog modela na nebezbednim ponašanjima i ličnoj krivici je u velikoj meri uticao na profesionalce u oblasti bezbednosti, i označio početak značajnog istraživanja u okviru bezbednosne nauke u pravcima kao što su ljudski faktor i ljudska greška. Pored toga, Heinrich je učvrstio uverenje da nesreća ima samo jedan uzrok, ističući ljudske greške i nebezbedna ponašanja, koje definiše kao kategoriju uzroka udesa.



Slika H1-1 Model domina
(prema Heinrich, 1931)

PRILOG H2

Model barijera

Polazna osnova energetskeg modela barijera je fokus na transfer energije i osnovni princip razdvajanja štetne fizičke energije i potencijalnih žrtava upotrebom razdvajajućih barijera, koje treba da usvoje ili preusmere energiju. Ovaj princip se sastoji od tri glavne klase zaštitnih mera, što su (a) smanjivanje opasnosti (količine energije), (b) izgradnja fizičkih barijera, i (c) zaštita i rehabilitacija potencijalnih šteta. Barijere su definisane kao fizičke i proceduralne mere za usmeravanje energije u željene kanale, i izbegavanje, ili bar kontrolu, neželjenih oslobađanja energije. Pojam barijere ima konkretan, fizički smisao od samog početka, ali lako može da se proširi na funkcionalni aspekt zadataka, sadržavajući brojne različite elemente barijera tehničke/fizičke, kao i proceduralne prirode. Skup elemenata barijera tako sačinjavaju sistem barijere koji primenjuje funkciju barijera. Ova generalizacija funkcije barijere omogućava uzajamnu zamenljivost i fleksibilnost koja je veoma korisna, npr. u vezi sa održavanjem ili ne-rutinskim situacijama u kojima npr. element fizičke barijere može biti privremeno zamenjen sa proceduralnim elementom barijere.

Princip energija-barijera može lako da se prenese na druge situacije i probleme, tako da može da se doživi kao metafora za strategije zaštite u različitim kontekstima. Npr. „energija” može biti kompjuterski virus, a „barijera” može biti procedura, ne samo u smislu ljudskog učinka, već i u organizacionom i kulturnom smislu. Stoga, model barijera je veoma svestran za osmišljavanje i inženjering bezbednosti. Na osnovu ideje da linearne, potencijalno opasne sekvence događaja mogu da se analitički predvide, moguće je uspostaviti dubinsku-odbranu, kako u pogledu različitih prepreka na različitim lokacijama u nizu, tako i pogledu redundantnih barijera. Shodno tome, sve tri vrste mera iz osnovnog principa mogu se uklopiti u jedinstveni model koji obuhvata barijere. Ovo priprema teren za analitičku kontrolu rizika, u kojoj principi inženjeringa pouzdanosti (kombinatorski, efekti starenja/propadanja) daju dodatne vrednost analizi pretpostavljenih sekvenci događaja.

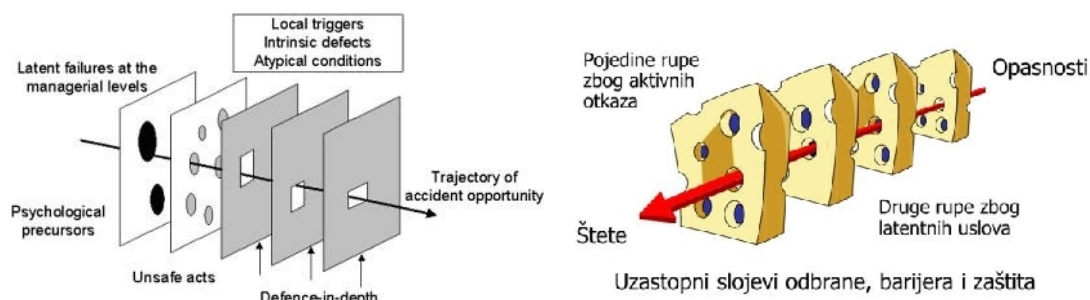
Model barijera proizilazi iz principa transfera energije, koji se uglavnom orijentiše na fizičko-tehnička pitanja. Kako se ovaj princip sve više koristi kao metafora za usaglašavanje ljudskog ponašanja, kao i organizacione doprinose u sprečavanju nekontrolisanog oslobađanja „energija” raznih vrsta, pitanja (pojavnih) rupa ili slabosti barijera, i razlika između aktivnih otkaza i latentnih uslova koji mogu nastati zbog šireg konteksta tehničkih, ljudskih i organizacionih faktora, postaju sve važnija. Model barijera može biti prilagođen za obuhvatanje čak i višestrukih otkaza, ali samo u smislu linearnosti za predvidivost i razumljivost efekata običnih otkaza. Zadatak identifikovanja potencijalnih organizacionih doprinosa otkaza teži je nego što to može da izgleda na prvi pogled, pogotovo kada je sklop tehnoloških, ljudskih i organizacionih doprinosa znatno složen.

PRILOG H3

Model „švajcarski sir”

Model lanaca događaja prvobitno je dizajniran sa ciljem da opiše prostiranje grešaka u tehničkim sistemima. Nasuprot tome, Reason-ov model „švajcarski sir” (1990, 1997) namenjen je za opisivanje organizacionih faktora i njihovih uzročnih veza sa prethodnim greškama operatera koje dovode do nesreće. Ovaj model Hollnagel (2002) karakteriše za epidemiološki.

Reason (1990; 1997) je razvio organizacioni model za objašnjavanje uzročnosti nesreća u složenim tehnološkim sistemima. Organizacione nesreće ne dešavaju zbog jedne ljudske greške; oni nastaju iz povezivanja nekoliko uzročnih faktora koji potiču sa mnogih nivoa u organizaciji. Reason naglašava koncept bezbednosti organizacije i način kako zaštite (zaštitne barijere, kao što su ljudi, tehničke (materijalne) i organizacione (procedure)) mogu da otkazu. U ovom pristupu, neposredan ili najbliži uzrok nesreće je greška ljudi na „samom kraju”, koji su direktno uključeni u regulaciju procesa ili u interakciju sa tehnologijom (Reason, 1990;. Woods i dr., 1994). Reason (1997) definiše organizacione nesreće kao situacije u kojima latentni uslovi (koji proizilaze iz takvih aspekata kao načina donošenja upravljačkih odluka, ili kulturnih uticaja) nepovoljno kombinuju sa lokalnim pokretačkim događajima (kao što su vreme, lokacija, itd.) i sa aktivnim greškama (greške i/ili kršenje procedura) počinjenim od strane pojedinca ili timova na samom oštrm kraju organizacije, što proizvodi nesreću.



Slika H3-1: Model odbrane Švajcarski sir

a) originalni i b) vizuelizovani

(prema Reason, 1990 i Reason, 1997)

U Reason-ovom pristupu „lanca barijera” (ne događaja), odbrane, barijere i mere zaštite zauzimaju ključnu poziciju za bezbednost složenih sistema (Reason, 1997). Socio-tehnički sistemi imaju mnogo defanzivnih slojeva: neki su projektovani (hard ili čvrsti: alarmi, fizičke barijere, mehanizmi upozorenja, itd.), drugi se oslanjaju na ljudsko ponašanje (soft ili meki: regulatorni nadzor, administrativna kontrola, zakonodavstvo, procedure, itd.). Reason-ov model zasniva se na principima dubinske-odbrane koja uključuje više slojeva barijera, svaki osmišljen da podrži druge u cilju smanjenja verovatnoće nastanka nesreće. Dinamika uzročnosti udesa predstavljena je modelom odbrane „švajcarski sir” (slika H3-1) koji konceptualizuje nesreću u nastajanju, zbog rupa u barijerama i zaštitnim merama. Prisustvo rupa u bilo kom „parčetu” ne prouzrokuje po pravilu loš ishod. Obično, to može da se desi samo kada se rupe u više slojeva trenutno postroje, čime formiraju putanju mogućeg udesa, dovodeći opasnost u štetan kontakt sa metom. Rupe u odbrani nastaju iz razloga aktivnih grešaka i latentnih uslova.

Za razliku od pažnje prethodnih modela usmerenih na ljudske greške, ovaj model stavlja veći naglasak na potrazi za latentnim ili organizacionim razlozima i pruža razumevanje kako se oni odnose na neposredne uzroke na „oštrom kraju”. Reason (1990) je sproveo brojne analize slučaja na Ostrvu Tri Milje, Bopal katastrofi i Černobil nesreći, pri čemu je identifikovao nekoliko latentnih kvarova u vezi organizacionih, upravljačkih i projektantskih grešaka. Hrudey i Pollard (2004) su sprovedi analize u oblasti nesreća sa kvalitetom vode za piće. U modelu „švajcarski sir”, latentne i aktivne greške su uzročno povezane sa upravljanjem, kao linearni sled događaja, a to može da dovede do iluzije, kao druge krajnosti rezonovanja, da uzroci svih nesreća ili čak grešaka proizlaze iz upravljanja organizacijom (Shorrock i dr., 2003). Teorija na kojoj počiva model „švajcarskog sira” ne definiše dovoljno detaljno šta su neuspesi sistema ili rupe u siru. Reason-ov model prikazuje statički pogled na organizaciju; nedostaci su često prolazni, tj. rupe u „švajcarskom siru” se neprekidno kreću. U stvarnosti, socio-tehnički sistem je dinamičniji nego što to ovaj model sugerije.

PRILOG II

Teorija normalne nesreće

Perrow (1984) je predložio koncept po kojem se socio-tehnički sistemi karakterišu strukturnim osobinama, što su (i) složenost i (ii) spojnice, koji vode do sistemskih nesreća.

Neki sistemi, poput nuklearnih postrojenja, odlikuju se visokom interaktivnom složenošću. Ove sisteme je teško kontrolisati, ne samo zbog toga što se sastoje od mnogo komponenti, već i zbog toga što su interakcije između komponenti nelinearne. Linearne interakcije dovode do predvidljivih i razumljivih sekvenci događaja. Nasuprot tome, nelinearne interakcije dovode do neočekivanih sekvenci događaja. Nelinearne interakcije su često u vezi sa povratnim petljama. Promena u jednoj komponenti može tako da eskalira zbog pozitivne povratne sprege, ona se može potisnuti negativnom povratnom spregom, ili može se čak pretvoriti u svoju suprotnost nekom kombinacijom povratnih sprega. Takve povratne sprege mogu se uvesti da bi se povećala efikasnost (npr. regulator frekvencije za pumpni agregat). Pojedini bezbednosni sistemi mogu da se dodaju na interaktivnu složenost sistema, na primer, ako hidraulički udar u cevovodu inicira automatsko ovazdušenje. Interaktivna složenost čini nenormalna stanja teškim za dijagnozu, jer uslovi koji ih uzrokuju mogu biti skriveni povratnim kontrolama, osmišljenim da sistem drže stabilnim pri normalnom funkcionisanju. Pored toga, efekte mogućih kontrolnih akcija je teško predvideti, jer se pozitivne ili negativne povratne sprege mogu propagirati ili umanjiti ili čak preokrenuti posledice.

Još jedna karakteristika sistema koja kontrolu čini teškom je čvrsta spojnica. Čvrsto spojene sisteme karakteriše odsustvo „prirodnih” amortizera. Promena u jednoj komponenti će dovesti do brze i snažne promene povezane komponente. To implicira da se poremećaji propagiraju brzo kroz ceo sistem, i postoji mala mogućnost za sadržavanje poremećaja kroz improvizaciju. Čvrste spojnice su ponekad prihvaćene kao cena za povećanu efikasnost. Na primer, „just-in-time” proizvodnja omogućava kompanijama da smanje troškove skladištenja pojedinih resursa, ali ih čini ranjivijim ako se neka karika u proizvodnom lancu pokvari. U drugim slučajevima, čvrste spojnice mogu biti posledica ograničenja u prostoru i težini. Na primer, tehnologija mora biti

upakovana kompaktnije na mobilnom postrojenju za prečišćavanje nego u klasičnom postrojenju, što vođenje procesa tretmana vode čini izazovnijim.

Tabela II-1. Organizovanje prema spojnicama i složenosti

Interakcije Spojnice	Linearane	Složene
Tesne	Centralizovano za rukovanje čvrstim spojnica	Centralizovano za rukovanje čvrstim spojnica i decentralizovano za rukovanje neočekivanim interakcijama
Labave	Centralizovano ili decentralizovano (Oba slučaja su odgovarajuća.)	Decentralizovano za rukovanje neočekivanim interakcijama

Perrow koristi tipologiju prikazanu u tabeli II-1 za argumentaciju da su neki sistemi nekontrolabilni jer sadrže organizacionu dilemu, uz sledeća pojašnjenja:

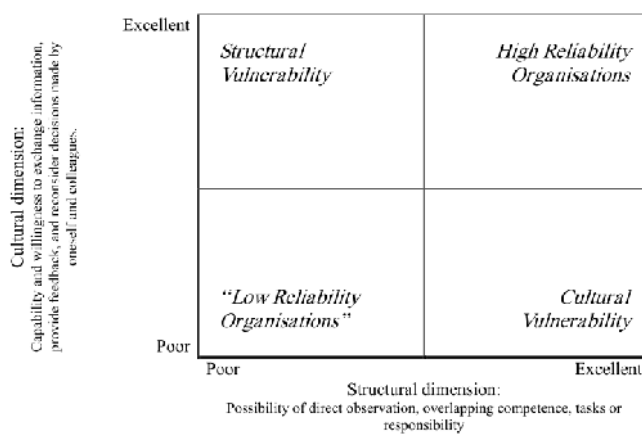
1. Sistem sa visokom interaktivnom složenošću može da se efektivno kontroliše decentralizovanom organizacijom. Visoko interaktivne tehnologije stvaraju brojne ne-rutinske zadatke. Takve zadatke je teško programirati ili standardizovati. Stoga, organizacija mora da osoblju na nižem nivou da znatnu slobodu odlučivanja i ohrabri direktnu interakciju između osoblja na nižem nivou. Na primer, *multi-level* sistem i agenti prodaje u komercijalnom sektoru primer su ove vrste organizacije, u kojem agenti imaju slobodu rada u tržištu koje fluktuiru u cilju postizanja maksimalnih efekata prodaje.
2. Sistem sa čvrstim spojnica može biti efektivno kontrolisan visoko centralizovanom organizacijom. Potreban je brz i koordinirani odgovor ako se poremećaj brzo propagira kroz sistem. Ovo zahteva centralizaciju. Sredstva za centralizaciju mogu, npr. da uključuju programiranje i primenu hitnih odgovora. Pored toga, sukob između dve aktivnosti može brzo da se razvije u nesreću, tako da aktivnosti moraju da budu strogo koordinirani da bi se izbegli sukobi. Na primer, vojna i policijska hijerarhija primer su ove vrste organizacije.
3. Ukoliko iz ovoga sledi da organizaciona dilema nastaje ukoliko se sistem karakteriše visokom interaktivnom složenošću i čvrstim spojnica. Sistemi sa visokom interaktivnom složenošću mogu da budu efektivno kontrolisani samo decentralizovanom organizacijom, dok čvrsto spojeni sistemi mogu da budu efektivno kontrolisani samo centralizovanom organizacijom. Pošto organizacija ne može biti i centralizovana i decentralizovana istovremeno, sistemi sa visokom interaktivnom složenošću i čvrstim spojnica se ne mogu efektivno kontrolisati, bez obzira kako se organizuju. Takav sistem će biti sklon „normalnim nesrećama”.

PRILOG I2

Model visoko pouzdane organizacije

Dok su prethodni modeli imali za cilj da objasne zašto se nesreće dešavaju, model visoko pouzdane organizacije (eng. *High Reliability Organisations* - HRO) zasnovan je na istraživanju grupe istraživača (Laporte i Consolini, 1991) koji su analizirali takozvane „visoko pouzdane organizacije” u nastojanju da objasne zašto se tako malo ozbiljnih nesreća zapravo događa, pogotovo u nekim složenim sistemima koji rade pod veoma zahtevnim okolnostima. Pojedini sistemi, poput nosača aviona, nuklearnih podmornica, sistema kontrole letenja, nuklearnih postrojenja ili vodovodnih sistema (po pitanju bezbednosti na hidrične epidemije, na primer) su od koristi društvu samo ako imaju skoro-bezotkazne performanse. Istovremeno, ove organizacije upravljaju složenim, zahtevnim tehnologijama, a moraju da ispune periode veoma visokog maksimalnog zahteva.

Inženjeri su ponekad suočeni sa zadatkom izgradnje pouzdanog sistema sačinjenog od manje pouzdanih komponenti. Jedan od načina da se objasni takav uspeh je redundantnost. Organizaciona redundantnost znači da organizacije imaju dovoljne (redundantne) resurse da bi se korigovale i kompenzovale neodgovarajuće „nesavršeno” ponašanje, greškama-podložna ljudska bića. Takva redundantnost zahteva i strukturnu dimenziju u smislu mogućnosti direktnih posmatranja svojih kolega od strane osoblja, i kulturnu dimenziju u smislu uslova za dijalog intervenciju i poboljšanje ponašanja, kao i procedura, slika I2-1.



Slika I2-1. Dimenzije organizacione redundantnosti
(prema Laporte i Consolini, 1991)

Suprotstavljajući se argumentu Perrow-a (1984) da su organizacije ili centralizovane ili decentralizovane, HRO perspektiva smatra da organizacije mogu biti obe stvari u isto vreme, i da se spontane rekonfiguracije u odgovoru na kritične situacije mogu empirijski uočiti. Na primer, Weick (1987) je tvrdio da kultura može nametnuti visok stepen poretka i predvidljivosti, a time i zameniti formalno (tehnički artikulirano) sredstvo centralizacije.

Weick i Sutcliffe (2007) sugerišu svesnost kao pojam da se obuhvate izrazite osobine HRO, zasnovane na pretpostavci da su greške neizbežne. Šta više, HRO doživljavaju greške kao mogućnosti za prošireno učenje i dublje razumevanje, uz uspostavljanje kulture učenja „prijateljskih grešaka”, promovisanjem ponašanja kao što je traženje povratnih informacija, deljenje informacija, traženje pomoći i pričanje o greškama, itd. Stoga, HRO treba da razvijaju veštine za otkrivanje i zadržavanje grešaka u ranoj fazi. Glavno pitanje postaje sposobnost da se revidiraju očekivanja, i da se održava kontinualni fokus na anticipaciji i svesti o neočekivanom, kao i sposobnost zadržavanja neočekivanog onda kada je problem postao očigledan.

Bradshaw (2008) je istraživao tehničku i organizacionu pouzdanost pojedinih lokalnih i regionalnih vodovoda u Ujedinjenom Kraljevstvu sa naglaskom projekta na pouzdanost organizacija u operacijama i upravljanju incidentima i, upravljanje tehničkom pouzdanošću vodovodnih sistema koje proističe iz AM na bazi rizika. Pri tome, utvrdio je da su u vodovodnim sistemima mnogi HRO principi lako uočljivi. Nakon karakterizacije incidenata, pokazano je da posmatranje HRO principa prilikom upravljanja incidentima ima pozitivan efekat na ukupno smanjenje uticaja incidenata na korisnike. Pokazano je i da „učenje na greškama” obezbeđuje mehanizam da se shvate postojeći i da se upravlja budućim rizicima.

Обавезни прилози

Биографија аутора

Александар Шотић је рођен 9. децембра 1967. године у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Грађевински факултет Универзитета у Београду уписао је 1986. године, а студије започиње школске 1987/88. године, након одслужења војног рока. Дипломирао је маја 1994. године на Одсеку за хидротехнику са оценом дипломског рада десет и просечном оценом положених испита у току студија 8.13. За дипломски рад добио је награду Института за Хидротехнику за најбољи дипломски рад у 1994. години на Одсеку за хидротехнику.

Последипломске студије на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, Одсек за хидротехнику, уписао је 1996. године, а магистарску тезу под насловом "Интеракција издани и површинских токова" одбранио је 2008. године.

Рад започиње 1994. у Саобраћајном институту ЦИП на пословима пројектовања. Од октобра 1995. године до септембра 1998. запослен је на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, као инжењер сарадник, где обавља вежбе из предмета Механика флуида и Основи хидротехнике. Од октобра 1998. године, са једногодишњом паузом, запослен је у ЈКП „Београдски водовод и канализација”, на пословима развоја изворишта, затим управљања инфраструктурним средствима и коначно анализе ризика. Од 2014. године води регионални центар за управљање инфраструктурним средствима при националном Удружењу за технологију воде и санитарно инжењерство.

Током досадашњег рада учествовао је у изради више пројеката и студија из области снабдевања водом. Аутор је више радова које је излагао на стручним и научним скуповима.

Говори, чита и пише енглески језик. Члан је Инжењерске коморе Србије. Ожењен је и отац две ћерке.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани Александар В. Шотић

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

МЕТОДОЛОГИЈА АНАЛИЗЕ РИЗИКА ПРИ УПРАВЉАЊУ

ИНФРАСТРУКТУРНИМ СРЕДСТВИМА ВОДОВОДНИХ СИСТЕМА

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 30.06.2016. године

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Александар В. Шотић

Студијски програм Грађевинарство

Методологија анализе ризика при управљању
Наслов рада ИНФРАСТРУКТУРНИМ СРЕДСТВИМА ВОДОВОДНИХ СИСТЕМА

Ментор Проф. Др Марко Иветић (ГФ, Београд)

Потписани Александар В.Шотић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 30.06.2016. године

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

МЕТОДОЛОГИЈА АНАЛИЗЕ РИЗИКА ПРИ УПРАВЉАЊУ

ИНФРАСТРУКТУРНИМ СРЕДСТВИМА ВОДОВОДНИХ СИСТЕМА

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 30.06.2016. године

1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.