

# IMPLEMENTACE TEORIE ANALÝZY RIZIK V SYSTÉMECH VEŘEJNÉHO ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU

**Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc., Ing. Jan Ručka**

Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební Vysokého učení technického v Brně,  
Žižkova 17, 602 00 Brno, tuhovcak.l@fce.vutbr.cz

## Úvod

Evropská komise a Světová zdravotnické organizace (WHO) zahájily v květnu 2006 společný projekt, jehož účelem je vyhodnocení dosavadních zkušeností s implementací rizikové analýzy a rizikového managementu (RA-RM) při výrobě a distribuci pitné vody a posouzení možností zavedení tohoto přístupu do připravované novelizace Směrnice Rady 98/83/EC Drinking Water Directive (DWD). Řada evropských zemí (Švýcarsko, Holandsko, Švédsko) se intenzivně se touto problematikou zabývá zejména v souvislosti s Water Safety Plan (WSP). Přípravou metodiky pro implementaci RA-RM principů do podmínek ČR se zabývá vědecko-výzkumný projekt 2B06039 – Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou (**WaterRisk**), jehož řešiteli jsou Vysoké učení technické v Brně, Státní zdravotní ústav v Praze a Vodárenská akciová společnost, a.s. Brno. WaterRisk je financován Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci Národního programu výzkumu II. a je řešen v období 07/2006 – 06/2010.

Hlavním cílem projektu je vývoj a ověření metodiky pro identifikaci nebezpečí a analýzu rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou v podmínkách ČR. Vyvíjená metodika je založena na implementaci obecné teorie analýzy a řízení rizik na systémy zásobování pitnou vodou, přičemž hlavní pozornost je věnována identifikaci potenciálním nebezpečím a nežádoucím stavům, které mohou mít vliv na omezení a přerušování dodávek pitné vody a její kvalitu a způsobu kvantifikace a ohodnocení rizik vyplývajících z těchto nežádoucích stavů.

## Terminologie

Je nutno zdůraznit, že analýza rizik je obecný vědecký postup (technika), jejíž postupy a metody se přizpůsobují konkrétnímu oboru, ve kterém je používána. Stejně tak se přizpůsobuje použité názvosloví, které leckdy není zcela jednotné ani v daném oboru. Některé obecné termíny jsou používány i v jiných oborech. Proto si v této části dovolíme úvodem uvést přehled nejčastěji používaných termínů a zkratk s jejich případnou úpravou pro sektor vodárenství.

**Riziko (R)** (Risk) je kombinací četnosti nebo pravděpodobnosti vzniku specifikovaného nežádoucího stavu a jeho následků. Riziko má vždy alespoň dvě složky: četnost nebo

pravděpodobnost, se kterou se nežádoucí stav vyskytuje, a následky nežádoucího stavu. V analýze rizik systémů zásobování pitnou vodou rozlišujeme dva základní typy rizik:

*kvalitativní riziko* – riziko dodání vody nevyhovující kvality,

*kvantitativní riziko* – riziko nedodání vody v požadovaném čase, množství a tlaku

**Pravděpodobnost rizika (P)** (Probability) je numerickou bezrozměrnou veličinou charakterizující míru spolehlivosti předpovědi tak, jak ji indikují informace týkající se výskytu nejisté budoucí události. Pravděpodobnost vzniku nežádoucího stavu se označuje v teorii rizikové analýzy písmenem „P“ a tvoří jednu ze základních složek rizika. Lze rozlišit:

**statistickou pravděpodobnost** (četnost, frekvence), která je výsledkem opakovaného experimentu, nazývá se také „objektivní pravděpodobností“;

**subjektivní pravděpodobnost**, která je kvantifikovaným vyjádřením víry, soudu, důvěry v pravděpodobnost výsledku jako poctivého, nestranného a nezaujatého zhodnocení dostupných informací o objektu. Je ovlivněna informovaností a znalostí procesů – kvalifikovaný odhad. Může se měnit s poznáváním jevu;

**matematickou pravděpodobnost**, která je založena na axiomech, např. pravděpodobnostní křivce, která je matematickou abstrakcí s formálními vlastnostmi bez ohledu na její interpretaci.

**Následek, důsledek (C)** (Consequence) je dopad, popř. škoda způsobená nežádoucím stavem.

Následky se v teorii analýzy rizik označují písmenem „C“ a tvoří jednu ze základních složek rizika. Celkové následky se stanoví jako kombinace dílčích složek následků, které se stanoví odděleně a odpovídají jednotlivým kategoriím následků.

**Kategorie následků (KN)** (consequence, damage category) celkové následky se dělí podle jejich povahy (typu) a podle subjektu, kterému následky vzniknou (odběratel, provozovatel, třetí osoba, životní prostředí), do těchto základních kategorií:

zdravotní následky

ekonomické následky

sociálně ekonomické následky

enviromentální následky

Stanovení následků je předmětem analýzy následků, která zahrnuje i analýzu škod. Škody se analyzují ve stejných kategoriích jako následky. Pokud je u každého z parametrů možné vyjádřit následky peněžně, může být analýza škod totéž co analýza následků.

**Nežádoucí stav (NS)** (Undesired event) je stav, kdy objekt (systém, prvek systému, produkt, proces) ztratí svou požadovanou vlastnost nebo schopnost plnit požadovanou funkci v daných podmínkách. Nežádoucí stav je doprovázen vznikem škody nebo nežádoucích následků.

**Katalog nežádoucích stavů (KNS)** (Undesired events database) – je konkrétní seznam nežádoucích stavů či poruch jednotlivých prvků systému s vazbou na identifikované nebezpečí a rizikové faktory, které tyto nežádoucí stavy mohou způsobit. Na této úrovni se odhaduje riziko – riziko vzniku nežádoucího stavu (stanoví se pravděpodobnost a následky).

**Nebezpečí** (Hazard) zdroj a příčina vzniku nežádoucího stavu. Nebezpečí se dělí podle jejich původu do tří základních skupin:

*přírodní nebezpečí* – povodně, sucha, přívalové deště, vichřice, zemětřesení atd.,  
*společenská nebezpečí* – způsobená lidským faktorem nebo neúmyslně,  
*technologická nebezpečí* – selhání techniky, poruchy, stárnutí materiálů.

**Katalog nebezpečí (KN)** (Hazard database) – je konkrétní seznam známých a relevantních nebezpečí umožňující identifikaci nebezpečí, která se mohou v systému vyskytnout. Umožňuje získání informací o posuzovaném systému v širších souvislostech a vytipování rizikových faktorů.

**Identifikace nebezpečí** (Hazard identification) je proces rozpoznání, že nebezpečí existuje a definování jeho charakteristik. Do identifikace nebezpečí, které vytváří riziko v systému, se zahrnuje systematické přezkoumání studovaného systému, aby se identifikoval typ nebezpečí, které se vyskytuje v systému a je mu vlastní, spolu se způsoby, jakými by mohlo k nebezpečí dojít. Identifikací nebezpečí rozpoznáváme *známé nebezpečí*. *Neznámé nebezpečí* je zdrojem zbytkového rizika, viz *zbytkové riziko*.

**Nebezpečná událost** (Hazardous event) je incident nebo situace, která může vést ke vzniku nebezpečí.

**Analýza rizik** (Risk Analysis- RA) je systematické použití dostupných informací a dat k identifikaci nebezpečí a k odhadu rizika pro jednotlivce nebo obyvatelstvo, majetek nebo životní prostředí. Analýza rizik zahrnuje definici cílů analýzy, rozsah platnosti, identifikaci nebezpečí a kvantifikaci rizika. Je to strukturovaný proces, který identifikuje jak pravděpodobnost, tak rozsah nepříznivých následků pocházejících z dané činnosti, zařízení nebo systému.

**Odhadování rizika** (Risk estimation) je proces používaný pro stanovení ukazatele (míry) úrovně analyzovaného rizika; odhadování rizika sestává z následujících kroků: analýza četností, analýza následků a sloučení těchto analýz .

**Kvantifikace rizika** (Risk quantification) je posledním krokem analýzy rizika, kdy se číselně, graficky nebo slovně vyjádří míra rizika s využitím definované hodnotové stupnice.

**Hodnocení rizika** (Risk evaluation) je proces, při kterém se utváří úsudek o přijatelnosti rizika na základě analýzy rizika a při kterém se berou v také úvahu faktory, jako jsou sociálně ekonomická hlediska a hlediska vlivu na životní prostředí [3]. Součástími procesu hodnocení rizika jsou rozhodnutí o přijatelnosti rizika a analýza variant. Při hodnocení rizika se pracuje s pojmem *přijatelné riziko*.

**Řízení rizika** (Risk management - RM) je systematické uplatňování politik, postupů a praktik managementu při řešení úkolů analyzování, hodnocení a řízení rizika. Management rizika zahrnuje analýzu rizik, hodnocení rizik a regulování rizik.

**Míra rizika** (Risk rate) je ukazatel vyjadřující úroveň analyzovaného rizika na základě kvantifikace rizika. Míra rizika se vyjadřuje číselně prostřednictvím definovaných vztahů,

graficky rizikovou maticí, barevnou škálou nebo slovně; při slovním vyjádření míry rizika se používají termíny jako: „vysoké“, „nízké“ atp. Tyto termíny je nutno jednoznačně definovat.

**Posuzování rizika** (Risk assessment) je souhrnný proces analýzy rizika a hodnocení rizika.

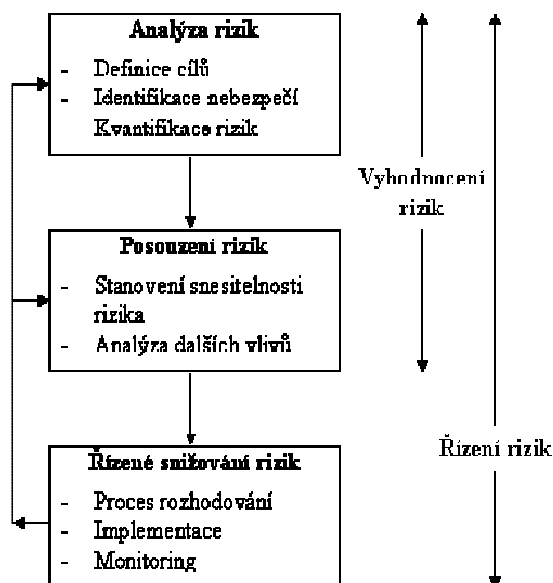
**Přijatelné riziko** (Acceptable risk) je míra rizika, která je na základě hodnocení rizika shledána jako přijatelná. Je to takové riziko, které je možné vědomě podstoupit s uvážením zisku který jeho přijetí přinese. Nemusí se jednat pouze o zisk vyjádřitelný ekonomicky. Vychází se z přesvědčení, že riziko je odpovídajícím způsobem řízeno a je pod dohledem.

**Rizikový faktor (RF)** (Risk influencing factor) je podmínka, skutečnost nebo okolnost, která má pozitivní či negativní vliv na rizika systému, přitom však není možné mezi jím a rizikem ustanovit pevnou vazbu. Analýza rizik systému zásobování vodou musí zohlednit celou řadu RF (např. úroveň vzdělání personálu, školení personálu ve zvládnání krizových situací atd.). Při zavádění RF do analýzy rizik jsou velmi důležité dva aspekty:

- úroveň, na které RF do analýzy vstupují, a
- rozdíl mezi hodnotou RF a jeho vlivem na riziko.

## Analýza rizik

Obecně představuje riziková analýza systematické využívání dostupných informací k identifikaci možných nebezpečí a ke kvantifikaci rizik, které z těchto nebezpečí plynou. Jedná se tedy o preventivní přístup, kdy jsou jednotlivé nebezpečné scénáře aktivně vyhledávány, analyzovány a posuzovány s ohledem na škody způsobené jednotlivci, populaci, systému a životnímu prostředí.



Obr.1. Vyhodnocení a řízení rizik (ČSN IEC 300)

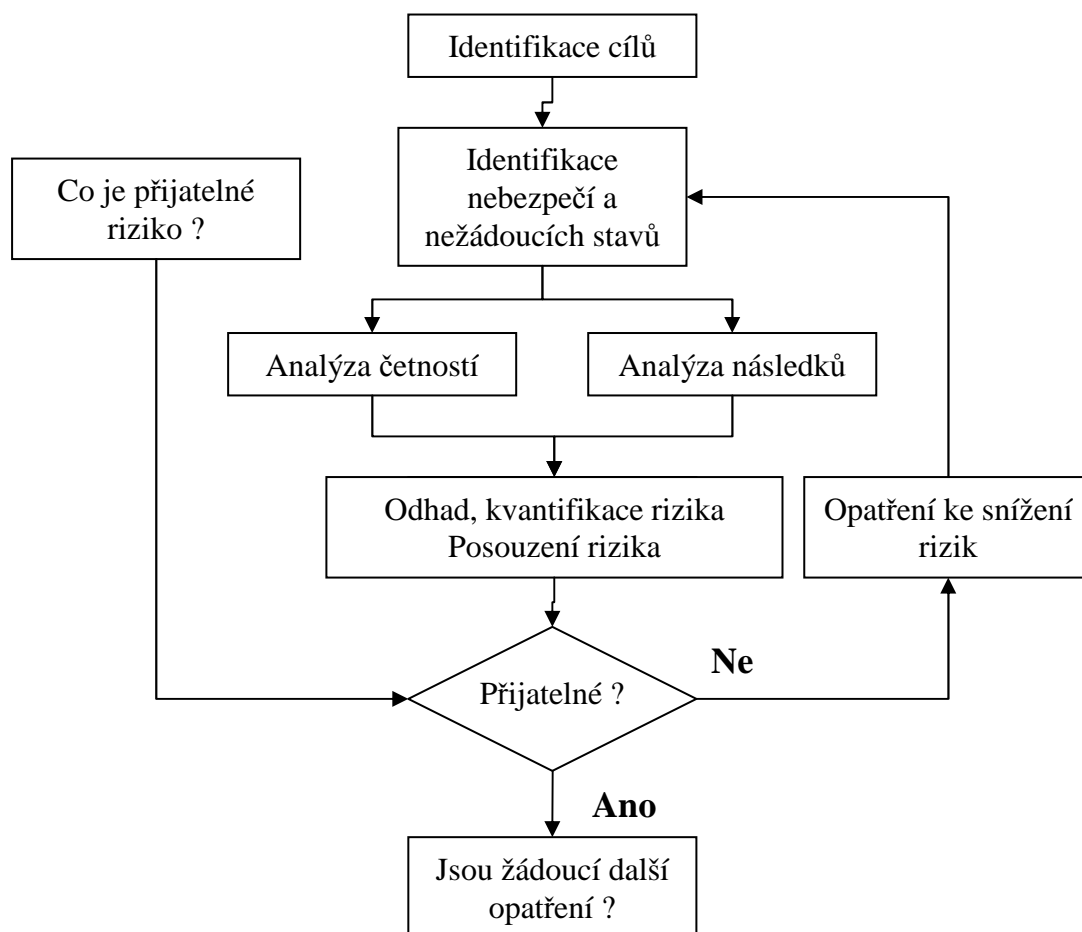
Analýza rizik tvoří jednu ze součástí systému řízení rizik. Je to strukturovaný proces, který se pokouší odpovědět na tři základní otázky:

Co by se mohlo pokazit? (Identifikací nebezpečí)

S jakou pravděpodobností se to stane? (Analýzou četností)

Jaké budou následky? (Analýzou následků)

Ke zodpovězení těchto otázek se využívají metody identifikace rizik, analýzy četností a analýzy následků. Vzájemnou návaznost těchto procesů zobrazuje Obr.2.



**Obr.2. Základní algoritmus řízení rizika**

### Identifikace cílů

Před započítím analýzy rizik jakéhokoli systému je nezbytné provést základní úvahu, proč rizikovou analýzu provádět a čeho tím chceme dosáhnout. U vodárenských systémů může být takovým cílem zpracování, bezporuchová dodávka vody požadované kvality v požadovaném množství a čase, zlepšení vybraných kvalitativních parametrů dodávané vody (např. zlepšení sensorických vlastností vody), zlepšení technického stavu vodárenské infrastruktury (plány obnovy vodárenské infrastruktury) apod. Všechny tyto

dílčí cíle lze zahrnout do **Plánu pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou (WSP)** (Water Safety Plan). Jde o komplexní přístup založený na principech analýzy, hodnocení a regulování rizik, který zahrnuje všechny prvky v systému zásobování vodou od povodí ke spotřebiteli. Má obvykle podobu dokumentu – plánu (nebo několika plánů), který vyznačuje odůvodněná rizika v systému, určuje jejich význam (priority) a určuje kontrolní a regulační opatření, jak je eliminovat nebo zmírňovat a jejich ekonomickou náročnost a dopady na odběratele. Nedílnou součástí plánu je verifikace účinnosti přijatých opatření, kontrola kvality vyráběné vody.

Pro ověření plánu pro zajištění bezpečnosti vody se provádí *validace*, která představuje získávání důkazů o tom, že jednotlivé části plánu jsou efektivní a ekonomicky únosné. Jedná se o shromažďování a vyhodnocování vědeckých a technických informací, aby bylo možno určit, zda plán – v případě, že je správně implementován – bude účinně omezovat rizika. V rámci *verifikace* se aplikují další metody, postupy nebo testy vedle těch, které se užívají v monitoringu, ke zjištění, zda je plán pro zajištění bezpečnosti vody v souladu se stanovenými cíli nastíněnými v cílech kvality vody a/nebo zda plán pro zajištění bezpečnosti vody potřebuje změnu a novou validaci.

Na základě identifikace a definice cílů analýzy rizik je možno navrhnout použití metod odhadování a kvantifikace rizika.

### **Identifikace nebezpečí a nežádoucích stavů**

V rámci každého posuzovaného systému metodou analýzy rizik je nutno specifikovat, definovat a analyzovat potenciální nebezpečí jako možné zdroje nežádoucích stavů posuzovaného systému. Obecně dělíme možné zdroje nebezpečí do tří základních skupin:

- přírodní
- společenské (lidský faktor)
- technické a technologické

Do identifikace nebezpečí se zahrnuje systematické přezkoumání studovaného systému, aby se identifikoval typ nebezpečí, která se v systému vyskytují a jsou mu vlastní, spolu se způsoby, jakými by mohlo k nebezpečí dojít. Záznamy z poruch a nežádoucích stavů, které se vyskytly v minulosti, a zkušenosti z dřívějších analýz rizika mohou poskytovat užitečné vstupní údaje. Je nutné si uvědomit, že identifikace nebezpečí je do jisté míry zatížena subjektivním názorem člověka, který analýzu provádí a že seznam identifikovaných nebezpečí nemusí být vyčerpávající. Nebezpečí, které zůstane neidentifikované (neznámá), je potenciálem ke vzniku tzv. *zbytkového rizika*. Metod pro identifikaci nebezpečí existuje velká škála a můžeme je rozdělit do tří kategorií:

- srovnávací metody, jako např. kontrolní seznamy, ukazatele nebezpečí, zkušenosti z minulosti, apod.;
- základní metody, které jsou sestaveny tak, aby kladením řady otázek typu: „Co se stane, když...“ podněcovaly skupinu expertů používat k řešení úkolů identifikování nebezpečí představitelů společně se svými znalostmi, např. metoda HAZOP,
- pokročilé techniky využívající metod inductivního myšlení, jako jsou logické diagramy stromu událostí.

Některé z metod pro identifikaci nebezpečí jsou vhodné také pro předběžnou analýzu četností a následků a umožňují tak předběžné odhadování rizika, což může v rané fázi analýzy sloužit jako vhodný nástroj pro prioritizaci rizik. Je to především metoda **Preliminary Hazard Analysis (PHA)**, která je prioritně určena k identifikaci nebezpečí, scénářů nebezpečí a nežádoucích stavů. Tato metoda již také hodnotí pravděpodobnost a (nebo) následky realizace těchto scénářů. Identifikovaná nebezpečí, která na základě předběžného vyhodnocení generují nejvyšší rizika, se následně analyzují prostřednictvím pokročilých metod odhadování a kvantifikace rizika.

V rámci projektu WaterRisk byl v první etapě vyvíjené metodiky zpracován základní **Katalog nebezpečí (KN)**, který má v této etapě 74 položek. Každému z těchto nebezpečí je přiřazen identifikační kód, možnost vlivu na základní subsystémy obecného systému zásobování vodou, jeho název, stručný popis a možné následky. V následující Tab.1 je uveden příklad vybraných nebezpečí z kategorie přírodních nebezpečí z uvedeného KN.

**Tabulka 1. Příklad vybraných přírodních nebezpečí**

1 Přírodní nebezpečí							
Kód	Vodní zdroj	Úprava vody	Distribuce	Název nebezpečí	Popis nebezpečí	Možné následky	Podmínky vzniku
1.01	1	1	1	Přívalový déšť	Prudká přívalová srážka vysoké intenzity	zhoršení kvality surové vody; zatopení a/nebo zanesení objektů; zatékání dešťové vody do konstrukcí; mechanické poškození	
1.03	1	1	1	Sníh, kroupy, led, námraza	Extrémní projevy těchto jevů z hlediska četnosti a intenzity	zamrzání vody; ledové nápěchy; mechanické poškození konstrukcí; zatékání do konstrukcí	
1.06	1	0	0	Sucho	Dlouhodobé období bez výrazných srážek	snížení kapacity vodních zdrojů;	
1.11	1	1	1	Vysoká teplota vzduchu	Extrémně vysoké teploty, dlouhotrvající horka	zahřívání konstrukcí; teplotní roztažnost stav. materiálů a konstrukcí; zvyšování teploty vody (surové, upravené, distribuované)	
1.17	1	1	1	Vzdušná kontaminace	Prach, pyly, nečistoty, houby, plísně ze vzduchu do vody	kontaminace vody (surová, upravená, distribuovaná) např. vlivem špatné funkce vzduchotechniky, vzduchových filtrů atd.	
1.21	1	0	1	Prorůstající kořeny stromů a keřů	Nedodržení ochranných pásem od konstrukcí (zák.274/2001 Sb.)	narušení spojů potrubí; rozrušení podzemních částí staveb (studny, vodojemy atd.)	

Současně je zpracováván základní *Katalog nežádoucích stavů (KNS)* obecného systému zásobování vodou. V Tab.2 je uveden seznam těchto základních nežádoucích stavů pro podzemní vodní zdroje.

**Tabulka 2. Nežádoucí stavy pro podzemní vodní zdroje**

<b>1 Vodní zdroje</b>		<i>[ Technologická část SZV ]</i>
<i>[ Definované NS ]</i>	DNS111_Porucha technologického vybavení/vystrojení jímacího objektu DNS112_Porucha na příváděcím potrubí surové vody	
<b>1.1</b>	<b>Podzemní vodní zdroje</b>	<i>[ Prvek základní úrovně ]</i>
<i>[ Definované NS ]</i>	NS101_Zhoršení kvality surové vody NS102_Nevyhovující kvalita surové vody NS103_Kontaminace surové vody chemickým znečištěním NS104_Kontaminace surové vody biologickým znečištěním NS105_Nedostatečná kapacita, přetížení zdroje	

V současné době má celý KNS 36 základních nežádoucích stavů a 25 tzv. „doplňkových“ nežádoucích stavů. Pro každý z těchto nežádoucích stavů je zpracováván tzv. „Katalogový list NS“, který detailně identifikuje

- dotčený prvek systému zásobování pitnou vodou
- podrobný popis NS
- specifikaci nebezpečí z KN, která se mohou podílet na vzniku tohoto NS
- analýzu četnosti NS zaměřenou na kvantifikaci pravděpodobnosti (P) vzniku NS
- analýzu následků NA zaměřenou na jejich kvantifikaci ve všech 4 skupinách posuzovaných následků

Příklady analýzy vybraných nežádoucích stavů jsou podrobněji prezentovány v

### **Metody odhadování a kvantifikace rizika**

Existuje řada metod pro provádění rizikové analýzy technologických systémů, které jsou používány v různých oborech pro identifikaci nebezpečí a pro odhad rizika spolu s kritérii jejich volby. Obecně by však mělo platit, že vhodná metoda

- je vhodná pro uvažovaný systém;
- má poskytovat výsledky ve tvaru, který zlepšuje pochopení povahy rizika a způsobu, jakým ho je možné regulovat;
- má být způsobilá k tomu, aby ji mohli používat různí pracovníci oboru, aby byla sledovatelná, opakovatelná a ověřitelná;

Mezi nejčastěji využívané metody u technologických, výrobních a distribučních procesů patří tyto metody:



**Analýza spolehlivosti člověka (HRA)** (Human Reliability Assessment) je technika analýzy četností, která se zabývá vlivem lidí na výkonnost systému a při které se vyhodnocuje vliv lidských omylů a chyb na bezporuchovost.

**Analýza stromu událostí (ETA)** (Event Tree Analysis) je technika identifikace nebezpečí a analýzy četností, která používá způsob induktivního myšlení k převedení iniciující události na možné následky.

**Analýza stromu poruchových stavů (FTA)** (Fault Tree Analysis) je technika identifikace nebezpečí a analýzy četností, která začíná od nežádoucí události a určuje všechny způsoby, ve kterých by se mohla tato událost vyskytovat. Znázorňuje se graficky.

**Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA)** (Failure Mode and Effects Analysis) je metoda analýzy spolehlivosti, která umožňuje identifikaci poruch s významnými důsledky ovlivňujícími funkci systému. Obecný postup metody FMEA je standardizován normou.

**Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA)** (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) je rozšířením metody FMEA o uvážení závažnosti (kritičnosti) poruchy. Obecný postup metody FMECA je opět standardizován normou.

**Předběžná analýza nebezpečí (PHA)** (Preliminary Hazard Analysis) je technika identifikace nebezpečí a analýzy četností, která se může použít v rané etapě návrhu k identifikaci nebezpečí a k posouzení jejich kritičnosti

**Studie nebezpečí a provozuschopnosti (HAZOP)** (hazard and operability study) je základní technika identifikace nebezpečí, při které se systematicky vyhodnocuje každá část systému, aby se ukázalo, jak může dojít k odchylkám od záměru návrhu a zda mohou tyto odchylky způsobit problémy.

V oblasti systémů zásobování pitnou vodou se začaly používat a ověřovat zejména tyto následující metody

#### ***Analýza nebezpečí a kritické kontrolní body ve výrobě (HACCP)***

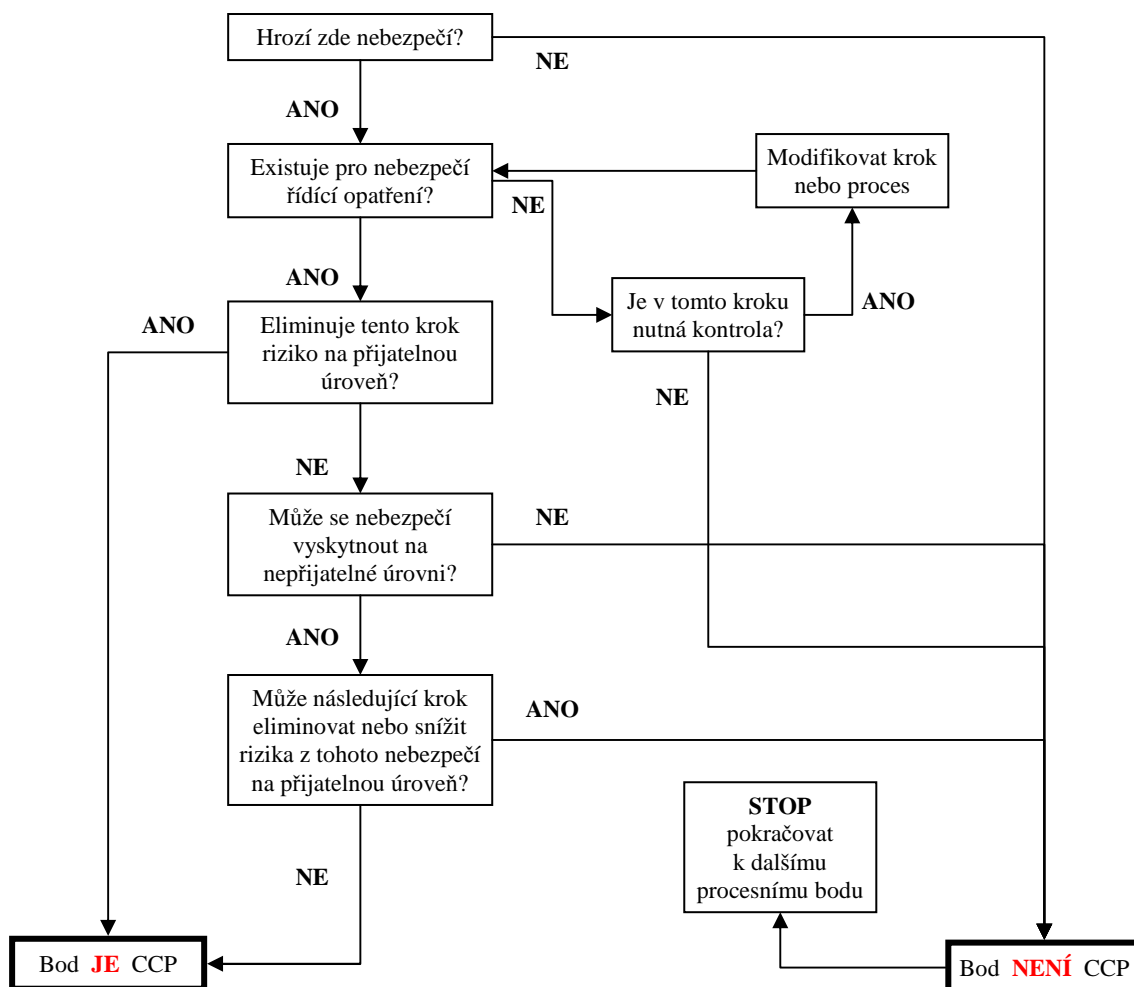
HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) je komplexní metodika, která je běžně používaná zejména v potravinářském průmyslu. Jejím cílem je zajistit požadovanou jakost a bezpečnost produktu nepřetržitou kontrolou během výroby. Předem vybrané ukazatele jakosti jsou monitorovány v kritických kontrolních bodech (CCP), což výrobci umožňuje reagovat na změnu kvality účinným opatřením okamžitě ještě v průběhu výroby (v reálném čase) a vyvarovat se tak produkci jakostně nevyhovujícího výrobku. V současné době je to nejefektivnější způsob řízení jakosti výroby a výrobci potravin jej musí do své výroby implementovat a používat jej na základě platné legislativy EU a ČR. Podobný přístup je v posledních letech zaváděn i u vodárenských společností (Hušková, 2004).

### Kritický kontrolní bod (CCP)

Kritický kontrolní bod ve smyslu HACCP je místo v technologickém procesu výroby nebo distribuce vody, kde platí všechna následující tvrzení:

- v tomto bodě hrozí nebezpečí,
- toto nebezpečí překračuje přijatelné hranice rizika,
- v tomto bodě existuje nějaké nápravné opatření pro eliminaci tohoto nebezpečí,
- uplatnění nápravného opatření v tomto bodě sníží riziko na přijatelnou úroveň,
- tento bod je poslední možné místo pro provedení nápravy.

Pokud všechna tato tvrzení pro dané místo v technologickém procesu platí, pak se jedná o kritický kontrolní bod systému. Podkladem pro stanovení CCP jsou výsledky analýzy rizik. CCP jsou stanovovány expertem nebo týmem odborníků z různých oborů, a to pro každý SZV individuálně. Některé CCP lze však stanovit na základě obecně platných pravidel pro většinu běžných SZV společně, např. dochlorovací stanice v distribuční síti je CCP. Schéma rozhodovacího procesu při stanovování CCP znázorňuje Obr.3.



Obr.3. Schéma rozhodovacího procesu při stanovování kritických kontrolních bodů

### ***Fáze metody HACCP***

Celý systém HACCP je rozdělen do několika předepsaných fází. Tyto fáze jsou obecně formulovány. Praktická aplikace je však závislá na typu řešeného problému a konkrétních okolnostech jeho použití (typ systému, zdroj vody, platná legislativa atd.) a pro implementaci HACCP tedy neexistuje jednotná a obecně závazná metodika. Jednotlivé, obecně formulované kroky HACCP jsou:

- definování problému a vytýčení cílů řešení,
- sestavení týmu lidí pro implementaci HACCP,
- zdokumentování a popis systému, schémata, průtokové diagramy, ověření platnosti,
- analýza rizika – identifikace nebezpečí a strukturalizace rizik, ohodnocení rizik,
- stanovení kritických kontrolních bodů CCP,
- stanovení mechanismů pro řízení rizik – ukazatele a limity pro každý bod,
- monitoring kontrolních mechanismů – stanovení limitů a způsobu jejich kontroly,
- ustanovení procedur pro ověření funkčnosti HACCP – vnitřní audit,
- zavedení podpůrných programů – vzdělávání, nácvik zvládnutí rizikových situací atd.,
- popis řídicích postupů pro běžný provoz a nápravných opatření pro havarijní stavy,
- tvorba dokumentace a zavedení komunikačních procedur.

Tato metoda je běžně používána zejména při výrobě potravin. Řada vodárenských společností začíná používat tuto metodu při zpracování WSP.

### ***Kvantitativní posuzování mikrobiologických rizik (QMRA)***

QMRA (Quantitative Microbiological Risk Assessment) je kvantitativní technika analýzy a hodnocení rizika mikrobiální kontaminace pitné vody, která pracuje s matematickými a statistickými pravděpodobnostmi vzniku nežádoucího stavu. Používá se pro řešení otázek jako:

- Je zvolená technologie ÚV dostačující vzhledem k definované kvalitě surové vody?
- Jaké maximální koncentrace mikroorganismů jsou přijatelné v dodávané vodě?
- Které kroky úpravy vody mají největší vliv při dosažení maximální koncentrace mikroorganismů?
- Jaké jsou provozní limity v kritických krocích, při kterých se dosáhne požadované bezpečnosti vody.

V praxi je možné QMRA použít při různém rozsahu a kvalitě dostupných vstupních informací o provozovaném SZV od analýzy základní úrovně až po podrobnou kvantitativní analýzu.

*Základní úroveň* – s využitím popisných dat o typu vodního zdroje, použité technologii ÚV atd., která k vyhodnocení možných koncentrací patogenů ve zdroji a očekávané snížení procesu úpravy využívá informace z literatury. Tento způsob aplikace je vhodný jako první krok k ověření, zdali je zvolená technologie ÚV vhodná pro daný vodní zdroj.

*Podrobná analýza* - založená na datech naměřených v reálném SZV (monitoring patogenů v surové vodě, on-line monitoring jednotlivých kroků ÚV), dovolující použití pravděpodobnostního přístupu s přihlédnutím k různorodosti všech parametrů.

Je zřejmé, že podrobnost a přesnost výsledků analýzy závisí na kvalitě vstupních informací. Metoda odhadne kvantitativně riziko vzniku zdravotních následků při požití dodávané vody spotřebitelem. Sestává z následujících kroků:

- formulace problému
- identifikace nebezpečí
- popis způsobu ohrožení spotřebitele
- výpočet denní dávky (na osobu)
- výpočet odezvy (zdravotní účinek denní dávky)

Modely dávky a odezvy popisují vztah mezi velikostí dávky chemického, biologického nebo fyzikálního znečištění a velikostí vzniklých zdravotních následků.

V rámci projektu WaterRisk byla pro odhad a kvantifikaci rizika NS modifikována a upravena metoda FMEA.

### **Vstupní data pro analýzu rizik systémů zásobování pitnou vodou**

Analýza rizik je proces relativně náročný na vstupní informace a jejich kvalita a spolehlivost má na výsledek analýzy rozhodující vliv. Obecně lze říci, že čím podrobnější a přesnější data se pro analýzu získají, tím konkrétnější se mohou činit závěry. Je zřejmé, že získávání vstupních podkladů a jejich zpracování zásadním způsobem ovlivňují časovou i finanční náročnost RA.

Vstupní data je možné rozdělit z několika hledisek. Z pohledu původu informace dělíme data na:

- primární – získaná měření, průzkumem, pozorováním, atd.,
- sekundární – data převzatá.

Z pohledu nezbytnosti a důležitosti pro RA dělíme data na:

- základní – s ohledem na cíl konkrétní RA je jejich znalost nezbytná,
- doplňková – rozšiřují a dokreslují základní informace.

Z pohledu obsahu je možné data rozdělit na:

- topografická data – geografické podklady popisující reliéf zemského povrchu, vodstva a další jevy spojené s konkrétním místem na Zemi,
- oborová data – navazují a doplňují topografická data, jejich obsah je popsán dále,
- metadata – obsahují popisné údaje o datech, např. identifikaci jejich zpracovatele, datum a okolnosti vzniku, a další „měkké“ informace, které mají zásadní význam při hodnocení spolehlivosti dat a při analýze nejistot.

V rámci vyvíjené metodiky jsou podrobně specifikována všechna vhodná data pro provedení analýzy rizik. Je však zřejmé, že ve většině případů při realizaci analýzy rizik na konkrétních vodárenských systémech nebudou všechna tato data dostupná.

### **Závěr**

Článek prezentuje dosavadní poznatky získané při vývoji metodiky implementace teorie analýzy rizik v sektoru zásobování pitnou vodou v rámci řešení projektu 2B06039 – WaterRisk. Tato rámcová metodika je průběžně konfrontována s poznatky získanými v zahraničí a při řešení obdobného evropského projektu TECHNEAU. V současné době probíhá intenzivní vývoj softwarové aplikace, která je po povinné registraci přístupná prostřednictvím webových stránek projektu. O dalším průběhu řešení projektu bude autorský kolektiv průběžně referovat na odborných konferencích a také na internetových stránkách projektu WaterRisk.cz.

### **Literatura**

ČSN IEC 300, Management spolehlivosti - Analýza rizika technologických systémů, Praha, Český normalizační institut, 1996.

ČSN IEC 812, Metoda analýzy spolehlivosti systému – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA).

Hušková R.(2008): Zpráva ze zasedání komise EUREAU pro pitnou vodu EU1, SOVAK 4, str. 16/112-17/113.

Røstum J. et al.(2008): COST Action C19 - Proactive Crisis Management of Urban Infrastructure, final report of the COST Action C19, 12/2008, SINTEF Byggeforsk, ISBN 978-82-536-1003-0.

Tuhovčák L., Kožíšek F., Ručka J., Juhaňák T. (2007): Identifikace a kvantifikace rizik vodárenských systémů - projekt WaterRisk, sborník konference „Rizika ve vodním hospodářství“, Brno, ISBN: 978-80-86433-43-1, str. 500-507.

Tuhovčák L., Ručka J.(2007): Hazard identification and risk analysis of water supply systems, 2nd Leading Edge Conference on Strategic Asset Management - LESAM 2007, Lisbon, p. 104.

Vatn J.(2004): Risk management within water supply, electricity and transport; proceedings from seminar Proactive Crisis Management of Urban Infrastructure, Trondheim.

www.WaterRisk.cz – oficiální webové stránky projektu 2B06039 – WaterRisk

World Health Organization (2004), WHO Guidelines for drinking-water quality 3rd edition, WHO Geneva, ISBN 92 4 154638 7.

