

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství

# Disertační práce

**březen 2024**

**Ing. Martina Caithamlová**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

# **NOUZOVÉ ZÁSBOVÁNÍ OBYVATELSTVA A INFRASTRUKTURY PITNOU VODOU V KRIZOVÝCH SITUACÍCH**

**Disertační práce**

**Ing. Martina Caithamlová**

Kladno, březen, 2024

Doktorský studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní nouzová připravenost

**Školitel:** doc. Ing. Šárka Kročová, Ph.D.

Czech Technical University in Prague  
Faculty of Biomedical Engineering

Department of Health Care and Population Protection

# **EMERGENCY SUPPLY OF POPULATION AND INFRASTRUCTURE TO DRINKING WATER IN CRISIS SITUATIONS**

**Doctoral Thesis**

**Ing. Martina Caithamlová**

Kladno, March, 2024

Ph.D. Programme: Population Protection

Branch of Study: Civil Emergency Preparedness

**Supervisor:** doc. Ing. Šárka Kročová, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem disertační práci s názvem „Nouzové zásobování obyvatelstva a infrastruktury pitnou vodou v krizových situacích“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k disertační práci.

V Kladně 7.března.2024

.....

Ing. Martina Caithamlová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala své školitelce doc. Ing. Šárce Kročové, Ph.D. za její ochotu, užitečné rady a trpělivost při realizaci této práce. Poděkování také patří panu Ing. Bohdanu Soukupovi, Ph.D., MBA nejen za odborné konzultace, ale i za jeho vstřícnost a ochotu. Chtěla bych také poděkovat jednotlivým společnostem za vstřícný přístup a poskytnutí dat.

Poděkování patří v neposlední řadě i mé rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu postgraduálního studia trpělivě podporovali.

## **Abstrakt**

V předkládané disertační práci je řešena problematika nouzového zásobování obyvatelstva a infrastruktury pitnou vodou v krizových situacích. Disertační práce zahrnuje analýzu současného stavu problematiky v ČR i ve vybraných zemích světa, legislativní rámec i krizové a havarijní plánování v této oblasti. V teoretických východiscích práce jsou řešeny vodárenské systémy v ČR a kritické body znečištění. V rámci výsledků je identifikováno, jaké typy krizových situací na vodárenských systémech mají potenciál ohrozit odběry pitné vody obyvatelstvu a prvkům infrastruktury. Pomocí metody FMEA je zpracována analýza rizik u vybraných provozovatelů vodárenských systémů a jsou navržena opatření ke snížení identifikovaných rizik. Zjištěná rizika i navržená opatření jsou následně diskutována. V rámci práce jsou shrnuty i možnosti zajištění nouzového zásobování vodou při vzniku krizových situací. Součástí disertační práce je i vytvořený návrh pokynu pro domácnosti v ČR, jak správně postupovat při vytváření zásob pitné vody.

**Klíčová slova:** Nouzové zásobování vodou, krizová situace, analýza rizik

## **Abstract**

The present dissertation deals with the problem of emergency supply of drinking water to the population and infrastructure in crisis situations. The dissertation includes an analysis of the current state of the issue in the Czech Republic and in selected countries of the world, the legislative framework and crisis and emergency planning in this area. The theoretical background of the thesis deals with water supply systems in the Czech Republic and critical points of pollution. The results identify what types of crisis situations on water supply systems have the potential to threaten drinking water withdrawals to the population and infrastructure elements. Using the FMEA method, a risk analysis of selected water system operators is developed and measures are proposed to reduce the identified risks. The identified risks and the proposed measures are subsequently discussed. The paper also summarizes the possibilities of providing emergency water supply in case of crisis situations. The dissertation also includes a proposal for a guideline for households in the Czech Republic on how to properly proceed in establishing drinking water supplies.

**Keywords:** Emergency water supply, crisis situation, risk analysis

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Vymezení cílů práce.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Úvod do problematiky .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Přehled současného stavu problematiky .....</b>	<b>19</b>
4.1	Přehled současného stavu problematiky v ČR .....	19
4.1.1	Nouzové zásobování pitnou vodou .....	19
4.1.2	Legislativní rámec zásobování pitnou vodou v ČR.....	21
4.1.3	Krizové a havarijní plánování ve vodním hospodářství v ČR.....	23
4.1.4	Shrnutí současného stavu problematiky v ČR.....	30
4.2	Přehled současného stavu problematiky ve vybraných zemích .....	31
4.2.1	Německo .....	32
4.2.2	Rakousko .....	34
4.2.3	Polsko .....	35
4.2.4	Slovensko .....	36
4.2.5	Porovnání stavu problematiky v sousedních zemích a ČR .....	37
4.2.6	Španělsko.....	40
4.2.7	Spojené státy americké .....	41
4.2.8	Shrnutí současného stavu problematiky ve vybraných zemích.....	43
<b>5</b>	<b>Teoretická východiska práce .....</b>	<b>44</b>
5.1	Vodní zdroje .....	44
5.2	Vodárenské systémy v ČR .....	45
5.3	Kritické body znečištění .....	46
5.3.1	Znečištění zdroje .....	47
5.3.2	Znečištění při úpravě vody .....	51
5.3.3	Znečištění při distribuci vody .....	51
<b>6</b>	<b>Metody .....</b>	<b>55</b>
6.1	PNH.....	56
6.2	IFE matice .....	57
6.3	FMEA.....	58
<b>7</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>60</b>



7.1	Hrozby a rizika v systému zásobování pitnou vodou.....	60
7.1.1	Hrozby a rizika – zdroje pitné vody .....	61
7.1.2	Hrozby a rizika – úprava pitné vody .....	73
7.1.3	Hrozby a rizika – distribuce pitné vody .....	76
7.2	Analýza silných a slabých stránek jednotlivých způsobů provozování vodárenských systémů.....	78
7.3	Analýza rizik .....	82
7.3.1	Analýza rizik metodou PNH .....	83
7.3.2	Případová studie – aplikace metody FMEA.....	86
7.4	Aplikace možností, řešení a realizace NZV v krizových situacích.....	122
7.4.1	Možnosti zajištění nouzového zásobování pitnou vodou při vzniku krizové situace.....	122
7.4.2	Zajištění veřejné infrastruktury ČR pitnou vodou.....	126
7.4.3	Faktory ovlivňující nouzové zásobování pitnou vodou.....	127
<b>8</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>131</b>
<b>9</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>145</b>
<b>10</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>149</b>
<b>11</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>166</b>
<b>12</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>168</b>
<b>13</b>	<b>Seznam schémat .....</b>	<b>169</b>

## Seznam symbolů a zkratek

Zkratka	Význam
AOM	Algal Organic Matter
ATS	Automatické tlakové stanice
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und
ČHMI, ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
CDC	Agentura pro ochranu a prevenci nemocí
CIP	Critical Infrastructure Protection
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
EDWP	Emergency drinking water plan
EPA	Environmental Protection Agency
EU	Evropská unie
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis
ICRP	Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu
IFE	Internal Forces Evaluation
IWA	Mezinárodní asociace pro vodu
IZS	Integrovaný záchranný systém
HZS	Hasičský záchranný sbor
KHS	Krajská hygienická stanice
MARS	Managing Aquatic ecosystems and water Resources
MU	Mimořádná událost
MV SR	Ministerstvo vnitra Slovenské republiky
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NAP SPP	Národní akční plán ke snížení používání pesticidů
NATO	Severoatlantická aliance
NÚKIB	Národní úřad pro kybernetickou bezpečnost
NZV	Nouzové zásobování pitnou vodou
ÖVGW	Rakouská asociace pro plyn a vodu
ORP	Obec s rozšířenou působností
OSN	Organizace spojených národů
OSVČ	Osoba samostatně výdělečně činná
PO	Právnícká osoba
PVC	Polyvinylchlorid
PRVKÚK	Plány rozvoje vodovodů a kanalizací území krajů
SNZV	Služba nouzového zásobování vodou
SR	Slovenská republika

SSHR	Státní správa hmotných rezerv
SZÚ	Státní zdravotní ústav
USA	Spojené státy americké
US EPA	U.S. Environmental Protection Agency
VHI	Vodohospodářská infrastruktura
WHO	Světová zdravotnická organizace
WSP	Water safety plans
VaK	Vodovody a kanalizace
ZaLP	Záchranné a likvidační práce
ZVaK	Zákon o vodovodech a kanalizacích

# 1 Úvod

*„Voda je nejdůležitější věc na světě, kterou máme“*

*(Peter Brabeck)*

Voda je jednou ze základních podmínek života na Zemi. Většinu povrchu Země (cca 71 %) pokrývá slaná voda oceánů a moří, která tvoří zhruba 97 % vodstva na planetě Zemi. Sladká voda tvoří jen nepatrnou část hydrosféry (cca 3 %), přičemž 69 % této vody je obsaženo v ledovcích, které jsou v polárních oblastech. Dalších 30 % tvoří podzemní voda a jen necelé procento tvoří voda povrchová a voda atmosférická [1,2].

Jako pitná voda je definována každá voda, která je určena k pití, vaření, přípravě potravin a nápojů. Zásadním požadavkem na pitnou vodu je, že má být prostá patogenních bakterií a nesmí obsahovat žádné zdravotní riziko [3]. Světové ekonomické fórum řadí nedostatek pitné vody mezi největší globální rizika [4]. Ačkoli je na Zemi dostatek vody pro 7 mld. lidí, je rozmístěna nerovnoměrně, problémem je i plýtvání pitnou vodou a její znečišťování. Jako alarmující se jeví v této souvislosti i demografický vývoj. Vlivem změny klimatu se na Zemi vyskytují některé velmi suché geografické oblasti a prudké zvýšení poptávky po sladké vodě ve světovém měřítku vede k tzv. vodní krizi. Pokud budou současné trendy pokračovat, může v průběhu dalších 15 let dle Světového ekonomického fóra překročit poptávka nabídku o 40 % [4].

Spolehlivé zásobování kvalitní pitnou vodou je zásadním předpokladem zdravé společnosti a jejího ekonomického rozvoje. Úkolem státu je vytvořit příslušné legislativní podmínky a institucionální základnu pro zajištění tohoto úkolu. Ani sebedokonalejší zákony ale samozřejmě nemohou postihnout praxi v celé její šíři a rozmanitosti, což platí i v případě moderního vodárenství. Předpokládá se zde vlastní aktivita a iniciativa vodárenských společností (nad rámec zákonného minima), která bude naplňovat cíl zformulovaný Mezinárodní asociací pro vodu (IWA) v tzv. Bonnské chartě pro bezpečnou pitnou vodu: „Cílem je dobrá nezávadná pitná voda, která se těší důvěře spotřebitelů. Voda, kterou lze nejen bez obav pít, ale u níž spotřebitel zároveň oceňuje její estetickou kvalitu“ [5, 6].

Pitná voda patří k základním životním potřebám člověka a odpovídající příjem pitné vody (spolu s příjmem dalších tekutin) je nutnou podmínkou pro správné fungování všech

procesů v lidském těle, ale také přispívá k psychické pohodě člověka. Dodávka pitné vody je zcela dominující faktor pro zajištění funkce bytového fondu každého zastavěného území a jeho infrastruktury. Nezastupitelný a nenahraditelný význam pro vodárenské systémy mají povrchové a podzemní vody, které jsou současně nejzranitelnějším podsystémem dodávek vody pro její spotřebiště [7, 8].

Problematika možného narušení dodávek pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury tedy patří k významným celospolečenským tématům, kterým je nutné věnovat patřičnou pozornost. Záměrem této disertační práce je identifikovat rizika a hrozby, které mají potenciál vyřadit zdroje pitné vody na různě dlouhou dobu z jejich funkce a ohrozit tak odběry pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury. K hlavním cílům práce patří i navržení možných opatření ke snížení zjištěných rizik a zkoumání způsobů, kterými je možné zajistit nouzové zásobování pitnou vodou.

## 2 Vymezení cílů práce

Cílem této disertační práce je identifikovat, které typy krizových situací na vodárenských systémech mají potenciál ohrožit odběry pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury. Zjistit, jakými prostředky a způsoby je možné vznik krizových situací na vodních zdrojích a distribučních systémech pitných vod snižovat a zkoumat možnosti zajištění nouzového zásobování pitnou vodou. Ke splnění cíle přispěje analýza současného stavu poznání dané oblasti (včetně legislativních předpisů pro danou činnost). Dílčím cílem práce je určit slabé i silné stránky provozování vodárenských systémů vodovodů pro veřejnou potřebu v ČR a zpracovat analýzu rizik u vybraných kategorií provozovatelů.

V ČR existuje celá řada prací, které se zabývají možnými krizovými situacemi a mimořádnými událostmi, včetně krizové situace nedostatku pitné vody. Např. práce Dvořákové (2022) se zabývá nouzovým zásobováním obyvatelstva pitnou vodou ve správním obvodu obce s rozšířenou působností Liberec [9], práce Stehlíka (2019) řeší nouzové zásobování pitnou vodou v Litoměřicích [10], Netolická (2018) se ve své práci zabývá nouzovým zásobováním obyvatelstva pitnou vodou ve správním obvodu obce s rozšířenou působností Havlíčkův Brod [11]. Všechny vyhledané práce se ale zabývají nouzovým zásobováním vodou pouze u konkrétního provozovatele vodárenského systému ve zvoleném regionu. Předkládaný výzkum se zabývá problematikou nouzového zásobování obyvatelstva a infrastruktury pitnou vodou v krizových situacích v širších souvislostech. Hlavním cílem výzkumu je identifikovat, které typy krizových situací mají potenciál ohrožit odběry pitné vody obyvatelstvu a prvkům infrastruktury, a zjistit, jakými prostředky a způsoby je možné vznik rizikových situací na vodních zdrojích a distribučních systémech pitných vod snižovat. Dílčím cílem práce je zmapovat nejčastěji využívané způsoby provozování vodárenských systémů v ČR a identifikovat jejich silné a slabé stránky. Formou případové studie pak bude zpracována analýza rizik u vybraných provozovatelů. Analýza bude posuzovat identifikované krizové situace (jejich význam, výskyt a pravděpodobnost jejich odhalení) u tří vybraných provozovatelů vodárenských systémů, kteří budou reprezentovat nejčastěji využívané způsoby provozování v ČR. Opatření ke snížení a eliminaci zjištěných rizik budou navržena obecně tak, aby mohly sloužit jako návod i pro ostatní provozovatele. I možnosti nouzového zásobování vodou budou posuzovány v tomto širším kontextu.

Výzkumné otázky:

- 1) Jaké hrozby a rizika mají potenciál ohrozit odběry pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury?
- 2) Jakými prostředky a způsoby je možné identifikované hrozby a rizika snižovat?
- 3) Jaké jsou možnosti zajištění nouzového zásobování pitnou vodou?

Stanovené výzkumné otázky pomohou přispět ke splnění stanovených cílů výzkumu.

### 3 Úvod do problematiky

Jako hlavní příčiny nedostatečného množství vody ve vodních zdrojích (a s tím souvisejícími problémy se zásobováním pitnou vodou) bývají označovány klimatické změny, jako jsou změny počasí (včetně sucha či záplav), odlesňování, zvýšené znečištění ovzduší, skleníkové plyny a neefektivní využívání vody. Zvláště v posledních letech dochází k výrazným klimatickým změnám, jejichž příčinou je s největší pravděpodobností zesilování přirozeného skleníkového efektu atmosféry v důsledku lidské činnosti a nadměrného zvyšování emisí skleníkových plynů [12].

Problematika ochrany klimatu je rovněž jednou z prioritních oblastí politiky EU. Předcházení důsledkům změny klimatu je jednou z klíčových priorit Evropské unie. Evropa se usilovně snaží výrazně snížit emise skleníkových plynů a pobízí další státy a regiony, aby učinily totéž. Evropská komise přijala strategii EU pro přizpůsobení se změně klimatu. Mezi opatření v rámci těchto strategií patří například:

- omezení spotřeby vody,
- úpravy stavebních předpisů,
- budování protipovodňových hrází,
- kultivace plodin lépe adaptovaných na období sucha [13].

V ČR byl strategický dokument Strategie přizpůsobení se změnám klimatu v podmínkách ČR schválen v říjnu 2015, aktualizace strategie pro období 2021 – 2030 byla schválena v roce 2021 [12].

Problematika vody a jejího nedostatku je téma, které rezonuje napříč společenským spektrem a kterým je nutné se zabývat zejména v dlouhodobější perspektivě. Problémem není pouze nedostatečné množství vody, ale i její kvalita. První směrnice o jakosti pitné vody v členských státech Evropského společenství byla přijata již v roce 1975. Další směrnicí, která se týká norem pro vodu určenou k lidské spotřebě, je „směrnice o pitné vodě“, jejímž cílem je chránit lidské zdraví před nepříznivými účinky jakéhokoli znečištění vody určené k lidské spotřebě. Byla přijata v roce 1980 a následně revidována v letech 1998 a 2020 [14].

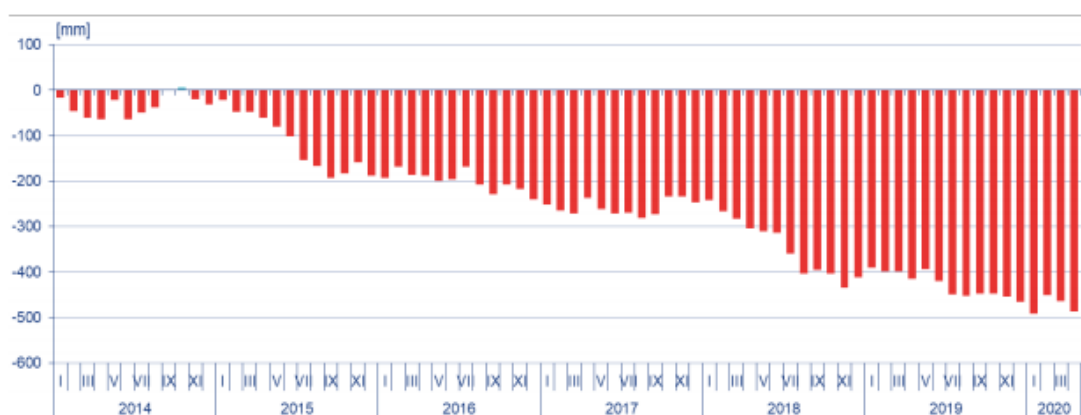
Pitná voda musí být tedy dostupná nejen v potřebném množství, ale i v požadované kvalitě. Pod pojmem kvalita se rozumí nezávadnost vody a její smyslově postižitelné vlastnosti (chuť, vůně), které by měly plně vyhovovat spotřebitelům. Celý systém zásobování vodou se také musí těšit důvěře spotřebitelů. Základem pro její vybudování



je poskytování včasných a dostatečných informací o kvalitě vody a způsobu jejího stálého zabezpečení. Pro dodavatele vody (vodárenské společnosti či jiného dodavatele) to znamená především dostatečné personální zabezpečení činnosti (tedy mít potřebný počet zaměstnanců s odpovídající kvalifikací a vyškolením), technické zabezpečení činnosti v souladu s nejnovějšími vědeckými poznatky a rovněž je nezbytné důkladně analyzovat možná rizika kontaminace na všech stupních systému zásobování a vědět, jakými způsoby tato rizika monitorovat a omezovat [5].

Nejpalčivějším problémem v ČR v oblasti zásobování vodou je v poslední době dlouhotrvající sucho. Klimatickým změnám je v ČR dlouhodobě věnována zvýšená pozornost. V roce 2015 byla vládou ČR schválena a v roce 2021 aktualizována již zmíněná Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (implementačním dokumentem je Národní akční plán adaptace na změnu klimatu) a v roce 2017 pak byla schválena Politika ochrany klimatu v ČR, která obsahuje cíle a opatření na snižování emisí skleníkových plynů [12].

Meziresortní komise Voda-Sucho, ustanovená v roce 2014 ministerstvy životního prostředí a zemědělství, zpracovala Koncepti ochrany před následky sucha pro území ČR. Podle údajů Českého hydrometeorologického ústavu se deficit srážek postupně prohluboval od roku 2015 až do roku 2020, kdy významný deficit srážek vznikl právě v roce 2015, následně byl v dalších dvou letech prohlubován a dalším srážkově velmi deficitním rokem byl rok 2018. Vývoj územního srážkového deficitu na území Česka v období leden 2014 až duben 2020 je uveden na obrázku č. 1 [15].



Obrázek 1: Vývoj územního srážkového deficitu, spočteného z průměrných měsíčních úhrnů srážek na území Česka, v období leden 2014–duben 2020. Zdroj: ČHMI

K problémům s nedostatkem pitné vody dochází především v obcích, které jsou odkázané na málo vydatné zdroje, citlivé na období sucha. Investice do úprav krajiny, budování nových přehrad a rybníků, budování nových vodovodů, lepší péče o půdu – to vše jsou navrhovaná opatření ke zmírnění nedostatku vody [16]. Od 1. července 2023 platí novela zákona o vodách (Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů ve znění pozdějších předpisů, tzv. vodní zákon) [17]. Novela reaguje na aktuální klimatické poměry a nutnost ochránit zdroje vody a vodní toky před znečišťováním (důraz je kladen především na prevenci vzniku havárií) a nadměrným odčerpáváním.

S tématem nedostatku a kvality pitné vody se pojí rovněž problém zajištění plynulosti dodávek vody. Jedná se o téma celospolečenské, které zvláště v poslední době nabývá na významu. O důležitosti tématu svědčí i fakt, že krizová situace narušení dodávek vody velkého rozsahu patří mezi 23 krizových situací, pro které je vypracován typový plán, a jednotlivé složky systému se na tuto krizovou situaci připravují.

## 4 Přehled současného stavu problematiky

V kapitole „Přehled současného stavu problematiky“ budou sumarizovány poznatky o oblasti zkoumání této disertační práce i o oblastech, které s tématem disertační práce úzce souvisí. Pozornost bude věnována jak analýze současného stavu problematiky v ČR, tak ve vybraných zemích světa.

### 4.1 Přehled současného stavu problematiky v ČR

#### 4.1.1 Nouzové zásobování pitnou vodou

Pitná voda je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání [3].

Dodávka pitné vody z vodárenských systémů pro veřejnou potřebu je jednou z hlavních povinností každého státu. Vyřazení nebo omezení funkce vodárenské infrastruktury omezuje nebo zcela paralyzuje činnost veřejné a soukromé infrastruktury.

Co se týká terminologie, rozlišujeme náhradní zásobování pitnou vodou (zde se jedná o náhradní zajištění dodávky pitné vody jiným než běžným způsobem na nezbytně nutnou dobu než budou odstraněny závady) a nouzové zásobování pitnou vodou (dále jen „NZV“). NZV je způsob řešení zásobování pitnou vodou, jehož účelem je zabezpečení nezbytného množství pitné vody požadované kvality v případech, kdy stávající systém zásobování pitnou vodou je zcela nebo částečně nefunkční (omezeno časově na nezbytně nutnou dobu) [18].

Cílem NZV je tedy zabezpečit pitnou vodu pro obyvatelstvo v množství nezbytném pro jeho přežití a po nezbytně nutnou dobu potřebnou pro obnovení funkce běžného zásobování vodou, a to i v případě zavedení regulačních opatření po vyhlášení krizového stavu. Vodovody, vodojemy, kanalizace, čistírny odpadních vod jsou součástí technické infrastruktury krajů a obcí. Podle nařízení vlády 432/2010 Sb. jsou prvkem kritické infrastruktury vodní zdroje, které zásobují nejméně 125 000 obyvatel, dále pak úpravny vody o výkonu nejméně 3000 l/s a vodní díla o objemu zachycené vody nejméně 100 mil.  $m^3$  [19].

Na základě usnesení Bezpečnostní rady státu a ve smyslu zákona č. 2/1969 Sb. (kompetenční zákon) je Ministerstvo zemědělství garantem zpracování „Koncepte zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací“.

Systém nouzového zásobování pitnou vodou tvoří:

- soubor plánovacích, řídicích a organizačních opatření k zabezpečení NZV,
- souhrn věcných, materiálních a technických prostředků a personální zabezpečení vybraných vlastníků a provozovatelů vodovodů,
- souhrn informací o zdrojích pitné vody z podzemních nebo povrchových vod,
- systém zajištění podmínek pro úpravu surové vody na vodu pitnou,
- souhrn zajištění podmínek pro zabezpečení oprav a obnovy vodohospodářských zařízení,
- souhrn věcných prostředků v pohotovostních zásobách SSHR vytvořených pro řešení NZV,
- soubor organizačních opatření pro koordinaci činností při NZV při vzniku MU a za krizových stavů.

Účastníky jsou věcně příslušné orgány veřejné správy, provozovatelé vodovodů, PO a OSVČ, které poskytují odborné služby nebo věcné prostředky k zabezpečení NZV pro území kraje.

Přednostně jsou zásobována dětská, zdravotnická, sociální zařízení, dále pak ozbrojené síly, bezpečnostní složky, složky IZS podílející se na plnění krizových opatření [18].

Při nouzovém zásobování pitnou vodou zajišťují účastníci NZV nezbytné množství pitné vody v požadované jakosti:

- pro první 2 dny 5 litrů na osobu a den,
- pro 3. a každý další den 10 až 15 litrů na osobu a den,

(požadavky na jakost v období NZV mohou být odlišné s povolením příslušného orgánu ochrany veřejného zdraví) [18].

Systém NZV se aktivuje do 5 hodin od narušení zásobování pitnou vodou.

Podle povahy narušení je možné využívat zejména:

- nenarušené vodovodní systémy nebo jejich části,
- studny,
- cisterny k dovážení pitné vody,

- mobilní úpravny vody a jiná technologická zařízení potřebná k dosažení požadované jakosti vody,
- dodávky balené pitné vody.

#### **4.1.2 Legislativní rámec zásobování pitnou vodou v ČR**

Oblast výroby a zásobování pitnou vodou je v ČR kompetenčně rozdělena mezi tři ministerstva, a to ministerstvo životního prostředí (MŽP), ministerstvo zemědělství (MZe) a ministerstvo zdravotnictví (MZ). Ochrana vodních zdrojů je v kompetenci MŽP, což znamená, že veškeré zdroje pitné vody produkující více než 10 000 m<sup>3</sup> za rok musí mít ochranná pásma, aby se chránila jejich vydatnost, kvalita a bezpečnost. Tuto oblast legislativně upravuje vodní zákon a prováděcí vyhlášky [8,17, 20]. V kompetenci MZe je využití vodních zdrojů, výroba pitné vody a její doprava ke spotřebiteli; u vodovodů pro veřejnou potřebu (zásobujících 50 a více obyvatel nebo produkujících 10 m<sup>3</sup> vody za den a více, pokud neurčí vodoprávní úřad jinak) musí být splněny různé povinnosti při čerpání surové vody, úpravě vody a její distribuci. Legislativně tuto oblast upravuje zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a jeho prováděcí vyhláška [21,22]. V kompetenci MZ je zajištění kvality pitné vody u spotřebitele. Základní právní normou pro tuto oblast je zákon o ochraně veřejného zdraví [3], v tomto zákoně jsou uvedeny možné způsoby dodávky pitné vody pro veřejnost, tedy vodovody pro veřejnou potřebu, individuální zdroje pitné vody provozované jako součást podnikatelské činnosti nebo zásobující veřejné objekty, náhradní zásobování pitnou vodou, veřejné studny, voda dodávaná z výdejních automatů nebo z akumulacích nádrží ve vzdušných, vodních a pozemních dopravních prostředcích (v letadlech, na lodích, v jídelních vozech vlaků apod.). Z působnosti tohoto zákona je vyjmuto individuální zásobování domácností z vlastních soukromých studní [8]. V prováděcích vyhláškách jsou potom definovány požadavky na kvalitu pitné vody a rozsah a četnost její kontroly [23] a hygienické požadavky na výrobky pro styk s pitnou vodou [24]. Požadavky na radiologickou kvalitu pitné vody a její kontrolu jsou upraveny atomovým zákonem [25] a jeho prováděcím právním předpisem [26].

Na dodržování vodního zákona a zákona o vodovodech a kanalizacích dohlíží vodoprávní úřady. Dodržování zákona o ochraně veřejného zdraví mají v gesci krajské hygienické stanice. Dozor nad dodržováním atomového zákona má Státní úřad pro jadernou bezpečnost [8].

System nouzového zásobování pitnou vodou je v gesci Ministerstva zemědělství. Po vyhlášení krizového stavu a přerušení dodávek pitné vody je aktivován systém nouzového zásobování vodou, který zajišťují orgány krajů a obcí prostřednictvím Služby nouzového zásobování vodou. Ta musí zahájit své aktivity nejpozději do pěti hodin od vzniku mimořádné události nebo krizové situace, pokud tato událost či situace negativně ovlivňuje zásobování obyvatelstva vodou nebo lze tuto skutečnost předpokládat [18].

Výkonnými subjekty Služby nouzového zásobování vodou jsou právnické a podnikající fyzické osoby smluvně na ni vázané, jimiž jsou zejména vlastníci a provozovatelé vodovodů a provozovatelé technických zařízení na náhradní úpravu surové vody [18]. Patří sem i osoby a subjekty stanovené vodoprávním úřadem podle vodního zákona [17].

Součástí mimořádných událostí či krizových situací bývají často i havarijní situace v oblasti zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Jejich řešení bývá velmi často specifické v závislosti na charakteru primární události. Rychlé a efektivní rozhodování tak bývá výrazně individuální a musí reflektovat znalosti konkrétní situace a místních podmínek [27].

Rychlému a úspěšnému zvládnutí situace mohou významně napomoci přijatá preventivní opatření, jejichž nezbytnou součástí musí být pečlivé vymezení náhradních zdrojů vody v krizových plánech [28]. Havarijní a krizové plánování v těchto souvislostech nabývá na významu. K úspěšnému zvládnutí situace může vést využití záložních, zvláště podzemních zdrojů pitné vody. Aby však mohly být zdroje podzemní vody efektivně využity, musí být zaneseny do krizových plánů a hlavně, což je důležité z aspektu rozhodovacích procesů, klasifikovány na bázi analýzy rizik. Například František Božek, Magdaléna Náplavová a kol. ve své studii posuzovali 43 zdrojů podzemní vody potenciálně využitelných pro nouzové zásobování obyvatelstva v regionu města Vyškov [29]. Z těchto zdrojů bylo 28 vyloučeno, ať již z aspektu zvýšeného rizika vůči přírodním pohromám, dosažitelnosti, dopravní dostupnosti, nedostatku vydatnosti či ekonomickým nákladům na zprovoznění zdroje. 15 zbylých zdrojů podzemní vody bylo hodnoceno z aspektu kvality vody, u nichž bylo sledováno celkově 72 limitních indikátorů. Z těchto 15 zdrojů byly dva vyloučeny z užití, neboť nesplňovaly některý z výše uvedených indikátorů rozšířené analýzy vody. Zbylých 13 zdrojů bylo podrobeno analýze zdravotního rizika v relaci ke kontaminaci vody arsenem, olovem, kadmíem, rtutí, niklem a manganem. Analýza zdravotního nekarcinogenního i genotoxického rizika

prokázala, že všech zbylých 13 vodních zdrojů splňuje vzhledem ke koncentraci těchto cíleně vybraných elementů zdravotní nezávadnost a tyto zdroje mohou být zařazeny do krizových plánů.

Je proto nutné věnovat pozornost hodnocení rizik zdravotních, sociálních, ekologických i ekonomických. Hrozba, že vlivem přírodních či antropogenních zdrojů nebezpečí dojde ke vzniku mimořádné události nebo krizové situace, při které bude nutné zajistit i plynulou dodávku pitné vody v potřebném množství a kvalitě, se permanentně zvyšuje [29].

### **4.1.3 Krizové a havarijní plánování ve vodním hospodářství v ČR**

Vodní díla jsou součástí veřejné infrastruktury. Vodní díla mají vysoký stupeň potenciální zranitelnosti a je nutno je zároveň považovat za součást kritické infrastruktury [19].

Podle zákona o krizovém řízení se jedná o prvek nebo systém prvků, kdy narušení jeho funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu [30].

Havarijní a krizové situace zásobování pitnou vodou bývají zcela osobité a jen zřídka se opakují stejné události, proto je nutné je vždy řešit individuálně na základě znalostí konkrétní místní situace. Proto veškerá preventivně vydaná doporučení v tomto směru je nutno chápat jen jako pomůcku pro rychlejší rozhodování v dané situaci anebo pro přípravu havarijních či krizových plánů [27].

Krizové plánování ve vodním hospodářství je nedílnou součástí příprav na řešení mimořádných událostí, které byly vyhodnoceny v rámci analýzy rizik jako krizové situace, tzn., že se předpokládá vyhlášení krizového stavu. Základem připravenosti je zpracovaný Plán rozvoje vodovodů a kanalizací, kde jedna z kapitol řeší nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou na daném území. V rámci krizové připravenosti zpracovávají orgány státní správy a orgány územních samosprávných celků na úrovni krajů a ORP (jako orgány krizového řízení) krizové plány. Plány krizové připravenosti pak zpracovávají právnické a podnikající fyzické osoby, které jsou uvedeny v krizových plánech s konkrétními úkoly k řešení dané krizové situace, a to na výzvu příslušného orgánu krizového řízení [30,31].

Při zpracování plánovací dokumentace je nutno pracovat systematicky. Před zpracováním krizového plánu nebo plánu krizové připravenosti je vhodné vypracovat analýzu a způsoby řízení rizik ve vodním hospodářství a tím minimalizovat nebezpečí opomenutí vzájemných vazeb výrobně-distribučního a bezpečnostního procesu veřejných vodovodů [31].

#### **Plány, ve kterých je řešeno nouzové zásobování pitnou vodou:**

- Typový plán – Narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu;
- Plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území ČR;
- Plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území kraje;
- Krizové plány krajů;
- Krizový plán hl. m. Prahy;
- Havarijní plány;
- Plány krizové připravenosti vodárenských společností.

#### **Typový plán – narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu**

V typovém plánu pro narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu jsou uvedeny doporučené typové postupy a opatření pro zvládnutí této konkrétní krizové situace. V oblasti narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu zpracovává tuto dokumentaci MZe v součinnosti s Odborem vodovodů a kanalizací MZe ČR. Narušením dodávek pitné vody velkého rozsahu se dle definice HZS rozumí „*lokální krizová situace způsobená zpravidla závažnou technickou poruchou na vodárenské infrastruktuře nebo narušením kvality dodávané pitné vody. Možnými důsledky jsou ohrožení života a zdraví požitím kontaminované pitné vody nebo vody z jiných neověřených zdrojů a nedostatečné hygieny, vznik epidemií nebo hromadných onemocnění, poškození cisteren či jiných výdejních zařízení k výdeji pitné vody při možné panice nebo nepokojích, rabování u prodejců balené pitné vody a další.*“ [32].

Přípravu opatření k řešení následků krizové situace vzniklé narušením dodávek pitné vody velkého rozsahu garantuje v rámci Sekce vodního hospodářství ministerstva Odbor vodovodů a kanalizací. K narušení dodávek pitné vody může dojít na kterémkoli místě ČR. Pokud je příčinou přerušování dodávky pitné vody běžná porucha vodovodní sítě (omezené lokality, menší počet obyvatel), je zásobování obyvatelstva pitnou vodou řešeno příslušným provozovatelem vodovodů a kanalizací formou náhradního zásobování. Pokud však dojde k mimořádné události spojené s kritickým nedostatkem



pitné vody, která bude vyžadovat provádění záchranných a likvidačních prací i ostatními složkami IZS (vyhlášení III. nebo zvláštního stupně poplachu velitelem zásahu nebo situace, která vyžaduje koordinaci ZaLP starostou obce nebo hejtmánem kraje), je možné uplatnit při jejím řešení systém nouzového zásobování pitnou vodou.

V případě přerůstání mimořádné události v krizovou situaci spojenou s narušením dodávek pitné vody velkého rozsahu (po vyhlášení krizového stavu) je výkonnou složkou nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou na území kraje Služba nouzového zásobování vodou (dále „SNZV“). SNZV na území kraje vykonávají především smluvně vázané subjekty provozovatelů VaK, které k realizaci NZV využívají vlastní disponibilní prostředky, v případě nedostatku vlastních prostředků pak i prostředky a zařízení uložené v pohotovostních zásobách u SSHR. Orgány krizového řízení zahrnou do řešení nouzového zásobování pitnou vodou v krizových plánech i zásobování správních úřadů, školských, zdravotnických, sociálních, ubytovacích a obdobných zařízeních, zařízení ozbrojených sil a bezpečnostních sborů ve stálých objektech. NZV provádí Služba nouzového zásobování vodou ve spolupráci s ostatními složkami IZS a dalšími orgány a organizacemi teritoria, v souladu s krizovým plánem kraje (zpracovaným HZS kraje ve spolupráci s příslušným orgánem krizového řízení-krajský úřad, útvar hejtmána apod.) [33].

### **Plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území kraje**

Hlavním cílem PRVKÚK je analyzovat podmínky a stanovit základní koncepci optimálního rozvoje zásobování vodou, včetně vymezení zdrojů povrchových a podzemních vod, uvažovaných pro účely úpravy na pitnou vodu, základní koncepci odkanalizování a čištění odpadních vod v daném územním celku. Tento plán zpracovává a schvaluje (nejdéle na dobu 10 let) krajský úřad. Samostatným dílčím výstupem PRVKÚK je zpracování zprávy k nouzovému zásobování pitnou vodou za krizové situace a dále zpracování možností nouzového zásobování pitnou vodou jednotlivých obcí za krizové situace, jako podklad pro krizový plán kraje [33].

Dílčí výstup v souhrnné části obsahuje:

- rozsah zásobování pouze pro trvale bydlící obyvatele (nevztahuje se na rekreaci a ostatní odběratele - řeší se samostatně),
- vymezení základních pravidel pro nouzové zásobování, tj. nouzové zásobování pitnou vodou (dovoz vody cisternami, balená voda, využití

mobilní úpravní vody), nouzové zásobování užitkovou vodou (zajištění hygienických potřeb obyvatel v pravomoci hygienika s ohledem na stav ohrožení území),

- výpočet potřeby vody pro nouzové zásobování – 15 litrů (osoba/den),
- vyhledání zdrojů vhodných pro nouzové zásobování (možnost ochrany zdrojů, dopravní dostupnost),
- určení využitelnosti zdrojů pro nouzové zásobování (reálně možný odběr vody za den),
- vymezení oblasti zásobované ze zdroje.

Dílčí výstup v popisu obcí obsahuje:

- zásobování pitnou vodou (určení zdroje pro nouzové zásobování, balená voda),
- zásobování užitkovou vodou (vodovod zásobený z ostatních zdrojů, soukromé studny, evakuace) [33].

## **Plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území ČR**

Je souhrnným dokumentem založeným na syntéze informací ze 14 zpracovaných, projednaných a zastupitelstvy jednotlivých krajů schválených PRVKÚK. Jedná se o strategický dokument, který představuje dlouhodobou koncepci rozvoje vodovodů a kanalizací.

Jeho strategickým cílem je zabezpečení bezproblémového zásobování obyvatel a dalších odběratelů nezávadnou a kvalitní pitnou vodou. Obsahuje koncepci řešení zásobování pitnou vodou, vymezuje zdroje podzemních i povrchových vod, které lze využívat k úpravě na vodu pitnou. V textové části popisuje systémy vodovodů a kanalizací v jednotlivých krajích, grafickou část plánu představuje mapa ČR, v informační části jsou pak uvedena základní demografická, ekonomická a technická data [33].

## **Krizové plány krajů**

**Krizový plán** je základním plánovacím dokumentem obsahujícím souhrn krizových opatření a postupů k řešení krizových situací. Jeho účelem je vytvořit podmínky pro zajištění připravenosti na krizové situace a jejich řešení pro orgány krizového řízení a další dotčené subjekty. Krizový plán se skládá ze základní, operativní a pomocné

části. Náležitosti a způsob zpracování krizového plánu je upraven v §15 - §16 nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) [30,31]. K jednotnému postupu zpracování krizových plánů slouží Metodika zpracování krizových plánů, která stanoví obsahové vymezení náležitostí a další podrobnosti související se zpracováním krizového plánu.

Cílem krizového plánování je vytvořit organizační, řídicí a rozhodovací mechanismy pro plnění úkolů krizového řízení, prakticky a metodicky zajistit zamezení či zmírnění následků krizových situací, připravenost disponibilních zdrojů, sil a prostředků a při odezvě na krizovou situaci provést konkrétní soubor opatření vedoucích k jejímu zvládnutí.

Obsahem krizového plánu kraje je charakteristika organizace krizového řízení, výčet a hodnocení možných krizových rizik, přehledy právnických a podnikajících fyzických osob a prvků kritické infrastruktury, krizová opatření, plán nezbytných dodávek, způsob plnění regulačních opatření, přehled spojení, rozpracování typových plánů, mapy s údaji pro krizové řízení a další podklady a zásady doplňující krizový plán.

Zpracovatelem jsou HZS jednotlivých krajů [31, 34].

### **Krizový plán hl. města Prahy**

Zpracovatelem Krizového plánu hl. m. Prahy je Hasičský záchranný sbor hl. m. Prahy. Reálně se však na zpracování plánu podílí celá řada subjektů, jak z veřejné správy, tak ze soukromé sféry. Stejně jako krizové plány krajů se skládá ze základní, operativní a pomocné části.

Krizový plán hl. města Prahy schvaluje primátor/ka hl. m. Prahy po předchozím projednání v Bezpečnostní radě hl. m. Prahy [35].

### **Plány krizové připravenosti vodárenských společností**

Pro vodárenské společnosti je včasná a kvalitní připravenost na potencionální hrozby a rizika rozhodujícím faktorem jejich úspěšného zvládnutí s minimálními následky a v přiměřeném časovém období. Obecně lze říci, že je plán krizové připravenosti plánovacím dokumentem PO a OSVČ, které jsou povinny zajistit plnění opatření vyplývajících z krizového plánu. Slouží k zajištění připravenosti těchto osob na krizové

situace. Jsou zde také obsaženy postupy sloužící k realizaci opatření, které taktéž ukládá krizový plán za krizové situace. Jak vypracovat plán krizové připravenosti a jaké obsahové vymezení a náležitosti má mít, stanovuje Metodika zpracování plánů krizové připravenosti.

Plán krizové připravenosti se člení na tři části: základní, operativní a pomocnou část. [30].

### **Havarijní plány ve vodním hospodářství**

V případech, kdy uživatel závadných látek zachází s těmito látkami ve větším rozsahu nebo kdy zacházení s nimi je spojeno se zvýšeným nebezpečím pro povrchové nebo podzemní vody, má uživatel závadných látek povinnost vypracovat havarijní plán a předložit jej ke schválení příslušnému vodoprávnímu úřadu a dalším úřadům dle jejich kompetencí. V případě, že havárie může ovlivnit vodní tok, projedná uživatel závadných látek havarijní plán před předložením ke schválení s příslušným správcem vodního toku [17].

Závadné látky jsou látky, které nejsou odpadními ani důlními vodami a které mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod (dále jen "závadné látky"). Každý, kdo zachází se závadnými látkami, je povinen učinit přiměřená opatření, aby nevnikly do povrchových nebo podzemních vod a neohrozily jejich prostředí [17]. Mezi zvlášť nebezpečné látky patří podle přílohy zákona o vodách např.:

- organohalogenové sloučeniny a látky, které mohou tvořit takové sloučeniny ve vodním prostředí,
- organofosforové sloučeniny,
- organocínové sloučeniny,
- látky nebo produkty jejich rozkladu, u kterých byly prokázány karcinogenní nebo mutagenní vlastnosti, které mohou ovlivnit produkci steroidů, štítnou žlázu, rozmnožování nebo jiné endokrinní funkce ve vodním prostředí nebo zprostředkovaně přes vodní prostředí,
- rtuť a její sloučeniny,
- kadmium a jeho sloučeniny,
- persistentní minerální oleje a persistentní uhlovodíky ropného původu,
- persistentní syntetické látky, které se mohou vznášet, zůstávat v suspenzi nebo klesnout ke dnu a které mohou zasahovat do jakéhokoliv užívání vod.

Mezi nebezpečné látky potom patří např. [17]:

- sloučeniny metaloidů a kovů (zinek, selen, cín, vanad, měď, arsen, baryum, nikl, antimon, beryllium, thallium, chrom, molybden, bor, tellur, olovo, titan, uran, stříbro),
- biocidy a jejich deriváty neuvedené v seznamu zvlášť nebezpečných látek,
- látky, které mají škodlivý účinek na chuť nebo na vůni produktů pro lidskou spotřebu pocházejících z vodního prostředí, a sloučeniny mající schopnost zvýšit obsah těchto látek ve vodách,
- toxické nebo persistentní organické sloučeniny křemíku a látky, které mohou zvýšit obsah těchto sloučenin ve vodách, vyjma těch, jež jsou biologicky neškodné nebo se rychle přeměňují ve vodě na neškodné látky,
- elementární fosfor a anorganické sloučeniny fosforu,
- nepersistentní minerální oleje a nepersistentní uhlovodíky ropného původu,
- fluoridy,
- látky, které mají nepříznivý účinek na kyslíkovou rovnováhu, zejména amonné soli a dusitany,
- kyanidy,
- sedimentovatelné tuhé látky, které mají nepříznivý účinek na dobrý stav povrchových vod.

Podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách HZS kraje při zpracování havarijního plánu kraje zahrne zabezpečení nouzového zásobování pitnou vodou do plánu nouzového přežití obyvatelstva a při zpracování krizového plánu kraje/ORP zahrne v rámci rozpracování typového plánu pro řešení krizové situace typu „Narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu“. V krizovém plánu se do systému nouzového zásobování pitnou vodou zahrnou územně příslušní vlastníci a provozovatelé vodovodů [36].

### **Hospodářská opatření pro krizové stavy**

V rámci Hospodářských opatření pro krizové stavy [37], zejména při tvorbě Plánu nezbytných dodávek, zpracovává HZS kraje přehled o potencionálních dodavatelích důležitých komodit pro řešení krizových stavů.

System hospodářských opatření pro krizové stavy zahrnuje:

- systém nouzového hospodářství,
- systém hospodářské mobilizace,

- použití státních hmotných rezerv,
- výstavbu a údržbu infrastruktury,
- regulační opatření [37].

Pro podporu systému nouzového zásobování pitnou vodou a jeho řešení při krizové situaci je možné využít věcné prostředky, které jsou uloženy v rámci pohotovostních zásob Správy státních hmotných rezerv (tedy např. mobilní úpravny vody, cisterny, kontejnery na pitnou vodu apod.). Pohotovostní zásoby jsou v podstatě základní materiální prostředky a výrobky, které jsou určeny k zajištění nezbytných dodávek pro podporu obyvatelstva, činnost hasičského záchranného sboru a havarijních služeb po vyhlášení krizového stavu [38].

#### **4.1.4 Shrnutí současného stavu problematiky v ČR**

Z kapitoly 4.1 vyplývá, že řešení problematiky narušení dodávek pitné vody je složitá problematika, kterou je nutné řešit komplexně ve vzájemné spolupráci všech zainteresovaných subjektů (provozovatelů vodárenských systémů, orgánů krajů, obcí, složek IZS a dalších zainteresovaných subjektů).

Doporučené typové postupy a opatření ke zvládnutí krizové situace narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu jsou uvedeny v typovém plánu. Typový plán pak slouží zpracovatelům krizových plánů, kteří ho rozpracovávají v krizových plánech na postupy pro řešení konkrétních druhů krizových situací. Součástí základní části typového plánu je nejen popis a stručná charakteristika krizové situace, ale i výčet možných příčin vzniku, možností predikce dalšího vývoje a možných indikátorů. Je uváděn i popis možných následků krizové situace včetně možných dopadů na životy a zdraví osob, na životní prostředí, dopady ekonomické, společenské apod. V operativní části typového plánu jsou pak uváděny zásady pro řešení krizové situace včetně výčtu věcně příslušných orgánů, které se na řešení krizové situace podílí. Jsou uvedena opatření pro řešení krizové situace. Pro každé opatření k řešení krizové situace se vypracuje karta opatření, která konkretizuje realizaci daného opatření (obsahuje i výčet věcných zdrojů, sil a prostředků).

Základním plánovacím dokumentem, který obsahuje souhrn krizových opatření a postupů, je krizový plán. Krizový plán zahrnuje i výčet a hodnocení možných rizik, krizová opatření, způsob varování a informování obyvatelstva, systém přednostního zásobování pitnou vodou, jehož součástí je i přehled vybraných subjektů pro nouzové zásobování (zdravotnická zařízení, sociální a dětská zařízení, vybrané subjekty plnící

úkoly vyplývající z krizových plánů a další vybrané subjekty), přehledy zainteresovaných osob, plán nezbytných dodávek a další.

Dlouhodobá koncepce rozvoje vodovodů a kanalizací je řešena v Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací území ČR. PRVKÚ je tvořen tzv. systémem „zdola nahoru“, tedy syntézou informací ze 14 Plánů rozvoje vodovodů a kanalizací území jednotlivých krajů ČR.

Vodárenské společnosti, které patří mezi prvky kritické infrastruktury, pak zpracovávají plány krizové připravenosti. Tyto plány zajišťují včasnou a kvalitní připravenost vodárenských společností. Provozovatelé vodárenských společností by měli být na řešení krizových situací velmi dobře připraveni, protože vodárenské společnosti se řadí mezi velice podstatné subjekty kritické infrastruktury, na jejichž provozu je existenčně závislá velká část infrastruktury. Krizové situace velkého rozsahu mohou vést až k případnému selhání celé řady důležitých subjektů závislých na dodávkách tlakové vody z vodovodní sítě. Proto je nezbytné, aby vodárenské společnosti věnovaly vysokou pozornost problematice řízení rizik.

Uživatelé závadných látek (např. chemické provozy, zemědělské podniky a další, kteří zachází se závadnými látkami ve větším rozsahu) mají povinnost vypracovat havarijní plány pro případ úniku závadných látek.

Obecně lze konstatovat, že celá oblast nouzového zásobování pitnou vodou je v ČR velmi kvalitně legislativně ošetřena. Je ale jistě nutné motivovat i provozovatele vodárenských systémů, kteří nepatří mezi prvky kritické infrastruktury, aby věnovali patřičnou pozornost oblasti přípravy na mimořádné události a krizové situace a s tím související oblasti řízení rizik.

## **4.2 Přehled současného stavu problematiky ve vybraných zemích**

V březnu 2015 zdůraznila Světová konference OSN o snižování rizika katastrof (DRR) v Sendai význam a závažnost ochrany kritické infrastruktury, mezi kterou patří i zásobování vodou, které je pro společnost nezbytné. Poškození, zničení nebo narušení vodárenské infrastruktury může mít významný negativní dopad na veřejné zdraví a bezpečnost občanů [39].

V rámci EU není zásobování obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací řešeno komunitárním právem. Řešení je v kompetenci každého členského státu. Otázce nouzového zásobování vodou se věnují státní, privátní i neziskové organizace a sdružení.

Většina států však přenáší poměrně velký díl odpovědnosti za nouzové zásobování vodou z veřejné sféry na samotné občany. Předpokládá se, že každá domácnost si jako součást přípravy na krizové situace pořídí dostatečnou zásobu vody podle počtu obyvatel v domácnosti a domácích zvířat. Někteří autoři doporučují, aby si postižení obyvatelé v průběhu přerušení dodávek pitné vody upravovali surovou vodu v domácnostech sami [40] a poskytují i návody, jak za této situace postupovat [41].

V rámci analýzy současného stavu problematiky bude věnována pozornost sousedním státům ČR a dále vybraným zemím, které mají zkušenosti v této oblasti dané buď tím, že jsou významně zatěžovány suchem (Španělsko) nebo věnují problematice ochrany obyvatelstva mimořádnou pozornost (USA).

#### **4.2.1 Německo**

Úroveň dodávek vody v Německu je považována za velmi vysokou. To se projevuje vysokým stupněm připojení k sítím centrálního potrubí a vysokou důvěrou spotřebitelů ve spolehlivost infrastruktury. Více než 99 % z 82 milionů obyvatel Německa je napojeno na veřejné zásobování pitnou vodou a méně než jedno procento populace se zásobuje vlastními vodovodními systémy. Každý den přibližně 6 000 vodárenských společností zásobuje spotřebitele potrubní sítí o délce 530 000 km. Průměrně každý obyvatel Německa v roce 2020 spotřeboval 134,5 litrů vody za den [42]. Minimální standardy, které by měly být zachovány v případě mimořádných situací, určují množství pitné vody na osobu a den ve výši 15 litrů. Tyto standardy stanoví množství čisté vody nutné pro základní přežití a zahrnují nejen pitnou vodu, ale také vodu na vaření a hygienu. Minimální standardy zásobování vodou ve zdravotnických zařízeních jsou v Německu ještě výrazně vyšší a vyžadují nejméně 75 l vody na pacienta a den v nemocnicích a pečovatelských zařízeních a až 150 l na pacienta a den v zařízeních intenzivní lékařské péče. Specifikaci minimálního množství vody pro nouzové zásobování vodou upravuje „Koncepce civilní obrany“ zveřejněná v roce 2016. Dále by v rámci sebeochrany obyvatelstva měla každá domácnost disponovat dostupnou zásobou vody v doporučeném množství 2 litry nezávadné kvalitní vody na osobu a den, a to alespoň na dobu 5 dnů [43].



Pro účely nouzového zásobování pitnou vodou bylo od roku 1970 vybudováno zhruba 5 200 nouzových studní a pramenů pitné vody. Tyto systémy jsou na síti nezávislé, obvykle se nacházejí v obytných čtvrtích velkých měst a konglomerací (tedy byly vybudovány tak, aby byly dobře dostupné). Pravidelně je kontrolována i provozuschopnost těchto systémů. Obyvatelstvo by si v případě krizové situace odebíralo přes skupinová výdejní místa (kohoutky) do vlastních nádob v doporučeném množství 15 l na osobu a den. Kromě nouzových studní se předpokládá i doprava pitné vody prostřednictvím voznic a autocisteren. Využít lze i dodávky balené pitné vody [44].

V roce 1975 byl v Německu (tehdejší SRN) přijat první zákon o pitné vodě (Trinkwasserordnung). Od počátku jeho platnosti se začala kvalita pitné vody z mikrobiologického a chemického hlediska analyzovat mnohem podrobněji. V důsledku uvedených opatření, tedy stanovením kritérií, limitů a pravidelnými kontrolami, se kvalita pitné vody ve srovnání s minulostí výrazně zlepšila. K novele zákona došlo v roce 2001, dále byl zákon novelizován v letech 2011 a 2013. Těmito změnami byl rozbor pitné vody rozšířen mimo jiné o kritéria radioaktivity, uranu a legionell. Nařízení jsou po přijatých novelách mnohem přísnější pro komerční pronajímatele a provozovatele budov, ve kterých jsou nabízeny služby pro veřejnost, jako činžovní domy, hotely, bytová družstva, školy, ubytovny, kanceláře apod. Tímto zákonem se řídí pravidelné kontroly pitných vod od zdroje (rezervoáry pro pitnou vodu, studny atd.) až ke spotřebitelům. Stanovené limity mikrobiologických a fyzikálně-chemických kritérií nesmí být překročeny [45, 46]. Dále má Německo zpracovanou vlastní národní strategii na ochranu kritické infrastruktury (National Strategy for Critical Infrastructure Protection - CIP Strategy) [47]. Strategie zahrnuje i nouzové zásobování pitnou vodou a analyzuje možná rizika. Kromě rizik vyplývajících z úmyslných - zejména teroristických - činů je třeba brát v úvahu také možné a v mnoha případech obrovské škody způsobené extrémními přírodními událostmi. V Německu může dojít k poškození zařízení infrastruktury, a tím i poskytování služeb, především extrémními povětrnostními událostmi, jako jsou bouřky nebo silné srážky. Velkou hrozbou představuje i globální změna klimatu, která byla vědecky potvrzena a jejíž účinky jsou v Evropě stále více pociťovány. Důraz je kladen na proaktivní preventivní opatření a připravenost. Základními předpoklady pro úspěšnou realizaci stanovené strategie jsou dobře fungující režimy spolupráce a partnerství mezi orgány veřejné správy na různých úrovních, mezi provozovateli infrastruktury, soukromými podniky i spolupráce s akademickou sférou v oblasti výzkumu. Federace,

spolkové země a místní samosprávy jsou povinny společně posílit a zavést ochranu kritické infrastruktury v příslušných oblastech, za které nesou odpovědnost. Pro implementaci ochrany kritické infrastruktury v oblasti nouzového zásobování pitnou vodou jsou k dispozici předpisy Německého sdružení pro zásobování plynem a vodou (DVGW) o řízení rizik v této oblasti. V dokumentu je zdůrazněn i přeshraniční význam ochrany kritické infrastruktury (např. povodně na Labi v roce 2002) a mezinárodní spolupráce. Pro Německo jsou důležitými mezinárodními partnery pro spolupráci zejména bezprostředně sousedící státy, EU a NATO. Hlavní význam je přikládán výměně informací a „osvědčených postupů“ a koordinaci opatření na ochranu přeshraničních kritických infrastruktur [47].

Spolkové ministerstvo vnitra koordinuje opatření CIP na centrální vnitrostátní úrovni. V této oblasti dále působí i federální Úřad pro civilní ochranu a pomoc při katastrofách (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe - BBK).

#### **4.2.2 Rakousko**

I v Rakousku je úroveň dodávek pitné vody považována za velmi vysokou. V Rakousku je zásobování pitnou vodou zajišťováno přibližně 5500 vodárenskými společnostmi, které denně zásobují 7 milionů obyvatel potrubní sítí o celkové délce 78 000 km. 90 % z 8 milionů obyvatel je tak připojeno k veřejné síti pro zásobování pitnou vodou. Každý obyvatel Rakouska spotřebuje v průměru 130 l denně. V Rakousku se pitná voda získává z podzemních a pramenitých vod [48].

Zvýšení jak environmentálních determinantů, tak technologických rizik [49] souvisejících s decentralizovanějším zásobováním, zatěžuje systémy zásobování vodou a může vést ke znečištění nebo nedostupnosti pitné vody. V Rakousku je nouzové zásobování pitnou vodou řešeno na pomezí vodního a potravinového práva jako federální kompetence (problematika NZV spadá pod oddělení civilní ochrany Spolkového ministerstva vnitra), řešení krizových jevů je v kompetenci jednotlivých spolkových zemí a služby obecného zájmu spadají do kompetencí starostů [50]. Žádný z federálních právních předpisů neupravuje jasně nouzové zásobování pitnou vodou. V roce 2017 Rakouská asociace pro plyn a vodu (ÖVGW) aktualizovala normu ÖVGW W 74:2017 [51], která poskytuje podrobná doporučení dodavatelům vody v krizových situacích. Při uplatňování této normy je třeba věnovat pozornost přípravě na řešení krizí. Tato

norma má pomáhat vodohospodářským podnikům k úspěšnému zvládnání krizí a co nejrychlejšímu obnovení běžného provozu.

Navíc je občanům doporučeno udržovat si 10 l pitné vody na každého člena domácnosti jako trvalé zásoby. Minimálním standardem, který by měl být zachován v případě mimořádné situace, je množství pitné vody na osobu a den ve výši 7,5 až 15 litrů. Tento standard určuje množství čisté vody pro základní přežití a zahrnuje nejen pitnou vodu, ale také vodu na vaření a hygienu (pitná voda 2,5 až 3 litry vody, užitková 5 až 12 litrů). Minimální standardy pro zásobování vodou v nemocnicích jsou i zde výrazně vyšší a činí 40–60 l na pacienta na den. V krmných centrech se počítá s 20–30 l pro dobytčí jednotku a den [51].

### **4.2.3 Polsko**

K veřejné síti pro zásobování pitnou vodou je v Polsku připojeno cca 92 % z 38 mil. obyvatel, délka vodovodní sítě činí přes 301 000 km. K zásobování pitnou vodou jsou využívány primárně podzemní vody, jejichž podíl činí zhruba 70 %. Zbýlých 30 % připadá na zdroje povrchové. Každý obyvatel Polska spotřebuje průměrně 100 l vody na osobu a den [52]. Kvalita vodních zdrojů v Polsku je narušena především nadměrnou těžbou a odvodňováním dolů nebo přítokem zbytků hnojiv, splaškových a znečištěných vod a dále případnými úniky paliv a chemikálií [53].

Základním právním předpisem, který upravuje zásady ochrany a zlepšování kvality pitné vody v Polsku, je Vodní zákon z roku 2017. Tento zákon klade důraz na hospodaření s vodními zdroji, zajištění odpovídající kvality a množství vody pro obyvatele, ochranu před povodněmi a suchem, ochranu vodních zdrojů před znečištěním a nevhodným nebo nadměrným využíváním. Rovněž klade důraz na udržování nebo zlepšování stavu vodních a na vodě závislých ekosystémů [53].

Za zásobování pitnou vodou jsou v Polsku odpovědné samosprávy měst a obcí. Vodovodní systémy provozují buď samotné obce, případně jsou provozem pověřeny jiné subjekty (vodárenské společnosti) [52]. Bezpečnost dodávek vody je řešena jako jedna z oblastí kritické infrastruktury. Legislativní předpisy, které se zabývají bezpečností dodávek vody, souvisí s předpisy, které se zabývají kritickou infrastrukturou a se Směrnicí Rady 98/83/ES. Samotné nouzové zásobování pitnou vodou není v žádných legislativních předpisech řešeno [54]. Z dostupných zdrojů vyplývá, že za zajištění nouzového a náhradního zásobování pitnou vodou v případě krizových situací jsou

odpovědné vodárenské společnosti, které by měly mít vypracované krizové plány pro tyto situace. Nouzové zásobování vodou v krizových situacích by probíhalo především prostřednictvím voznic, pojízdných autocisteren a s využitím dodávek balených vod v minimálním množství 7,5 až 15 l/osobu a den [54].

#### 4.2.4 Slovensko

K veřejné síti pro zásobování vodou na Slovensku je napojeno cca 90 % z 5,5 mil. obyvatel, délka vodovodní sítě činí zhruba 31 000 km. Významný podíl v zásobování pitnou vodou mají podzemní vody (jejich podíl činí zhruba 86 %). Průměrná spotřeba vody na obyvatele se pohybuje okolo 100 l na osobu a den [55]. Nouzové zásobování pitnou vodou řeší vyhláška MŽP SR č. 220/2012 Sb., která upravuje zásobování pitnou vodou v krizových situacích. Nouzové zásobování pitnou vodou je v této vyhlášce definováno jako „*provádění organizačních, materiálních a technických opatření a činností k zabezpečení dodávek pitné vody pro obyvatelstvo, ozbrojené síly Slovenské republiky, ozbrojené bezpečnostní sbory a záchranné složky při přerušení její dodávky z veřejného vodovodu.*“ [56]. Tato vyhláška dále upravuje opatření k zabezpečení dodávek pitné a užitkové vody pro subjekty hospodářské mobilizace k zajištění jejich minimálních provozních potřeb. K náhradnímu zásobování se v rámci nouzového zásobování pitnou vodou využívají cisterny, případně jiné prostředky vhodné na přepravu pitné vody a dodávky balené pitné vody. Balená pitná voda se používá zejména pro zajištění nouzového zásobování pitnou vodou pro ústřední orgány státní správy, ozbrojené bezpečnostní sbory a záchranné složky. Pro nouzové zásobování pitnou vodou je možné podle vyhlášky použít i mobilní zařízení na úpravu pitné vody. Subjekt hospodářské mobilizace, který zajišťuje zásobování pitnou vodou, určuje vodní zdroj pro nouzové zásobování pitnou vodou na základě výsledků analýzy zdravotní nezávadnosti pitné vody. Vyhláška určuje i minimální potřebu pitné vody při nouzovém zásobování – 10 l pitné vody na osobu a den. Minimální potřeba pitné vody v mimořádně nepříznivých podmínkách je potom určena na 5 l na osobu a den, a to nejdéle po dobu tří po sobě následujících dní. Pro zdravotnická zařízení je určena minimální potřeba pitné vody 30 l na lůžko a den. V příloze vyhlášky je rovněž uvedena potřeba pitné vody k zajištění chovu hospodářských zvířat v krizových situacích [56].

Organizace a zajištění pitné vody v obci v krizových situacích je v odpovědnosti dané obce. Tato odpovědnost vyplývá ze zákona č. 179/2011 Sb. o hospodářské

mobilizaci v platném znění [57]. Hospodářskou mobilizací se rozumí soubor hospodářských a organizačních činností a opatření vykonávaných po dobu krizové situace. Obec je povinna pro oblast nouzového zásobování pitnou vodou připravit plán nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou v krizových situacích, zpracovat přehled potřeby pitné vody a přehled o zásobnících pitné vody, vést evidenci výdejen pitné vody a evidenci o vydané pitné vodě obyvatelstvu. Vzory dokumentů a podrobný návod postupu pro obce jsou obsaženy v Metodickém pokynu MV SR pro sjednocení postupu obvodních úřadů při koordinaci obcí pro provádění opatření hospodářské mobilizace na úseku nouzového zásobování pitnou vodou [55, 56, 57].

#### **4.2.5 Porovnání stavu problematiky v sousedních zemích a ČR**

V ČR i ve všech sousedních zemích je úroveň zásobování pitnou vodou vzhledem k velkému počtu obyvatel napojených na veřejnou vodovodní síť vysoká. Všech pět zemí (ČR, SR, Polsko, Německo i Rakousko) převzalo do své legislativy Směrnici Rady 98/83/ES, která se zabývá především kvalitou pitné vody. V rámci analýzy řešení nouzového zásobování pitnou vodou v krizových situacích byla v jednotlivých zemích věnována pozornost zejména legislativním předpisům a dalším dokumentům upravujícím tuto problematiku, rovněž byla věnována pozornost možným způsobům řešení a technickým prostředkům k zabezpečení NZV.

Co se týká legislativních předpisů, v ČR vymezuje odpovědnost za organizaci a koordinaci NZV zákon č. 240/2000 Sb. Zákon o krizovém řízení v platném znění. Postupy orgánů krajů a obcí (včetně ORP) sjednocuje Metodický pokyn pro výběr a udržování zdrojů pro nouzové zásobování vodou č.j. 21 881/2002-6000.

Podobně je řešeno i na Slovensku, kde odpovědnost za zajištění NZV upravuje Zákon č. 179/2011 Sb. o hospodářské mobilizaci v platném znění, podrobnosti zásobování pitnou vodou v krizových situacích pak upravuje vyhláška MŽP SR č. 220/2012 Sb. v platném znění. Podrobné postupy pro obce vymezuje Metodický pokyn MV SR pro sjednocení postupu obvodních úřadů při koordinaci obcí pro provádění opatření hospodářské mobilizace na úseku nouzového zásobování pitnou vodou.

V Německu je oblast nouzového zásobování vodou řešena jako součást Národní strategie ochrany kritické infrastruktury. Pro implementaci ochrany kritické infrastruktury v oblasti nouzového zásobování pitnou vodou jsou k dispozici předpisy Německého sdružení pro zásobování plynem a vodou (DVGW) o řízení rizik v této

oblasti. Regulačním rámcem, který upravuje požadavky na kvalitu pitné vody nejen za běžného stavu, ale i za krizových situacích, je vyhláška o jakosti vody pro lidskou spotřebu (TrinkwV), která je v souladu se Směrnicí Rady 98/83/ES. V roce 2016 vypracovalo spolkové ministerstvo vnitra Konceptci civilní obrany, která řeší mimo jiné i problematiku nouzového zásobování pitnou vodou v případě obrany a dalších mimořádných událostí. Dále mají i jednotlivé spolkové země vlastní vodní zákony a zákony na ochranu před mimořádnými událostmi.

V Polsku není nouzové zásobování vodou přímo v legislativních předpisech řešeno.

Také v Rakousku zatím chybí federální předpis, který by jasně upravoval nouzové zásobování pitnou vodou. Kompetence k řešení krizových situací a mimořádných událostí mají jednotlivé spolkové země. Pouze v případě rozsáhlejších krizových situací se tato kompetence přesouvá na federální úroveň (je zřízeno oddělení civilní ochrany Spolkového ministerstva vnitra). V roce 2017 Rakouská asociace pro plyn a vodu (ÖVGW) aktualizovala normu ÖVGW W 74:2017, která poskytuje podrobná doporučení dodavatelům vody v krizových situacích.

V tabulce č. 1 je uveden přehled legislativních předpisů a dalších dokumentů upravujících nouzové zásobování pitnou vodou.

*Tabulka 1: Přehled legislativních předpisů v oblasti NZV. Zdroj: vlastní*

Stát	Legislativní předpisy	Další dokumenty
ČR	Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení	Metodické pokyny
Slovensko	Zákon č. 179/2011 Sb. o hospodářské mobilizaci  Vyhláška č. 220/2012 o zásobování vodou	Metodické pokyny
Německo	Národní strategie ochrany kritické infrastruktury  Zákon o zajišťování služeb v oblasti vodního	Koncepce civilní obrany
Polsko	x	x
Rakousko	x	Norma ÖVGW W 74

Stanovení minimálního množství vody pro nouzové zásobování se v jednotlivých zemích liší, jak je patrné z tabulky č. 2.

Tabulka 2: Minimální potřeba vody během NZV. Zdroj: vlastní

Stát	Obyvatelstvo (osoba/den)	Nemocnice (lůžko/den)	Krmná centra (dobyččí jednotka/den)
ČR	První 2 dny 5 l Třetí a další den 10 až 15 l	Není stanoveno	Není stanoveno
Slovensko	10 l Při mimořádně nepříznivých podmínkách 5 l (max. 3 po sobě jdoucí dny)	30 l	Množství závisí na druhu, hmotnosti a stáří hospodářských zvířat
Německo	15 l	Zařízení intenzivní lékařské péče 150 l Nemocnice a pečovatelská zařízení: 75 l	40 l
Polsko	7,5 až 15 l	Není stanoveno	Není stanoveno
Rakousko	7,5 až 15 l	40 až 60 l	20 až 30 l

Co se týká organizačních a technických opatření, ve všech srovnávaných státech je nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou především odpovědností provozovatelů vodárenských společností, případně obcí. Ve všech sledovaných státech se předpokládá k zajištění dodávek pitné vody využívat především nenarušené vodovodní systémy (pokud je to možné), dodávky vody pomocí voznic a autocisteren, úpravy vody pomocí mobilních úpraven vody a rovněž dodávky balených vod. Německo má pro případ nouzového zásobování vodou vybudováno značné množství studní, Česká republika a Slovensko mají ve svých plánech uvedené zdroje pro nouzové zásobování vodou. V tabulce č. 3 je uveden přehled uvažovaných zdrojů k zajištění nouzového zásobování pitnou vodou ve srovnávaných státech. Jaké konkrétní prostředky budou k nouzovému zásobování vodou využity, závisí vždy na konkrétní krizové situaci, která naruší dodávky pitné vody, a na jejím rozsahu.

Tabulka 3: Zdroje a prostředky pro NZV. Zdroj: vlastní

Stát	Nenarušené vodovodní systémy	Vybudované nouzové studny	Vytipované zdroje pro NZV	Voznice, autocisterny	Mobilní úpravný vody	Balená pitná voda	Mobilní potrubí
ČR	✓		✓	✓	✓	✓	
SR	✓		✓	✓	✓	✓	
Německo	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Polsko	✓			✓	✓	✓	
Rakousko	✓			✓	✓	✓	

#### 4.2.6 Španělsko

Ve španělsku je zhruba 98 % obyvatel napojeno na veřejnou síť pro zásobování vodou. Průměrná domácí spotřeba vody na obyvatele se pohybuje okolo 132 litrů na osobu a den [58]. Většina pitné vody pochází z povrchových zdrojů (cca 75 %), podíl podzemních zdrojů činí zhruba 20 % a 5 % pitné vody se získává odsolováním mořské vody. Španělsko se v oblasti vodního hospodářství potýká především s nedostatkem vody. Podle OECD patří Španělsko mezi země, u kterých se očekává daleko vyšší dopad změny klimatu než v jiných evropských zemích. Španělsko patří mezi země Evropy, které jsou suchem významně zatěžovány. Podle vyjádření OECD se očekává snížení vodních zdrojů o 28–40 % do roku 2050 [59]. Zejména v roce 2008 postihla Španělsko významná vodní krize vlivem extrémního sucha, k nejpostiženějším regionům patřilo Katalánsko. Nedostatek vody byl natolik kritický, že bylo nutné řešit nouzové zásobování obyvatelstva Barcelony pitnou vodou, která byla přivážena tankery z blízké Tarragony i francouzské Marseille [60]. Podle vodohospodářských odborníků bylo významným úkolem pro odvrácení příštích krizí zlepšení městské infrastruktury v Barceloně. Další důležitou taktikou bylo i zapojení občanů a podpora ochrany vodních zdrojů. Začátkem roku 2018 město zavedlo „Protokol o suchu“ [61], který má účinněji bojovat proti nedostatku vody. Zahrnuje čtyři úrovně sucha – předběžná výstraha, výstraha, výjimečnost a nouzová situace – a podrobně popisuje „opatření na úsporu vody“, která jsou doporučena v každém scénáři. Cílem je zachovat základní úroveň vodohospodářství



i v těžkém období sucha. Protokol stanoví následující akce úspory vody v každém z možných scénářů:

- zelené prostory a zahrady,
- okrasné fontány,
- čištění ulic,
- bazény a sportovní zařízení,
- čištění vozidel [61].

Španělsko má vlastní vodní zákon, poslední aktualizované znění zákona je z roku 2018. Nejvyšším orgánem je Národní rada pro vodu, která spadá pod ministerstvo životního prostředí. Důležitou roli zde hraje hydrologické plánování, jehož obecným cílem je dosažení dobrého stavu a přiměřené ochrany vod a vodárenské infrastruktury, uspokojení požadavků a potřeb obyvatel, zvýšení dostupnosti zdrojů, ochrana jejich kvality a úsporné a racionální využívání vodních zdrojů. Hydrologické plány povodí schvaluje vláda [62]. V červnu 2021 zveřejnila vláda pětiletý hydrologický plán pro období 2022–2027, jehož cílem je stanovit priority ve využívání vody, nastavit opatření ke zvládnutí sucha i velkých povodní a zajistit ochranu vodních zdrojů i jejich ekosystému [63]. Ve Španělsku je vysoká pozornost věnována rovněž šetrnému zacházení s vodou, jsou vydávána doporučení pro obyvatele, jakými způsoby je možné s vodou šetřit.

Autoři studie „Lessons from Intensive Groundwater Use In Spain: Economic and Social Benefits and Conflicts“ M. Ramón Llamas (Complutense University of Madrid) a Alberto Garrido (Technical University of Madrid) [64] ve své studii shrnují pozitivní i negativní aspekty intenzivního využívání zdrojů podzemních vod ve Španělsku. Podzemní voda je ve Španělsku klíčovým zdrojem pitné vody zejména ve venkovských oblastech a na ostrovech (Kanárské ostrovy, Baleárské ostrovy). Pro veřejné zásobování velkých měst se naopak podzemní zdroje téměř nevyužívají. Podzemní zdroje vody jsou dále využívány v zemědělství pro zavlažování. Využívání zdrojů podzemních vod je mnohem levnější než odsolování mořské vody. Otázkou je samozřejmě udržitelnost zdrojů podzemních vod zejména v suchých obdobích.

#### **4.2.7 Spojené státy americké**

V USA je zhruba 90 % obyvatel napojeno na veřejnou vodovodní síť. Zhruba 74 % zdrojů tvoří povrchové vody, voda z podzemních zdrojů činí zbývajících cca 26 % [65].

V USA je po teroristických útocích z 11. září 2001 věnována ochraně obyvatelstva mimořádná pozornost. Hned v roce 2001 podepsal prezident Bush nařízení č. 13231, věnované ochraně kritické infrastruktury, na jehož základě vznikl Prezidentský štáb pro ochranu kritické infrastruktury (The President's Critical Infrastructure Protection Board). V roce 2002 byl přijat zákon o bioterorismu (Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002), který řeší mimo jiné i alternativní dodávky pitné vody v případě zničení, poškození nebo kontaminace veřejných vodovodních systémů. Kromě toho poskytuje i podrobnější informace pro potřeby plánování nouzového zásobování vodou především v metropolích. Tento dokument se vztahuje na všechny případy, kde je zapotřebí nouzové zásobování pitnou vodou, a to i v důsledku přírodních katastrof a jiných mimořádných událostí. Již v roce 1974 byl přijat Zákon o bezpečné pitné vodě (SDWA Safe Drinking Water Act) za účelem ochrany kvality pitné vody. Jednotlivé federální státy pak mají primární zodpovědnost za provozování veřejných vodovodních systémů a měly by přijmout a implementovat patřičná opatření pro zabezpečení dodávek pitné vody v případě mimořádných událostí jako jsou zemětřesení, hurikány apod. V případě katastrof velkého rozsahu se mohou státy obracet s žádostí o pomoc na federální úřady (tzv. Staffordův zákon) [41, 66]. Navíc poskytovatelé pitné vody musí mít připravené a revidované plány pro reakce na mimořádné situace. Účinnost této reakce pak závisí především na připravenosti. Plán pro nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou (EDWP Emergency drinking water plan) by měl posoudit zranitelnost a potenciální rozsah výpadků zásobování s ohledem na jednotlivé mimořádné události, jejich pravděpodobnost a důsledky, vzít v úvahu počet potenciálně postižených osob a stanovit cílové úrovně služeb po události (množství a kvalita pitné vody během prvních 3, 10, 21 dnů po události). Doporučuje se začít s 3 galony na osobu a den na úrovni přijatelné pro lidskou spotřebu, dále pak analyzovat a zajistit alternativní zdroje pitné vody a nastavit procesy komunikace jednotlivých složek [41]. EDWP řeší výpadky delší než 3 dny, v případě kratších výpadků se očekává, že si občané zajistí vlastní zásoby. I Agentura na ochranu životního prostředí (US EPA) uvádí na svých webových stránkách podrobné návody, jak se má obyvatelstvo zachovat v době krize, pokud nemá k dispozici dostatek balené vody, případně pokud není možno vodu dezinfikovat varem.

Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí vybízí občany, aby si vytvořili nouzový zdroj zásobování pitnou vodou, doporučuje uchovávat alespoň 1 litr vody na každého člena domácnosti a domácího mazlíčka a vytvářet si alespoň tří denní zásobu vody.

U vody zakoupené v obchodě dodržovat datum expirace. Dále doporučuje občanům uchovávat lahvičku necentrovaného kapalného domácího chlóru pro domácnost (na etiketě by mělo být uvedeno, že obsahuje mezi 5 % až 8,25 % chlornanu sodného), aby se voda v případě potřeby dezinfikovala a použila k obecnému čištění a dezinfekci. Dále přikládá řadu odkazů s návody na čištění kontaminované vody a nalezení dalších zdrojů vody v případě nouze [41].

#### **4.2.8 Shrnutí současného stavu problematiky ve vybraných zemích**

Obecně lze konstatovat, že Španělsko i USA přenáší velký díl odpovědnosti za nouzové zásobování vodou z veřejné sféry na samotné občany a obě země doporučují občanům udržovat pro případ mimořádných událostí dostatečnou zásobu vody, odvíjející se od počtu členů domácnosti a počtu domácích zvířat. Za tímto účelem vytváří pro své občany doporučení a návody, jak při vytváření zásob pitné vody postupovat. V zemích střední Evropy, které byly předmětem této rešerše, zajišťuje tuto oblast ve vyšší míře stát. Ale i v Německu je doporučeno občanům, aby si vytvářeli zásoby vody v doporučeném množství 2 litrů kvalitní nezávadné vody na osobu a den. Zásoby by měly být vytvořené na dobu min. 5 dní. V Rakousku je doporučeno občanům vytvářet si zásoby ve výši 10 l pitné vody na každého člena domácnosti. V ČR zatím takovéto doporučení směrem k obyvatelstvu chybí. Proto bude součástí této disertační práce i vytvoření návrhu podkladu pro přípravu domácností na nouzové zabezpečení domácnosti pitnou vodou.

Plány pro nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou má ze zemí, které byly podrobené rešerši, pouze ČR, Slovensko, Německo a USA. V Rakousku, Polsku ani Španělsku není nouzové zásobování vodou v legislativních předpisech přímo řešeno. Lze tedy konstatovat, že legislativně je oblast nouzového zásobování vodou v ČR v porovnání s vybranými zeměmi řešena velmi podrobně a této problematice je věnována dostatečná pozornost.

## 5 Teoretická východiska práce

Teoretická východiska práce jsou rozdělena do tří podkapitol, které jsou nezbytné k pochopení zkoumaného problému jako celku. V první podkapitole je pozornost věnována vodním zdrojům povrchovým i podzemním. Na ni navazuje další část, která představuje současné vodárenské systémy v ČR a jejich hlavní složky. V poslední podkapitole jsou uvedeny kritické body znečištění.

### 5.1 Vodní zdroje

Zdrojem pitné vody mohou být jak povrchové, tak podzemní zdroje. Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, pokud protékají přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních [17]. Povrchové zdroje vody tvoří podle Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR zhruba 53 % vodních zásob využívaných v současnosti v ČR pro zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství. V tom se situace u nás liší od některých sousedních států, kde je převážná část obyvatelstva zásobována vodou z podzemních zdrojů. Z podzemních zdrojů jsou zásobováni uživatelé zejména ve Francii (56,4 %), Německu (72 %), Itálii (80,3 %) a nejvíce v Dánsku (téměř 100 %). Jsou však i evropské země, v nichž je naopak podíl povrchové vody na zásobování ještě vyšší než u nás. Úprava povrchové vody na pitnou vodu je ale celkově dražší a náročnější [67].

Podzemními vodami jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují rovněž vody protékající podzemními drenážními systémy a vody ve studních. Podzemní zdroje pitné vody bývají pro přípravu pitné vody vhodnější než zdroje povrchové. Kvůli zvyšujícím se teplotám v Česku za posledních deset let by mohlo dojít k poklesu hladiny a množství podzemních vod. Účelem zákona o vodách je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení kvality povrchových a podzemních vod, vytvářet podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl [17].

Jednou ze základních činností v oblasti zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod je sestavení vodní bilance je podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách

(vodní zákon). Vodní bilance sestává z hydrologické bilance a vodohospodářské bilance. Hydrologická bilance porovnává přírůstky (srážky a přítoky) a úbytky vody (územní výpar a odtok vody) s vyhodnocením změn vodních zásob v území za daný časový interval. Hydrologickou bilanci sestavuje v souladu s vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb. a na základě pověření Ministerstva životního prostředí Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Hydrologická bilance se skládá z bilance množství vody a bilance kvality vody. Podrobně je zpracována v samostatné zprávě „Hydrologická bilance množství a jakosti vody České republiky“. Vodohospodářská bilance slouží ke zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod, zajišťování podkladů pro výkon veřejné správy podle vodního zákona, plánování v oblasti vod a poskytování informací veřejnosti. Obsahem vodohospodářské bilance je porovnání požadavků na odběry povrchové a podzemní vody, odběry přírodních léčivých a přírodních minerálních vod a vypouštění odpadních a důlních vod v jejich povolených, skutečných a výhledových hodnotách s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hlediska množství a kvality vody. Vodohospodářská bilance hodnotí dopady lidské činnosti na povrchové a podzemní vody v uvažovaném místě a čase. Sestavení vodohospodářské bilance oblasti povodí zajišťují příslušní správci povodí [69].

## 5.2 Vodárenské systémy v ČR

Poskytování bezpečné pitné vody je jednou z hlavních povinností vlád všech států, které tuto odpovědnost řeší a sdílí prostřednictvím různých úrovní veřejné správy a také s veřejnými nebo soukromými vodárenskými společnostmi. Současné vodárenské systémy už dávno nejsou pouhým zdrojem pitné vody pro různé typy spotřebitelů, ale jsou i nezbytnou podmínkou fungování technologie veřejné a soukromé infrastruktury měst a obcí [69]. Provedené recenze poukázaly na významnou zranitelnost všech složek infrastruktury obecně, mezi nimiž jsou systémy zásobování vodou považovány za nejdůležitější, protože jsou nezbytné pro lidský život [70].

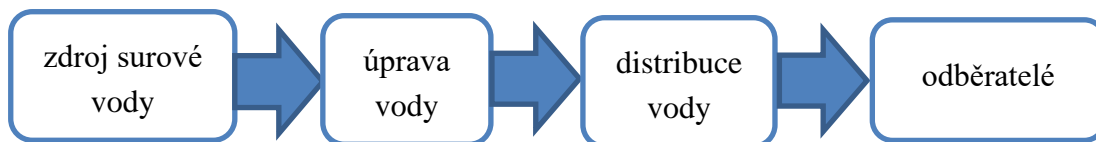
Vodárenské soustavy, které tvoří v dnešní době převážně skupinové a oblastní vodovody, mají strategický význam pro zajištění dostatku pitné vody zejména středních a velkých měst v ČR. Dodávají vodu do desítek spotřebišť a vzhledem k současným změnám klimatu bude nutné jejich rozsah rozšířit i do krajů, které jsou ohrožené nedostatkem vody ze současných místních zdrojů pitné vody [69]. Vodovody pro veřejnou potřebu pokrývají téměř z cca 98 % spotřebu pitné vody pro obyvatele ČR.

Hlavní složky každého vodárenského systému zahrnují zdroje surové vody (obvykle vodní nádrže nebo podzemní vody), úpravu vody (zahrnující různé procesy čištění) a distribuční síť vody dodávající pitnou vodu spotřebitelům. Provozovatelé systémů musí věnovat důkladnou pozornost celé řadě nebezpečí a hrozeb, které výrobu a dodávku vody ohrožují. Každý odpovědný provozovatel by měl proto věnovat pozornost analýze a řízení rizik a měl by mít vypracován i integrální riskmanagement celého výrobně-technického zařízení, který bude zahrnovat 3 základní oblasti činnosti – preventivní opatření, postupy řešení krizových jevů a regeneraci zasažených objektů [71]. Při posuzování zranitelnosti systému se jeví jako naléhavá potřeba vyvinout plány reakce na možné mimořádné situace, které zahrnují postupy, způsoby a prostředky pro alternativní zásobování vodou v okamžiku přerušení provozu systému a sanace a obnovy systému po útoku [70].

### 5.3 Kritické body znečištění

Pitná voda je velice náchylná ke znečištění. Právě znečištění vody je jedním z největších globálních problémů současného světa [72]. Důvodem je jak vlastní charakter vody, tak i činnost člověka. Voda je vynikající rozpouštědlo, a tedy s čímkoli přijde do styku, to většinou rozpouští a do sebe přijímá. Tuto vlastnost vody oceníme při mytí nebo praní, ale v případě pitné vody to může představovat problém. Koloběh vody na Zemi nemá žádné hranice, pitná voda může být znečištěna v jakémkoli článku řetězce od zdroje až po vodovodní kohoutek, tedy v průběhu celé své cesty „z přírody“ ke spotřebiteli [8]. Systém zásobování vodou zachycuje schéma č. 1.

*Schéma 1:* Systém zásobování vodou (zdroj: vlastní):



Hlavním účelem rozvodné vodovodní sítě je přivést pitnou vodu od zdrojů vody, přiváděcích řadů a akumulací vody k vodovodním přípojkám jednotlivých spotřebitelů. U vodovodů pro veřejnou potřebu právě distribuční systémy pitných vod tvoří prostorově, délkou i počtem objektů, nejvýraznější vodní díla (jejich délka může činit stovky až tisíce km). Vlivem své rozsáhlosti i množstvím vodovodních přípojek jsou zde vysoká rizika zhoršení kvality vody. Podle způsobu dopravy od vodního zdroje do spotřebiště dělíme

vodovody do tří skupin: vodovody samospádové (gravitační), vodovody výtlačné, vodovody kombinované. Přiváděcí řady jsou vodní díla, jejichž hlavním účelem je přivést pitnou a požární vodu od úpravny vody nebo prameniště do jejího spotřebiště. Pro stavbu přiváděcích řadů je nutno velmi pečlivě volit použití trubního materiálu. Nevhodně použitý materiál bývá často příčinou havárií a poruch, snížení kvality pitné vody a plynulosti dodávky vody do spotřebiště. Z materiálů se používá především ocel, litina nebo plast [73].

### 5.3.1 Znečištění zdroje

Znečištěním zdroje v tomto případě rozumíme obohacení vody o látky, které jsou pro zdraví člověka nebezpečné, přičemž se nemusí jednat vždy pouze o znečištění způsobené člověkem, ale rovněž o přírodní výskyt některých látek, které se do vody dostávají z geologického podloží. Druhy znečištění u podzemní a povrchové vody bývají poněkud odlišné. Nejrozšířenějším problémem u podzemních vod je antropogenní kontaminace dusičnany ze zemědělství, u studní v obcích to může být kontaminace z nesprávně odváděných domovních odpadních vod a nesprávně uložených odpadů z chovu hospodářských zvířat (bakteriální a organické znečištění a opět dusičnany) [8]. ČHMÚ ve své „Zprávě o stavu vodního hospodářství v ČR v roce 2017“ uvádí, že v tomto roce bylo ve státní monitorovací síti jakosti podzemních vod pozorováno 696 objektů, z toho 201 pramenů, 226 mělkých vrtů a 269 hlubokých vrtů. Sledováno bylo celkem 276 jakostních ukazatelů. U všech objektů byly sledovány ukazatele ze tří hlavních skupin (základní ukazatele, kovy a polární pesticidy). Jako nejvýraznější ukazatele znečištění podzemních vod porovnáním s referenčními hodnotami se jeví pesticidy (metabolity herbicidů používaných zejména pro ošetření plodin jako je řepka, kukuřice a řepa), anorganické látky (amonné ionty a dusičnany), kovy (baryum, mangan, kobalt, arsen a nikl) a polycyklické aromatické uhlovodíky [74]. V roce 2009 byla přijata člena Evropské unie Směrnice 2009/128/ES stanovující rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů, v souladu s požadavkem této směrnice byl v roce 2012 vypracován Národní akční plán ke snížení používání pesticidů v ČR (NAP SPP), jehož úkolem je omezení rizik vycházejících z používání přípravků na ochranu rostlin, a to v oblastech ochrany zdraví lidí, ochrany vod a ochrany životního prostředí a optimalizace využívání přípravků bez omezení rozsahu zemědělské produkce a kvality rostlinných produktů [75]. Situace s pesticidy je natolik kritická, že na problém

upozorňuje i vládou schválená Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky [16]. Vzhledem k faktu, že zdrojem pesticidů je především zemědělská činnost, reaguje na tento fakt novela zákona 326/2004 Sb. o rostlinářské péči, která nabyla účinnosti dnem 1. 12. 2017, která obsahuje přísnější pravidla pro aplikace pesticidů [76]. Problémem ale je, že výsledky tohoto opatření se projeví až po mnoha letech. ČHMÚ se rovněž podílí na výzkumu *Managing Aquatic ecosystems and water Resources under multiple Stress (MARS)* v rámci projektu Evropské komise (FP-7), zabývající se problematikou významných stresorů podzemních vod a jejich indikátorů [77]. V některých oblastech se rovněž setkáváme obecně s vyšším obsahem všech rozpuštěných látek, takže se voda spíše než pitné podobá vodě minerální a není vhodná pro trvalou konzumaci [8].

Kvalita povrchových vod se v ČR v posledních 25 letech významně zlepšila [74], takže u zdrojů povrchových vod již jen velmi zřídka řešíme problémy s kyanidy, fenoly a podobnými průmyslovými odpadními látkami [8]. Monitoring kvality vody v tocích zajišťují správci povodí (státní podniky Povodí) podle vlastních programů. ČHMÚ ukládá data z jejich monitoringu do jednotné databáze systému ARROW [77]. Riziko průmyslových havárií nelze podceňovat, největším problémem u povrchových vod ale zůstává plošné znečištění ze zemědělství a v menší míře také z lesnictví (dusičnany, pesticidy) a dále znečištění z nedostatečně čištěných komunálních odpadních vod, kde se vedle fosforu (riziko eutrofizace vod a sezónního přemnožení toxických sinic) mohou vyskytovat i zbytky léků, antikoncepčních přípravků a široké spektrum chemikálií (např. pracích a čisticích prostředků), které člověk používá v běžném životě. Odpadní vody ze živočišné výroby, splachy z pastvin, komunální odpadní vody, ale také netěsnící žumpy a septiky jsou příčinou kontaminace zdrojů vody patogenními bakteriemi, viry a prvoky [8].

Zařazení jednotlivých sledovaných profilů do tříd čistoty podle novelizované ČSN 75 7221 Kvalita vod - Klasifikace kvality povrchových vod vydané 11/2017 je následující [78]:

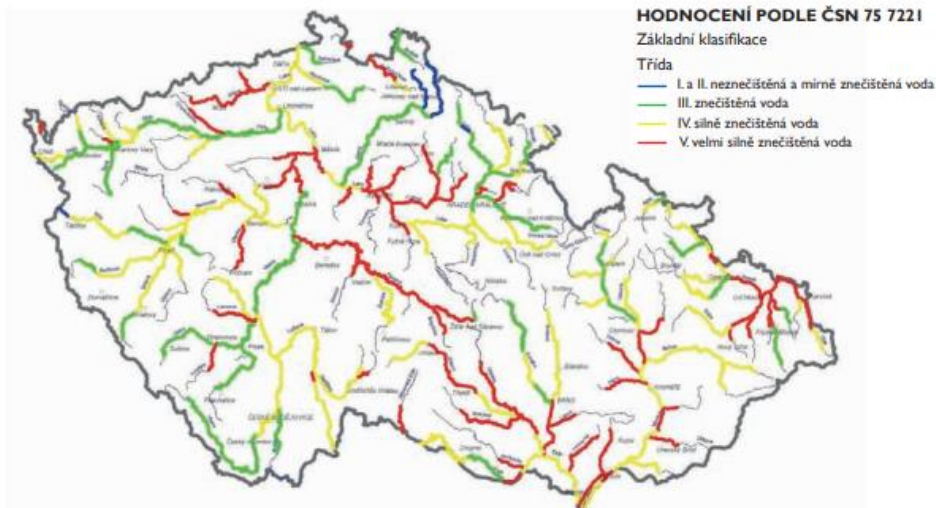
- I. třída neznečištěná voda – stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností a při kterém ukazatele kvality vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v toku,



- II. třída mírně znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému,
- III. třída znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému,
- IV. třída silně znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které nevytváří podmínky umožňující existenci původního přirozeného ekosystému,
- V. třída velmi silně znečištěná voda – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které neumožňují existenci původního přirozeného ekosystému.

Rozdíl ve znečištění vodních toků je například jasně patrný z obrázků č. 2 (zachycuje kvalitu vody v tocích v ČR v letech 1991 – 1992) a č. 3 (zachycuje období 2016 - 2017).

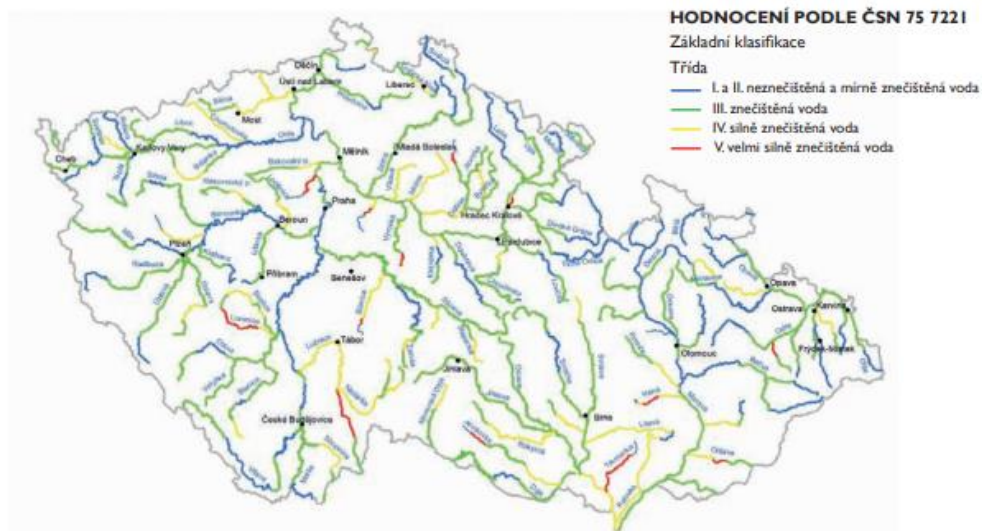
### Jakost vody v tocích České republiky 1991–1992



Pramen: VÚVTGM, z podkladů ČHMÚ

Obrázek 2: Kvalita vody v tocích ČR 1991 – 1992 zdroj: Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2017

### Jakost vody v tocích České republiky 2016–2017



Pramen: VÚVTGM, z podkladů s. p. Povodí a ČHMÚ

Obrázek 3: Kvalita vody v tocích ČR 2016 – 2017 zdroj: Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2017

V řadě vodárenských nádrží dochází k eutrofizaci vody (tj. k procesu způsobenému zvýšeným obsahem minerálních živin, především sloučenin fosforu – též i sloučenin dusíku). V roce 2017 byla dle zprávy ČHMÚ nejvíce postižena nádrž Vrchlice, v menší míře i vodní nádrž Seč. Intenzivnější rozvoj fytoplanktonu byl zaznamenán na nádrži Křižanovice. Na vodárenských nádržích Josefův Důl a Souš byly zjištěny vysoké počty pikosiníc rodu *Merismopedia* [74].

Je nutné i nadále věnovat maximální pozornost rizikovým činnostem v ochranných pásmech vodních zdrojů a dodržovat stanovený režim využití (čerpání) podzemních zdrojů. Pokud se jedná o povrchový zdroj, který je snadno zranitelný z hlediska havarijního znečištění, nebo pokud se jedná o zdroj zásobující velký počet obyvatel, je nutné zavést systém monitoringu kvality vody a systém včasného varování. Stejně tak je nutné dbát na údržbu jímacích objektů, zabezpečení ochranného pásma I. stupně a značení všech ochranných pásem [8].

### **5.3.2 Znečištění při úpravě vody**

Nežádoucí látky se mohou do vody dostat i v místě, kde se surová voda upravuje na pitnou. Jedná se jak o samotné chemikálie používané k úpravě vody, tak o tzv. vedlejší produkty dezinfekce. Tyto produkty vznikají reakcí silného oxidačního činidla s anorganickými či organickými látkami v surové vodě nebo rozpadem dezinfekčního činidla (například oxid chloričitý se rozkládá na nežádoucí chloritany a chlorečnany). Pokud se nejedná o havárii, kdy selháním obsluhy nebo čerpadla bylo přidáno větší množství chemikálie, pak do upravené vody obvykle pronikají jen stopy těchto látek a jejich součástí – například akrylamid obsažený ve stopových množstvích v koagulantech na bázi polyakrylamidu nebo hliník z použitého koagulantu, který nebyl dokonale vyvločkován a odfiltrován [8].

Nedílnou součástí procesu úpravy pitné vody je tedy rozbor vody. Na základě naměřených hodnot z rozboru vody jsou přijímána rozhodnutí, jakým způsobem má být voda upravena.

### **5.3.3 Znečištění při distribuci vody**

Pokud je vodovodní a kanalizační síť ve špatném stavu a voda není dodávána po celých 24 hodin denně (např. v některých rozvojových zemích), hrozí, že při poklesu tlaku v porušeném potrubí může dojít k nasátí znečištěné podzemní vody nebo vody odpadní – výsledkem je potom mikrobiální kontaminace a možný výskyt onemocnění zažívacího traktu. Ve vyspělých zemích se častěji jedná o znečištění vody nevhodnými materiály, ze kterých může být v některých případech vyrobeno potrubí či jiné komponenty vodovodu. Vlivem koroze ocelového potrubí může docházet k zaželezňování vody, které však spotřebitel na první pohled odhalí díky zákalu a oranžovému zbarvení. Ze starších typů PVC potrubí nebo PVC folií se do vody může

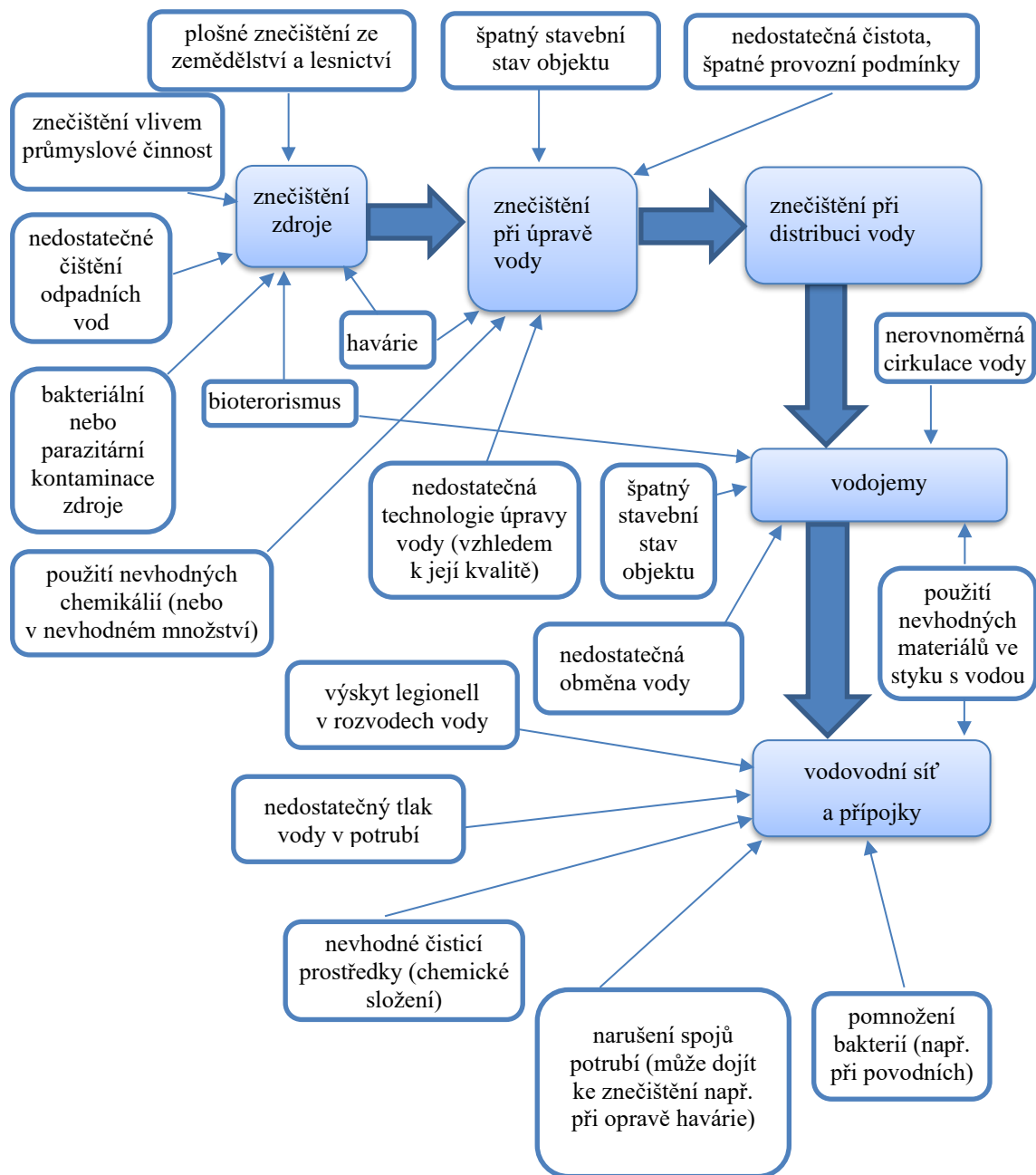
dostávat vinylchlorid a olovo. Olovo se však může do vody dostávat i z jiných příčin – např. ze starých olovených přípojek a domovních rozvodů, a hlavně ze slitin typu mosazi nebo červeného bronzu, ze kterých se dosud běžně vyrábějí různé regulační ventily a armatury, ale též vodovodní baterie. Z těchto materiálů a výrobků se do vody může uvolňovat také nikl. V potrubí, které bylo nově vycementováno, se může objevovat vyšší koncentrace hliníku, vyšší koncentrace mědi se může objevit u měděných domovních rozvodů. Pozornost je tedy nutné věnovat nejen výběru vhodných materiálů, které jsou s vodou v přímém styku, ale také např. výběru nátěrových hmot stavebních prvků na úpravě vody nebo ve vodojemu, které nejsou v přímém styku s vodou. Některá těkavá rozpouštědla se mohou šířit vzduchem a přes volnou hladinu vody může dojít k její kontaminaci. V domovních rozvodech nebo v potrubí může také docházet k nežádoucímu pomnožení některých bakterií, pokud k tomu jsou vhodné podmínky jako např. stagnace vody v potrubí, vyšší teplota apod. Největší pozornost vzbuzuje dnes otázka legionell v rozvodech teplé vody [8].

Jaroslav Průcha se ve své studii „The Microbiologic Analysis of Drinking Water Considering the Occurrence of Legionella in Germany“ zabývá problematikou mikrobiologického rozboru vody z hlediska výskytu legionell v Německu [46]. Legionelly se nacházejí tam, kde teplá voda poskytuje ideální podmínky pro jejich rozšíření: při dodávkách teplé vody (do domácností, nemocnic, domovů, hotelů apod.), v klimatizačních systémech a zvlhčovačích, dále zejména v bazénech, vířivkách a ve všech zařízeních, která vodu rozprašují na kapičky (např. zamlžovací zařízení, mlhové kašny). Legionelly jsou přenášeny vdechováním vzduchu, tedy aerosoly. Zejména pak ve sprše, ve vířivkách, vodotryscích a v zastaralých klimatizačních jednotkách. U více než 90 % těžkých infekcí legionellou se prokázala Legionella pneumophila. Ale i jiné druhy legionell jsou patogenní. Ohroženou skupinou jsou především senioři, kuřáci a lidé s oslabeným imunitním systémem. Dříve se předpokládalo, že se legionelly nacházejí pouze ve sladkovodní vodě, ale vyskytují se i ve vodě mořské, kde se mohou také množit. Vzhledem k jejich přirozenému rozšíření se legionelly nacházejí v malém množství i v podzemních vodách. Proto se mohou rovněž vyskytovat ve velmi nízké koncentraci ve vodě dodané vodárnami. Důležitým činitelem pro rozmnožování legionell je teplota - při teplotách nad 20 °C se tempo růstu postupně zvyšuje, v rozmezí 30–45 °C se hovoří o optimálních teplotách pro rozmnožování, naopak teploty vyšší než 50 °C už jsou málo příznivé až nepříznivé. Při teplotě 60 °C dochází

k bezpečnému odumírání legionell. Pokud je ve vodárnách voda dezinfikovaná chlorem o koncentraci 0,3 mg/l, na zneškodnění legionell to nestačí. Podle německého předpisu může pitná voda obsahovat maximálně 0,3 mg/l volného chloru. Tato koncentrace je pro legionelly neúčinná. Teprve chlor o koncentraci od 60 mg/l má dezinfekční účinky. Proto je ve vodárnách dezinfikováno ozónem nebo oxidem chloričitým [46]. I v evropské směrnici o pitné vodě [14] je konstatováno, že ze všech vodních patogenů působí největší zdravotní zátěž bakterie rodu Legionella, přenášené systémy dodávajícími teplou vodu – nutné je tedy posouzení rizik domovních rozvodných systémů, především pak monitorace zdravotnických zařízení, domovů pro seniory, škol a školských zařízení, ubytovacích zařízení, barů, restaurací, nákupních center apod.

Kritické body znečištění v systému zásobování vodou znázorňuje schéma č. 2.

Schéma 2: Kritické body znečištění (zdroj vlastní)



## 6 Metody

V rámci této kapitoly budou popsány metody, které budou využity v praktické části práce. Existuje celá řada metod, pomocí kterých lze provádět analýzu rizik, např. analýza, „co se stane, když“ (what-if analýza), metoda kontrolního seznamu, předběžná analýza ohrožení (PHA), analýza ohrožení a provozuschopnosti (HAZOP), analýza kvantitativních rizik procesu, analýza selhání a jejich dopadů (FMEA), analýza pomocí bodové polokvantitativní metody PNH a další [79, 80, 81]. Z rešerše odborných článků a studií zabývajících se řešenou problematikou vyplynulo, že nejčastěji používanou metodou analýzy rizik je metoda FMEA. Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) je expertní metoda, která využívá znalostí týmu odborníků (tzv. expertní skupiny) k sestavení seznamu potenciálních rizik a jejich zhodnocení. Na rozdíl od „klasické“ analýzy rizik bere FMEA v úvahu i kritérium pravděpodobnosti, že dané riziko odhalíme nebo prevencí zabráníme vzniku rizika. Doplněna bude metodou PNH.

Metody PNH a FMEA budou tedy k analýze rizik použity i v rámci této práce. Rizika budou hodnocena ve třech oblastech, a to v oblasti zdroje vody, úpravy vody a její distribuce ke spotřebitelům. Hodnocení rizik u analýzy PNH bude provádět hodnotitel – odborník na danou problematiku s rozsáhlými praktickými zkušenostmi, v případě analýzy FMEA pak čtyřčlenná expertní skupina. K sestavení expertní skupiny byl zvolen přístup dle schopností jednotlivých členů skupiny se stejnou vahou rozhodnutí jednotlivých expertů. Metoda FMEA bude aplikovaná v rámci konkrétní případové studie u vybraných provozovatelů vodárenských systémů. Bude využita induktivní metoda, která nám umožní detailní poznání a proniknutí do hloubky problému. Vzhledem k tomu, že výzkum bude prováděn před vznikem zkoumané krizové situace či mimořádné události, bude v budoucnu v případě jejího výskytu možné provést navazující studii a získaná data porovnat. Navržená opatření ke snížení či případné eliminaci rizik budou navržena jako obecná s využitelností i pro ostatní provozovatele.

Co se týká metod k vyhodnocení silných a slabých stránek, opět lze vybírat z několika možných metodických postupů, často je k tomuto účelu využívána souhrnná SWOT analýza, která hodnotí jak faktory interní, tak externí. K hodnocení interních faktorů lze využít matici IFE (Internal Factor Evaluation). Jedná se o analytickou metodu, která hodnotí silné a slabé stránky organizace [82]. V rámci tohoto výzkumu bude k analýze silných a slabých stránek využita právě matice IFE, pomocí které budou analyzovány

silné a slabé stránky nejčastěji využívaných způsobů provozování vodárenských systémů v ČR. Vybrané metody jsou podrobněji popsány níže.

## 6.1 PNH

Tato metoda je řazena mezi jednoduché semikvantitativní metody vyhodnocení rizik, kdy u každého rizika posuzujeme pravděpodobnost vzniku rizika (P), následky daného rizika (N) a názor hodnotitele (H). Ke správnému vyhodnocení je nutný kvalifikovaný odhad pravděpodobnosti vzniku nebezpečné situace – hodnocena na škále od 1 do 5. Škála stejného rozsahu je využívána i pro vyhodnocení následků (závažnosti dané nebezpečné situace). Názor hodnotitele vyjadřuje míru závažnosti ohrožení, počet ohrožených osob a dále bere v úvahu i délku působení hrozby – vše opět v bodové škále od 1 do 5. Jednotlivé faktory se spolu se stručným komentářem zapisují do přehledných tabulek [80, 81].

*Tabulka 4: Pravděpodobnost vzniku rizika [81]*

Nahodilá	1
Nepravděpodobná	2
Pravděpodobná	3
Velmi pravděpodobná	4
Trvalá	5

*Tabulka 5: Možné následky [81]*

Zanedbatelné	1
Malé	2
Významné	3
Velice závažné	4
Katastrofické	5

*Tabulka 6: Názor hodnotitele [81]*

Zanedbatelný vliv na míru nebezpečí a ohrožení	1
Malý vliv na míru nebezpečí a ohrožení	2
Větší, zanedbatelný vliv na míru nebezpečí a ohrožení	3
Velký a významný vliv na míru nebezpečí a ohrožení	4
Více významných a nepříznivých vlivů na závažnost a následky nebezpečí a ohrožení	5

Výsledek analýzy se zjišťuje jako součin všech tří výše uvedených hodnot, tedy



$$R = P * N * H$$

Následně je nutné hodnotu rizika interpretovat pomocí jednotlivých rizikových stupňů, které jsou uvedeny v tabulce č.7.

*Tabulka 7: Bodové rozpětí naléhavosti rizik [81]*

Rizikový stupeň	R	Míra rizika
I.	>100	Nepřijatelné riziko
II.	51–100	Nežádoucí riziko
III.	11–50	Mírné riziko
IV.	3–10	Akceptovatelné riziko
V.	<3	Bezvýznamné riziko

Výše uvedené bodové rozpětí udává, s jakou naléhavostí by se měl manažer věnovat řešení jednotlivých rizikových situací. Slouží také ke stanovení priorit, kterým rizikům věnovat nejvyšší pozornost. Nedílnou součástí interní dokumentace musí být i opatření ke snížení a eliminaci rizik.

## 6.2 IFE matice

IFE matice (Internal Forces Evaluation) se zabývá hodnocením interního prostředí společnosti. Pomocí této matice budou hodnoceny silné a slabé stránky jednotlivých provozovatelů vodárenských systémů. Je doporučeno, aby matice byla symetrická, tedy do matice je doporučeno zahrnout stejný počet silných i slabých stránek. Dle Fotra a kol. (2020) je při sestavení matice IFE nejprve nutné přiřadit jednotlivým faktorům váhu, která odpovídá významu daného faktoru, v rozsahu 0,00 – 1,00. Čím je váha faktoru vyšší, tím vyšší je význam daného faktoru (důležitost daného faktoru). Součet vah silných i slabých stránek se musí rovnat jedné. Dále je nutné ohodnotit jednotlivé faktory pomocí čtyř stupňů vlivu, a to: 4 – významná silná stránka, 3 – méně významná silná stránka, 2 - méně významná slabá stránka a 1 – významná slabá stránka. Vynásobením váhy a stupně vlivu získáme celkové vážené ohodnocení, na základě kterého realizujeme konečné vyhodnocení Nejlepším možným ohodnocením je 4,00, naopak nejhorším je 1,00 [82].

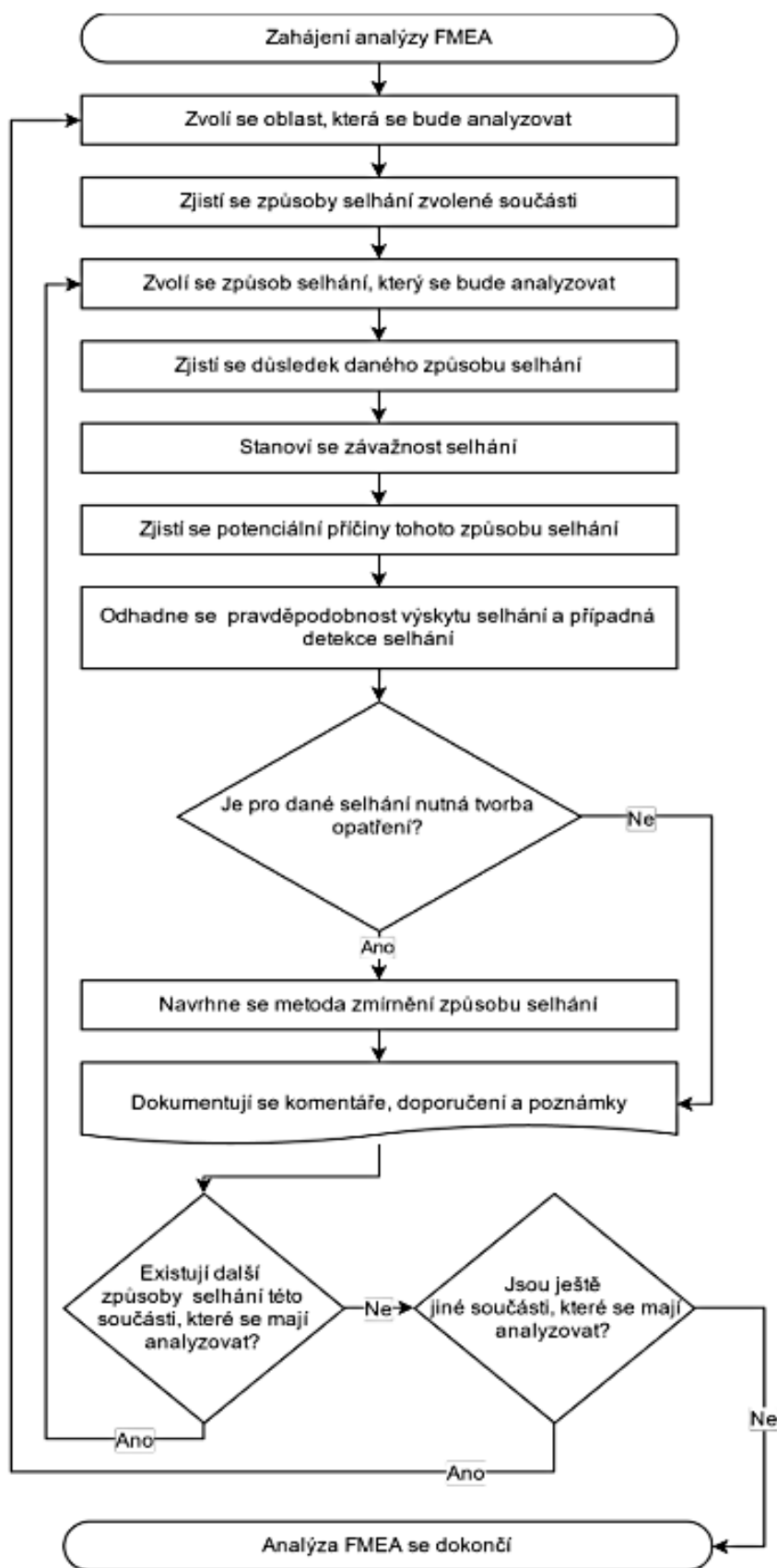
## 6.3 FMEA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) patří k nejrozšířenějším metodám expertní analýzy. Jedná se o strukturovanou spolehlivostní analýzu, která slouží k identifikaci možných poruch systémů, jejich příčin a následků. Pokud do analýzy zahrneme i odhad kritičnosti důsledků poruch a pravděpodobnosti jejich vzniku, jedná se o metodu FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). Metoda FMEA/FMECA je považována za efektivní metodu analýzy rizik, která umožňuje rozpoznat v různých etapách potenciální možnost vzniku poruch, určit možné následky, rizika ohodnotit a bezpečně jim předcházet. Slouží rovněž jako metoda tzv. předběžného varování [83]. Tuto metodu najdeme hned v řadě českých norem, které se zabývají managementem kvality a managementem rizik – např. ČSN EN ISO 9001:2016 (standard pro systém managementu kvality), ČSN ISO 31000:2018 (management rizik), ČSN EN IEC 60812 (norma popisuje postup analýzy FMEA/FMECA a vychází z mezinárodního standardu IEC 60812). V tomto dokumentu je vysvětleno, jak se FMEA (včetně její varianty FMECA) plánuje, provádí, dokumentuje a udržuje.

Rozlišujeme 3 základní fáze analýzy [84]:

1. analýza a zhodnocení současného stavu,
2. návrhy opatření ke snížení rizika,
3. hodnocení stavu po realizaci opatření.

Analýzu začínáme výběrem jednotlivých prvků (oblastí) nejnižší zvolené úrovně, pro kterou máme k dispozici dostatek informací, a postupujeme k vyšším úrovním až po úroveň systému jako celku. Prvky (oblasti) jsou posuzovány jednotlivě, do tabulky uvádíme možná selhání, která mohou u daného prvku nastat. Stanoví se závažnost selhání, možné příčiny tohoto selhání, stanoví se odhad pravděpodobnosti jeho výskytu a navrhnou se možná eliminační opatření. U všech identifikovaných rizik tedy budou uvedena jak stávající opatření pro prevenci, tak i navržená opatření ke snížení rizik. Procesní diagram analýzy FMEA je uveden na obrázku č. 4.



Obrázek 4: Procesní diagram FMEA [85]

## 7 Výsledky

Kapitola Výsledky je rozčleněna do čtyř podkapitol. V první podkapitole jsou identifikovány možné hrozby a rizika, které mohou vyústit v krizové situace ohrožující systém zásobování vodou. Jsou identifikovány hrozby a rizika jak přírodního, tak antropogenního charakteru, a to ve třech výše zmiňovaných oblastech – tedy v oblasti zdrojů pitné vody, v oblasti úpravy vody a v oblasti distribuce vody konečným spotřebitelům. Podkladem pro identifikaci možných rizik se stala rešerše odborných studií, dokumentů a článků jak tuzemských, tak zahraničních. V navazující druhé podkapitole jsou zhodnoceny silné a slabé stránky nejčastěji využívaných způsobů provozování vodárenských systémů v ČR. Třetí podkapitola je věnována samotné analýze rizik, a to jak metodou PNH, tak metodou FMEA. Vzhledem k tomu, že při posuzování a hodnocení rizik je nutné brát v úvahu specifické podmínky jednotlivých provozovatelů, je metoda FMEA aplikována v rámci případové studie u vybraných provozovatelů vodárenských systémů. Účelem této případové studie je důkladné prozkoumání předmětu analýzy s cílem identifikovat nejvýznamnější rizika a navrhnout opatření ke snížení či případné eliminaci zjištěných rizik. Závěrečná podkapitola je věnována analýze možností zajištění nouzového zásobování pitnou vodou v krizových situacích a při mimořádných událostech.

V praktické části práce jsou z hlediska komplexnosti uvažovány nejen samotné krizové situace, které Zákon o krizovém řízení definuje jako „*mimořádnou událost podle zákona o integrovaném záchranném systému, narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu*“ [30], ale i mimořádné události a krizové stavy znamenající odklon od standardního fungování systému a definované Ministerstvem vnitra (2017) jako „*situace, kdy není potřeba řešit škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy nebo jinými hrozbami použitím mimořádných nebo krizových opatření podle specifické právní úpravy*“. Uvažovány jsou tedy i mimořádné události a havárie, které mohou systém zásobování pitnou vodou obyvatelstvu a prvkům infrastruktury rovněž narušit.

### 7.1 Hrozby a rizika v systému zásobování pitnou vodou

V rámci této kapitoly jsou identifikovány hrozby a rizika, která mohou vyústit v krizové situace ohrožující systém zásobování pitnou vodou.

## 7.1.1 Hrozby a rizika – zdroje pitné vody

### Přírodní vlivy, které mohou vyřadit zdroje vody z jejich funkce

#### Povodně

S modelováním klimatu se samozřejmě pojí značné nejistoty, přesto lze zřejmě v průběhu 21. století očekávat častější výskyt povodní i sucha. Povodeň je přírodní jev, kdy dochází k přechodnému výraznému zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku. Přechodné výrazné zvýšení vodní hladiny konkrétního vodního toku, při kterém se voda z koryta vylévá, způsobuje následné zaplavení bezprostředního i blízkého okolí vodního toku, ohrožuje životy a majetek, poškozují životní prostředí a působí značné materiální škody. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním sněhu nebo dešťovými srážkami (přírozená povodeň), případně jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň). Stupně povodňové aktivity jsou následující: I. stupeň – stav bdělosti, II. stupeň – stav pohotovosti, III. stupeň – stav ohrožení [17].

V posledních desetiletích došlo v ČR k několika významným povodním např. v letech 1997, 1998, 2002, 2009, 2010 a zatím naposledy v roce 2013. V roce 2002 se přitom jednalo o dosud největší změřené povodně v Čechách. Tyto katastrofální povodně ve střední Evropě byly způsobeny postupem dvou výrazných tlakových níží a s nimi spojených frontálních systémů přes střední Evropu v krátkém časovém sledu za sebou. Obě tlakové níže zasáhly území ČR a povodeň, kterou vyvolaly, přesáhla objemově i velikostí průtoků na mnoha místech všechny známé povodňové průtoky, byla zasažena celá povodí toků Labe a Vltavy [86].

Při povodních bývá často narušen běžný způsob zásobování pitnou vodou, zdroje pitné vody mohou být při povodni kontaminovány nejrůznějšími patogeny, chemickými látkami, odpady apod. Národní referenční centrum pro pitnou vodu proto vydává metodická doporučení ve věci nouzového zásobování pitnou vodou. Jestliže má být v nouzové situaci zajištěno operativní zásobování pitnou vodou, je nutné provést určitá preventivní opatření. V případě, že je systém zásobován z více zdrojů, je nejjednodušším řešením odstavit postižený zdroj. V případě propojení systému s okolními vodovody lze využít dodávku vody ze sousedního systému – tato varianta ovšem musí být předem

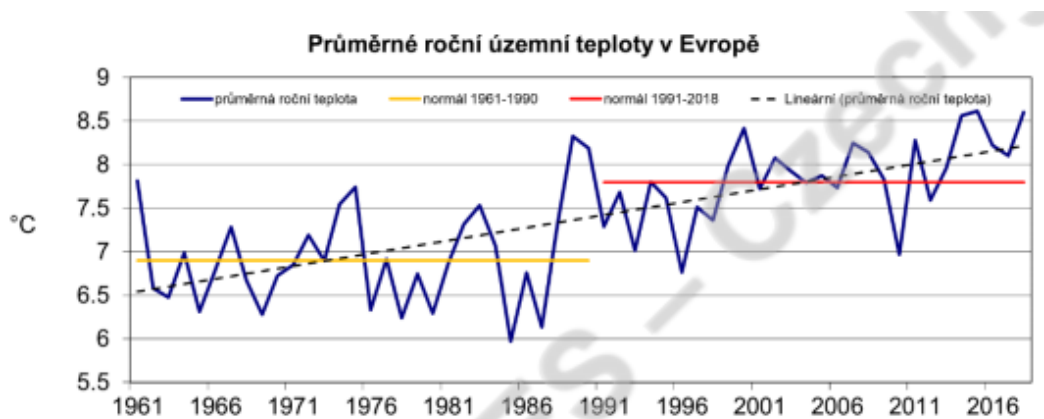
náležitě technicky i právně ošetřena. Pokud výše uvedené alternativy nejsou dostupné, znamená to např. vybudování nebo využití záložních zdrojů vody, přípravu technických prostředků pro náhradní čerpání, úpravu i rozvod vody, obstarání terénních souprav pro rozbor vody, zaškolení pracovníků obsluhy apod. [27]. Pokud je v krizové situaci rozhodnuto o využití nového nebo neznámého zdroje vody, je před jeho použitím nutné provést vstupní kontrolu kvality vody minimálně v rozsahu kráceného rozboru pitné vody podle vyhlášky 252/2004 Sb. [23], který se doplní o enterokoky, popřípadě další ukazatele indikované místním šetřením jako potenciálně rizikové. Takovýto zdroj by měl být využit jen se souhlasem orgánu ochrany veřejného zdraví. K zvládnutí havarijní situace lze vedle výše uvedených opatření použít řadu postupů úpravy vody, např. zvýšení dávek dezinfekčního prostředku při podezření z možné mikrobiální kontaminace. Je ale nutné zohlednit fakt, že např. zvýšení dávky chloru o několik miligramů (na litr) může být účinné vůči některým patogenním bakteriím, ale bude zcela neúčinné vůči patogenním prvokům nebo enterickým virům, pokud budou ve vodě přítomny. Proto je vždy nutné situaci kompletně vyhodnotit a zajistit buď existenci dalších bariér (filtrace, UV-záření) nebo použít takovou dávku dezinfekčního prostředku, která spolehlivě zajistí (mikro)biologickou nezávadnost vody [27].

V praxi vzniká potřeba co nejrychlejšího ověření nezávadnosti pitné vody. Proto vydává Národní referenční centrum pro pitnou vodu aktualizovanou informaci o dostupných možnostech rychlého ověření mikrobiologické nezávadnosti pitné vody. Metody sledující mikrobiologickou nezávadnost pitné vody jsou založeny na systému detekce indikátorů fekálního znečištění. Jako indikátor jsou vybrány různé druhy bakterií. Bakterie nemusí být jediným biologickým rizikem při povodních či jiných havarijních nebo krizových situacích [27]. Zatímco virová problematika je co do možných nápravných opatření podobná té bakteriální, odlišná je situace u prvoků, kde je nutné řídit se Metodickým doporučením Národního referenčního centra pro pitnou vodu k opatřením bránícím výskytu parazitických prvoků v pitné vodě [87].

## **Sucho**

V současnosti jsme svědky toho, že klimatické změny se již negativně projevují na některých povodích vysycháním toků. Dle přílohy č. 1 Koncepce ochrany před následky sucha pro území ČR 2020 se jedná např. o povodí Pšovka, Blšanka či Liběchovka, na kterých již byly řešeny problémy s nedostatkem vodních zdrojů a byla navrhována adaptační opatření vedoucí k zajištění udržitelného užívání a stavu vod v těchto oblastech

[16]. Podle Ústavu výzkumu globální změny Akademie věd ČR lze jak v celosvětovém kontextu, tak v rámci ČR očekávat zvýšení průměrné teploty vzduchu, přičemž z klimatických modelů vyplývá, že oteplování atmosféry je výraznější na severní než na jižní polokouli a podobně je výraznější nad pevninou než nad hladinou oceánu. Vývoj průměrné roční územní teploty v Evropě je patrný z obrázku č. 5.



Obrázek 5: Změna průměrné roční teploty vzduchu v Evropě podle E-OBS datasetu [88]

Na území ČR dojde s největší pravděpodobností do poloviny 21. století ke zvýšení průměrné teploty o 2 °C. Do konce 21. století může tato změna činit 3 °C, pokud společnost nepřistoupí k redukci skleníkových plynů a nedojde ke zpomalení tempa nárůstu teplot vzduchu. Na základě klimatických modelů se bude rovněž zvyšovat počet tropických dní, které mají výrazný dopad jak na přírodu (vysušování krajiny), tak na lidský organismus (od pouhého nepohodlí až po možné zdravotní komplikace) V období 2021–2040 je očekáván nárůst počtu tropických dní o čtvrtinu, do poloviny 21. století pak dosažení dvojnásobku hodnot obvyklých v letech 1981–2010. Z regionů ČR za celkové období (až do roku 2100) se teplota vzduchu nejvíce zvýší v západních, severních a jižních Čechách. Naopak na Moravě a ve středních Čechách bude změna nepatrně nižší [88]. Změny srážek jsou do značné míry nejisté, ovšem většina klimatických modelů se shoduje na stagnaci ročních srážkových úhrnů a změně jejich rozložení během roku. Zatímco zimní srážky porostou, tak u letních srážek bude nejspíše docházet k jejich poklesu, což bude mít v kombinaci s vyššími teplotami vzduchu s největší pravděpodobností na výskyt sucha nepříznivý dopad [16, 88].

Můžeme rozlišovat i různé kategorie sucha – sucho meteorologické, zemědělské, hydrologické, socio-ekonomické. Primární příčinou meteorologického sucha je deficit srážek v určitém časovém období. Toto sucho může být dále prohlubováno působením

dalších meteorologických jevů, jako jsou již výše uvedené vysoké teploty, vítr či nízká relativní vlhkost vzduchu. Zemědělské sucho je zapříčiněno výskytem sucha meteorologického a je charakterizováno dlouhodobějším nedostatkem vody v půdě a její nedostupností, která rostlinu limituje v jejím normálním růstu a vývoji. Hydrologické sucho je podle ČHMI definováno pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní, kdy průtok poklesne pod kritickou mez [89]. O socio-ekonomickém suchu potom hovoříme v případě, kdy je intenzita nebo délka suchého období natolik vážná, že má přímý dopad na obyvatelstvo (snížení dostupnosti zdrojů pitné vody) a ekonomiku země [16].

### **Průnik radonu**

Radon je přírodní radioaktivní plyn, který vzniká z uranu. Radon se uvolňuje do podzemní vody z hornin s obsahem uranu a radia. Určité množství radonu je tedy obsaženo ve všech podzemních vodách, v povrchových vodách je množství radonu zanedbatelně [90, 91]. Hlavní riziko radonu nespočívá v samotné konzumaci vody, ale v jeho uvolňování do ovzduší místností s velkou spotřebou vody, např. do kuchyní, koupelen apod. (při sprchování a mytí se uvolňuje asi 50 % radonu, při vaření a praní téměř 100%) [91]. Povolení pro měření radonu ve vodě z hlediska radiační ochrany vydává Státní úřad pro jadernou bezpečnost České republiky. Nejvyšší přípustné hodnoty radonu v pitné vodě upravuje vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [92].

Pokud objemová aktivita radonu v pitné vodě pro veřejnou potřebu převyšuje nejvyšší přípustnou hodnotu 300 Bq/l, pak má dodavatel povinnost zajistit opatření k jejímu snížení pod referenční úroveň 100 Bq/l, která je stanovena vyhláškou č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [92]. Atomový zákon 263/2016 Sb. a vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje ukládají dodavatelům pitné vody pro veřejnou potřebu vyrobené z podzemních zdrojů a ze směsi vody z podzemního zdroje a vody povrchové a dodavatelům balené vody povinnost zajišťovat systematické měření a hodnocení obsahu radonu ve vodě s četností závisující na objemu dodávané vody. Při objemové aktivitě radonu nad 300 Bq/l nesmí být voda dodávána a je nutné snížit obsah radonu nebo nahradit zdroj vody [25, 90]. V ČR se pro odstraňování radonu z podzemní vody používají aerační zařízení, kdy je radon vytěšňován z vody jejím provzdušňováním.



Účinnost těchto aeračních zařízení je vysoká – obvykle více než 90 %, tato zařízení tedy umožňují snížit obsah radonu ve vodě více než desetkrát [91].

Průměrný obsah radonu v pitné vodě z podzemních zdrojů je v ČR u vody dodávané pro veřejné zásobování 14 Bq/l, u vody z domovních studní 49 Bq [91].

### **Zvýšení koncentrace jiných chemických látek a jejich sloučenin v objemech vody**

Kromě radonu se mohou v pitné vodě vyskytovat i další přírodní radionuklidy. Jedná se především o radium (Ra226) a izotopy uranu (U234 a U238). Jejich zdrojem je stejně jako u radonu okolní hornina a pití vody obsahující takové radionuklidy způsobuje rovněž určité ozáření obyvatel [91]. V podzemních vodách bývá nevyhovující stav zapříčiněn i amonnými ionty a dusičnany, z organických látek pak bývají problematické dle MŽP zejména pesticidy a jejich metabolity, o kterých bude pojednáno v kapitole antropogenních událostí [93]. Mezi přirozeně se vyskytující kontaminace patří např. železo, fluor, jód, mangan, hliník, hořčík, sírany, selen a další.

### **Sopečná činnost**

ČR nepatří mezi oblasti ohrožené vulkanickou činností. Žádná tuzemská sopka v současnosti není dle vyjádření Akademie věd ČR svému okolí nebezpečná. Aktivní magmatické krby (místa se žhavou lávou) se s velkou pravděpodobností nachází v oblasti Karlových Varů a Chebu, kde vyvěrají minerální vody s oxidem uhličitým. Podle odborníků ale není současná situace v zemské kůře v západních Čechách pro výstup magmatu příznivá. Ve světě se ale nachází hned několik oblastí ohrožených sopečnou činností, jednou z tektonicky nejaktivnějších oblastí světa je např. Indonésie. Na Islandu, který leží na rozhraní dvou litosférických desek – euroasijské a severoamerické, je rovněž stále hodně míst tektonicky aktivních. Nejrozšířenějším produktem vulkanické činnosti je sopečný popel, který může suspendovat v přírodní vodě, zvyšuje tak kyselost vody i její zákal. Ve zdrojích vody se může rovněž vyskytnout bahno a těžké kovy, které je obtížné odfiltrovat. Voda může obsahovat také fluor a další chemikálie. Podle provedeného amerického geologického průzkumu se ale většina zákalu vyčistí během několika dní, někdy i hodin. Data o chemickém složení ve vodě rozpustných složek, které ulpívají na sopečném popelu vyvrženém některými sopkami na Kurilských ostrovech, publikoval Ershov v lednu 2020. Na základě jeho zjištění byl sopečný popel obohacen i síranem vápenatým [94, 95].

## **Zemětřesení**

ČR nepatří mezi seizmicky aktivní oblasti. Zemětřesení v ČR obvykle nedosahují velké intenzity a obvykle proběhnou bez vážnějších dopadů. Mezi naše seizmologicky nejaktivnější území patří dle vyjádření Geofyzikálního ústavu Akademie věd ČR oblast západních Čech (okolí Karlových Varů a Chebu) – v roce 2018 zde proběhlo zemětřesení o síle zhruba čtyř stupňů Richterovy škály.

Epicentra zemětřesení jsou rozložena na zemském povrchu velmi nerovnoměrně, převážně tvoří pásy a linie. Pravděpodobně nejvýznamnějším je pás cirkumpacifický, do kterého spadá např. západní pobřeží Severní i Jižní Ameriky, Kurily, Kamčatka, Japonsko, Nový Zéland, Filipíny a další. Druhý významný pás prochází od Azor přes oblast Středozeří (včetně Alp a Karpat) a země Blízkého Východu (Turecko, Irák, Írán) do Himaláje, a dále přes jižní Čínu do oblasti Indonésie. Tsunami, které vzniklo 26. prosince 2004 v Indickém oceánu, patří mezi největší přírodní katastrofy moderní historie. Vlny byly způsobené zemětřesením o síle přesahující 9,0 stupně Richterovy škály [96]. Jedním z důsledků tsunami zde byla i salinizace zdrojů pitné vody a její kontaminace. Další významnou katastrofou, která nastala po ničivém zemětřesení a tsunami v Japonsku v roce 2011, byla havárie jaderné elektrárny Fukušima. Okolí elektrárny bylo silně kontaminováno radioaktivním spadem, a to včetně zdrojů pitné vody [97].

Vlivem zemětřesení může dojít k poškození rozvodných sítí, a tedy i k poškození vodovodního a kanalizačního systému. Rovněž mohou být poškozena vodní díla i úpravní vody. Dle prováděných studií může dojít vlivem zemětřesení i k poklesu hladiny podzemní vody, změnám v jejím chemickém složení (např. zvýšená hladina železa ve vodě), často dochází rovněž ke změně barvy (voda zhnědne) a zápachu vody (sirovodík), ke kolísání teploty vody apod. [98,99].

## **Přemnožení řas a sinic**

S přemnožením řas a sinic hromadících se u hladiny v letních měsících se setkáváme pravidelně. Okem patrné přemnožení řas a sinic je označováno jako vodní květ. V posledních letech se s tímto jevem setkáváme i v nádržích, které slouží jako zdroje pitné vody, což způsobuje řadu problémů úpravnám vody. Zdrojem problémů nejsou samotné sinice, ale látky, které produkují, ať již během svého života nebo po odumření. Tyto látky jsou označovány jako Algal Organic Matter (AOM). AOM jsou tvořené

převážně sacharidy, resp. polysacharidy a heteropolysacharidy, dále organickými kyselinami (mezi kterými převažuje kyselina glykolová), tuky a mastnými kyselinami, fenolovými sloučeninami; organickými fosfáty a dále rovněž těkavými aldehydy a ketony. Zvláštní skupinu pak tvoří tzv. cyanotoxiny – toxiny, které jsou charakteristické především pro sinice. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi různorodou směs látek, je rovněž jejich dopad na procesy úpravy vody velice různorodý. Níže jsou uvedeny jednotlivé hrozby, které přítomnost sinic, respektive AOM, ve zdrojích vody představuje [100,101,102,103].

*Inhibice koagulace* – Úprava vody je složitý proces tvořený obrovským množstvím procesů fyzikálních, chemických či biochemických. Koagulace je běžně používaná metoda při čištění odpadních vod a při úpravě pitné vody. Při úpravě pitné vody se provádí destabilizace dávkováním vhodných činidel. Samotný proces koagulace spočívá v dávkování železitých nebo hlinitých solí za vzniku příslušných hydroxidů, které vytvářejí s nečistotami koloidní povahy separovatelné vločky. Koagulaci ovlivňuje složení a koncentrace znečišťujících příměsí, typ a dávka koagulačního činidla a rovněž pH a teplota vody. Vhodnou náhradou běžně používaných koagulantů představuje chitosan, který je šetrný k životnímu prostředí.

AOM způsobují celou řadu poruch procesu koagulace – jednak je účinnost jejich odstranění velice nízká, jednak také způsobují pokles účinnosti odstranění ostatních ve vodě se vyskytujících znečišťujících příměsí.

*Toxicita sinic* – Zvláštní skupinu AOM tvoří tzv. cyanotoxiny, jak již bylo uvedeno výše. Toxicita cyanotoxinů je poměrně velká. Patří mezi ně například microcystiny nebo nodularin. Mohou způsobovat různé zdravotní obtíže, např. dermatitidy, průjemová onemocnění, respirační komplikace apod. Účinnost odstranění cyanotoxinů konvenční úpravou vody koagulací je velmi nízká, proto se dnes používá téměř výhradně adsorpce na aktivním uhlí.

*Ovlivňování sensorických vlastností vody* – Produkty sinic a řas také negativně ovlivňují sensorické vlastnosti vody (zápach vody, chuť vody). Jedná se především o látky nízkomolekulární, které se koagulací z vody neodstraní. Tyto látky sice nejsou zdraví škodlivé, ale výrazně se projevují právě na chuti vody a jejím zápachu. Účinnou metodou pro jejich eliminaci je rovněž již zmiňovaná adsorpce na aktivním uhlí.

*Poruchy adsorpce* – AOM mohou vzhledem ke svému charakteru komplikovat nebo zabraňovat adsorpci nízkomolekulárních antropogenních i přírodních látek, které není možné odstranit koagulací, což může vést např. ke snížení účinnosti odstranění pesticidů. Vlivem poruch adsorpce, které jsou způsobené AOM, pak dochází k nežádoucí zvýšené koncentraci mikropolutantů v upravené vodě.

### **Antropogenní události**

Kvalita povrchových vod závisí nejen na přírodních podmínkách, je také velmi silně ovlivňována činností člověka a znečištěním jak z plošných, tak i z bodových zdrojů. K plošným bodům znečištění patří např. zemědělská činnost, prostředky na ochranu rostlin apod. Za bodové zdroje znečištění považujeme zejména nakládání s odpadními vodami z měst a obcí, z podniků zemědělské živočišné výroby i z podniků průmyslových. Na zlepšení stavu povrchových vod má pozitivní účinek intenzivní modernizace a výstavba čistíren odpadních vod.

### **Syntetická farmaka a fytofarmaka**

Za kontaminující složky vodních zdrojů lze považovat syntetická farmaka a fytofarmaka, která stále častěji pronikají do vodních zdrojů. Primárními zdroji farmaceutické kontaminace jsou domácí, městské, nemocniční a průmyslové odpadní vody a rovněž odpadní vody z čistíren odpadních vod. Léčiva a jejich metabolity se mohou dostat do vodních zdrojů rovněž z chovů hospodářských zvířat nebo likvidací nepoužitých léčiv. Běžnými biologickými čistícími procesy jsou farmaka a fytofarmaka jen velice těžko rozložitelná, negativně ovlivňují rovněž bakteriální mikroflóru čistíren odpadních vod – ty potom vykazují nižší efektivitu celého procesu čištění a farmaka a fytofarmaka nejsou zcela eliminována. Voda z čistíren odpadních vod je vypouštěna do recipientu, tímto se zbytky léčiv stávají problémem i na úpravách vody. Nejčastěji se ve vodách vyskytují zbytky analgetik, antibiotik, protizánětlivých látek a hormonálních přípravků [104, 105].

### **Průmyslové havárie s únikem závadných nebo nebezpečných látek**

Podle zákona č. 254/2001 Sb. jsou jako závadné látky označeny látky, které nejsou odpadními ani důlními vodami a které mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Seznam nebezpečných závadných látek je uveden v příloze č. 1 k tomuto zákonu; tento seznam obsahuje i zvlášť nebezpečné závadné látky. Mezi zvlášť

nebezpečné látky jsou zařazeny např. organohalogenové sloučeniny a látky, které mohou tvořit takové sloučeniny ve vodním prostředí, organofosforové sloučeniny, organocínové sloučeniny, dále látky nebo produkty jejich rozkladu, u kterých byly prokázány karcinogenní nebo mutagenní vlastnosti, které mohou ovlivnit produkci steroidů, štítnou žlázu, rozmnožování nebo jiné endokrinní funkce ve vodním prostředí nebo zprostředkovaně přes vodní prostředí a další. Zvláštní kategorií nebezpečných závadných látek jsou prioritní látky, které představují významné riziko pro vodní prostředí a související ekosystémy. Seznam prioritních látek stanoví vláda svým nařízením č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Mezi tyto látky patří např. benzen, olovo a jeho sloučeniny, rtuť a její sloučeniny a další. Každý, kdo zachází se závadnými látkami, je povinen učinit přiměřená opatření, aby tyto látky nevnikly do povrchových nebo podzemních vod a neohrozily jejich prostředí [106].

Riziko průmyslové havárie s únikem závadných nebo nebezpečných látek je při současném vysokém počtu podniků, které nakládají se závadnými nebo nebezpečnými látkami, velmi vysoké. Další rizika vznikají při přepravě nebezpečných látek, kde může rovněž dojít k úniku těchto látek. Rizikové jsou samozřejmě zejména chemické provozy, jejichž toxický potenciál může při určité kombinaci různých faktorů způsobit havárii s katastrofickými následky. Potenciálně nebezpečné jsou ale i zimní stadiony a plavecké bazény, které bývají ve většině případů zdrojem nebezpečného amoniaku.

Ochranou vodních poměrů a vodních zdrojů se zabývá Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon) v platném znění v hlavě V. Dle tohoto zákona *k ochraně vydatnosti, kvality a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou s průměrným odběrem více než 10 000 m<sup>3</sup> za rok a zdrojů podzemní vody pro výrobu balené kojenecké vody nebo pramenité vody stanoví vodoprávní úřad ochranná pásma opatřením obecné povahy*. Ochranná pásma se dělí na dva stupně, ochranná pásma I. stupně slouží k ochraně vodního zdroje v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného zařízení, ochranná pásma II. stupně slouží k ochraně vodního zdroje v územích stanovených vodoprávním úřadem tak, aby nedocházelo k ohrožení jeho vydatnosti, kvality nebo zdravotní nezávadnosti. Dále jsou definovány citlivé a zranitelné oblasti [17].

Za havárii je podle tohoto zákona považováno mimořádné závažné zhoršení nebo mimořádné závažné ohrožení kvality povrchových nebo podzemních vod. Původce havárie je povinen učinit bezprostřední opatření k odstraňování příčin a následků havárie. Řídí se havarijním plánem, popřípadě pokyny vodoprávního úřadu a České inspekce životního prostředí. Původce havárie nebo ten, kdo havárii zjistí, je povinen ji bezodkladně hlásit HZS ČR nebo jednotkám Požární ochrany nebo Policii ČR, případně správci povodí. Ti jsou poté povinni *neprodleně informovat o jim nahlášené havárii příslušný vodoprávní úřad a Českou inspekci životního prostředí, která bude o havárii, k níž došlo v ochranných pásmech přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod a na povrchových vodách využívaných podle § 34, informovat též Ministerstvo zdravotnictví. Řízení prací při zneškodňování havárií přísluší vodoprávnímu úřadu, který o havárii neprodleně informuje správce povodí* [17].

Opatření k nápravám jsou pak uvedena v § 42. Vodoprávní úřad nebo Česká inspekce životního prostředí uloží původci havárie povinnost provést opatření k nápravě. Náklady na provedení opatření k nápravě nese ten, jemuž bylo opatření k nápravě uloženo [17, 106].

## **Bioterrorismus**

Bioterrorismus představuje možné využití patogenních mikroorganismů, které mohou být použity jako biologické zbraně. Záměrná kontaminace studní, nádrží a jiných vodních zdrojů civilního obyvatelstva byla často používána v minulosti jako součást vojenských útoků – již staří Římané kontaminovali pitnou vodu svých nepřátel těly mrtvých zvířat [107]. Potenciálními cíli bioterrorismu mohou být právě dodávky pitné vody pro obyvatelstvo. Např. v USA je této problematice věnována výrazná pozornost – většina praktických lékařů a zdravotníků v USA absolvovala školení v oblasti diagnostiky onemocnění vyvolaných přirozenou nebo úmyslnou kontaminací pitné vody. Patricia L. Meinhardt ve své studii „Water and bioterrorism: Preparing for the Potential Threat to U.S. Water Supplies and Public Health“ [108] z roku 2005 uvádí, že od teroristických útoků v září 2001 věnují federální regulační agentury (EPA – Agentura pro ochranu životního prostředí, CDC – Agentura pro ochranu a prevenci nemocí) i vodárenské společnosti v USA mimořádnou pozornost možné úmyslné kontaminaci zdrojů pitné vody a narušení zásobování obyvatel pitnou vodou. Včasná detekce a rychlá reakce na biologické teroristické útoky jsou velice důležité. Díky včasnému odhalení kontaminovaného zdroje lze snížit dopad kontaminace na veřejné zdraví a rovněž včas

zajistit nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Ovšem včasná diagnostika nemocí způsobených kontaminovanou vodou je ze strany lékařů velice obtížná, neboť příznaky v rané fázi onemocnění bývají nespecifické a snadno zaměnitelné s běžnými onemocněními [109]. Proto je velmi důležité včasné hlášení možného podezření orgánům ochrany veřejného zdraví. Dopady bioteroristických útoků na lidské zdraví závisí nejen na typu použitých patogenních mikroorganismů, ale též na úrovni imunitního systému obyvatel, kteří kontaminovanou vodu požili. Koordinovaná a účinná reakce na bioteroristický útok vyžaduje spolupráci multidisciplinárního týmu odborníků. Federální agentury i vodárenské společnosti v USA vyvíjí velké úsilí, aby zlepšily a posílily své schopnosti včas detekovat a identifikovat úmyslnou kontaminaci vodních zdrojů i vodárenských systémů. Národní rada pro výzkum se ve své kongresové zprávě zabývala zranitelností infrastruktury [110] a nastínila několik možných kritických bodů kontaminace amerického vodovodního systému, mezi ně zařadila např. studny a přehrady, které mohou působit jako místa záměrné kontaminace vody, dále úpravny vody, distribuční systémy, vodovodní přípojky, vodu používanou při zpracování potravin, pro výrobu balené vody apod. Možné scénáře kontaminace potom závisí na mnoha faktorech, např. na způsobu, kterým je patogen dispergován, na charakteru látek biologického původu včetně toxicity a virulence, na množství uvolněného patogenu a úrovni infekční dávky, na stavu náchylnosti hostitele a úrovni osobní ochrany, na způsobu expozice použité k rozptýlení patogenu. Byly identifikovány vybrané biologické patogeny a biotoxiny, které představují přímé ohrožení veřejného zdraví [108]:

- *bakteriální patogeny*: anthrax, bakterie rodu Brucella, cholera, Clostridium perfringens, Melioidosis, Salmonella, Shigella, Tularémie,
- *parazitární patogeny*: Cryptosporidiosis,
- *virové patogeny*: virus hepatitidy A, neštovice, virové encefalitidy, hemoragické horečky,
- *bakterie z čeledi Rickettsiaceae* – Psitakóza, Q-horečka, tyfus,
- *bakteriální biotoxiny*: Clostridium botulinum, Clostridium perfringens, stafylokok (Staphylococcus enterotoxin B),
- *plísňové biotoxiny*: Aflatoxin, T-2 mykotoxiny, Anatoxin A, mikrocystiny,
- *biotoxiny získané z rostlin a řas*: Ricin,
- *mořské biotoxiny*: Saxitoxin, Tetrodotoxin.

Seznam je ale samozřejmě dynamický, mění se povaha a počet potenciálních biologických patogenů, které by mohly být použity k úmyslnému znečištění vody. Problémem také je, že mnoho biotoxinů nemusí způsobovat snadno zjiřitelné změny vody (chut', barva, zápach apod.).

Této problematice se ve své studii „Potable Water CBR Contamination and Countermeasures“ věnují i autoři Ernest Lory, Stephen Cannon et al. [111]. Zabývají se možným ohrožením pitné vody z chemických, biologických a radiologických (CBR) látek, které by potenciálně mohly být používány teroristy pro válečné nebo teroristické útoky nebo pro úmyslné průmyslové sabotáže. Jako nejzávažnější hodnotí autoři studie botulinový biotoxin (doporučují provést studii za účelem zjištění doby přežití botulinového biotoxinu v chlorované vodě), dále za významnou hrozbu považují také viry ve vodě. Toxické průmyslové a zemědělské chemikálie představují širokou škálu hrozeb od benigních po vysoce toxické. Prvky považují autoři studie za hrozbu spíše kvůli jejich schopnosti přežít ve vodě a jejich potenciálu způsobovat nemoci než jejich schopnosti způsobovat úmrtí. I v této studii autoři apelují na zdravotnický personál – vždy, když onemocní vyšší počet lidí současně s podobnými příznaky, tak voda by měla být jedním z hlavních podezřelých zdrojů. Jako další dva hlavní podezřelé zdroje by měly být brány v úvahu kontaminované jídlo nebo vzduch.

## **Radioaktivita**

Vzhledem k výskytu přírodních radionuklidů je radioaktivita pitné vody vždy důležitým kritériem posuzování kvality pitné vody, stejně jako mikrobiologická a chemická kritéria. Veřejný zájem o radioaktivitu pitné vody v posledních letech roste vzhledem k rychlému vývoji jaderné energetiky a zejména po jaderné havárii ve Fukušimě.

Podle zprávy Vědeckého výboru OSN pro účinky atomového záření (UNSCEAR) v roce 2000 představovala radiační expozice způsobená konzumací pitné vody a potravin asi 8 % z celkového přírodního ozáření lidí, což zahrnuje vnější i vnitřní zdroje záření [112,113]. Pokyny pro posuzování bezpečnosti pitné vody poskytly Světová zdravotnická organizace (WHO), Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu (ICRP) a mnoho dalších vnitrostátních předpisů.

Autoři studie „Radioactivity of Drinking-Water in the Vicinity of Nuclear Power Plants in China Based on a Large-Scale Monitoring Study“ se ve své studii zaměřili na



radioaktivitu vzorků odebraných v blízkosti jaderných zařízení ze 7 provincií v Číně [114]. Za účelem vyhodnocení vlivů radioaktivity v pitné vodě bylo vybráno 8 jaderných zařízení, která jsou v provozu nebo ve výstavbě a nacházejí se v sedmi čínských provinciích. Všechny vzorky vody byly odebrány z různých míst ve vzdálenosti do 30 km od jaderných elektráren. Vzorky vody byly rozděleny na 2 skupiny: jeden vzorek byl sbírán v zimě a na jaře (v tzv. suchém období) a druhý v létě a na podzim (v tzv. vlhkém období). Výsledky této studie naznačily, že voda v těchto vyšetřovaných lokalitách je na bezpečné úrovni [114].

Ernest Lory, Stephen Cannon et al. ve své studii „Potable Water CBR Contamination and Countermeasures“ [111] označují potenciální nebezpečí způsobené katastrofou jaderných elektráren za celkem minimální. Případný incident by však znamenal značné a nekontrolované uvolňování radioaktivního materiálu nebo sloučenin do životního prostředí a zdrojů vody. V případě jaderné katastrofy by mohly být zpočátku kontaminovány povrchové zdroje vody v okruhu 80 km od jaderné elektrárny. Zásoby podzemní vody zůstanou v bezpečí po delší dobu. Radioaktivní uvolňování materiálu může také kontaminovat systém distribuce vody, což ho učiní dle autorů studie nepoužitelným po celé měsíce nebo dokonce roky.

I v ČR je věnována radioaktivitě povrchových vod významná pozornost. Ve vybraných profilech státní monitorovací sítě ČHMÚ jsou v povrchových vodách dlouhodobě sledovány radiologické ukazatele. Tyto profily jsou situovány v místech stávajících jaderných zařízení a v úsecích toků ovlivněných výpustěmi důlních vod a průsaky z odvalů hlušiny z těžby nebo úpravy uranových rud. Jsou sledovány povrchové vody řeky Vltavy na profilu pod zaústěním odpadních vod z jaderné elektrárny Temelín a rovněž pod zaústěním odpadních vod z jaderné elektrárny Dukovany. Dle „Zprávy o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2017“ nepřevýšily nejvyšší přípustnou hodnotu normy environmentální kvality uvedené v Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Dále je sledována kvalita povrchových vod v okolí uranových dolů. Kvalita povrchových vod v blízkosti uranových dolů byla hodnocena na základě zjištěných hodnot radiologických ukazatelů ve třídách čistoty IV. nebo V. [74, 78].

### **7.1.2 Hrozby a rizika – úprava pitné vody**

Stěžejním prvkem v systému zásobování pitnou vodou je rovněž úprava vody. Úprava podzemní vody bývá zpravidla jednodušší než úprava povrchové vody. Vody

jímané z nekontaminovaných podzemních zdrojů neobsahují na rozdíl od povrchových vod organická znečištění. Příčinou velmi nízkých (případně nulových) koncentrací organických látek v podzemních vodách je přirozená filtrace půdním prostředím. Vody povrchové již obsahují větší koncentrace organických látek, hlavní složkou bývají huminové látky. V úpravě vody je pomocí laboratorních testů zjišťována přítomnost organotrofních mikroorganismů, koliformních bakterií, *Escherichia coli*, intestinálních enterokoků, vybraných patogenních mikroorganismů (*salmonely*, *legionelly* apod.) a dalších [115]. I v oblasti úpravy vody existuje celá řada možných hrozeb a rizik. Jedná se např. o nedostatečné zajištění objektů (nezajištěný vstup do objektu – ať už se jedná o dveře, poklopy, okna apod., kdy může dojít ke kontaminaci vody exkrementy zvířat nebo v důsledku úmyslného znečištění vody), špatný stavební stav objektu (zde může být kontaminace vody zapříčiněná např. korozí zařízení), zhoršené provozní podmínky, nedostatečnou čistotu provozu apod. K úpravě surové vody na pitnou vodu je využívána řada chemických, biologických i fyzikálních procesů. Za krizovou situaci je považováno vyřazení jedné či více úpravě vody z provozu např. z důvodu rozsáhlé technologické havárie, kdy dochází k narušení technologie výroby pitné vody.

K omezení provozuschopnosti úpravny vody mohou vést výpadky v dodávkách elektrické energie. Přerušení dodávek elektrické energie může být způsobeno jak z důvodu působení přírodních jevů (námraza, silný vítr, povodně), tak z důvodů technických (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu. Další významnou hrozbou jsou kybernetické útoky. V současné době dochází k častým útokům na počítačové sítě, hardware, software, kamerové systémy apod. nejen ve vodárenství, ale i v ostatních oblastech kritické infrastruktury. Národní úřad pro kybernetickou bezpečnost vydal v dubnu 2020 varování před hrozbou v oblasti kybernetické bezpečnosti. Toto varování podle zákona o kybernetické bezpečnosti znamená „že správci systémů, které spadají do klasifikace kritické informační infrastruktury, významných informačních systémů, nebo provozovatelů základní služby, se popsány hrozbami musí zabývat a musí přijmout adekvátní opatření“ [116].

Sofistikovanost útočníků se podle NÚKIB neustále zvyšuje a pro uživatele je čím dál složitější rozpoznat falešné e-maily nebo zprávy na sociální síti. Hackerský útok může vést až k faktickému odstavení počítačové sítě a následnému ochromení provozu.

S těmito útoky se setkáváme všude ve světě. Podle ředitele národních zpravodajských služeb Federálního úřadu pro vyšetřování (FBI) jsou kybernetické útoky

hlavní hrozbou pro podnikání a kritickou infrastrukturu v USA. Např. na Floridě se v únoru 2021 hacker pokusil pomocí vzdáleného přístupu otrávit pitnou vodu ve městě Oldsmar, jak uvedla agentura Reuters [117]. Hacker se pokusil zvýšit dávku hydroxidu sodného až na stonásobek. Hydroxid sodný se v úpravách vody v malém množství běžně používá ke snížení kyselosti a minimalizaci těžkých kovů. Ve vysoké koncentraci je však toxický. Zvýšení hladiny hydroxidu sodného si naštěstí všiml pracovník úpravny vody. V ČR zaútočili v dubnu 2020 hackeři na informační systém státního podniku Povodí Vltavy – napaden byl systém pro administrativní činnosti, dle vyjádření MZe nebyly ohroženy přehrady ani dodávky vody [118].

Požadavky zákona o kybernetické bezpečnosti mohou být v ČR naplněny i certifikací podle norem řady ČSN ISO 27000, které se týkají systematického řízení bezpečnosti informací. Definiují požadavky na informační bezpečnost a kladou požadavky na management dané organizace, aby zajistil systematické vyhledávání a posuzování informačně bezpečnostních rizik, možných hrozeb, zranitelností a jejich následků. Aplikace těchto norem do konkrétních podmínek vodárenských společností je však často opomíjená [119].

Rizikem je rovněž použití nevhodných materiálů ve styku s vodou. Využívání membránových technologií se věnuje řada zahraničních studií, např. studie španělských autorů Lopéz-Roldán et al. [120], Ding et al. [121] a další. Studie Dinga a kol. z roku 2021 se věnuje problematice samotného uvolňování nanoplastů a mikroplastů z organických membrán v úpravách vod – autoři této studie analyzovali vliv stárnutí materiálu a jeho opotřebení na možné porušení membrány při jejím dlouhodobém používání.

V rozvinutých státech vedla široká implementace moderních technologií pro úpravu vody a kvalitní risk management k významnému snížení rizik a zvýšení kvality pitné vody. V lednu 2021 nabyla účinnosti nová evropská směrnice o pitné vodě Directive EU 2020/2184 [14], která upravuje minimální požadavky na kvalitu a kontrolu pitné vody – její transpozice do legislativy ČR by měla proběhnout do 2 let. Každý členský stát EU by měl zajistit, aby byly zavedeny monitorovací programy ke kontrole, zda voda určená ke konzumaci splňuje požadavky této směrnice. Při procesu úpravy a dezinfekce pitné vody by měly být používány dle této směrnice takové chemické látky na úpravu vody a filtrační média, která jsou bezpečná, účinná a řádně provozovaná, aby se předcházelo rizikům pro lidské zdraví. Indikátorové ukazatele mohou pomoci odhalit nedostatky při úpravě

a distribuci vody a jsou důležitým nástrojem pro hodnocení kvality vody. Např. z mikrobiologických ukazatelů jsou indikátorové ukazatele koliformní bakterie, počty kolonií při 22 °C nebo 36 °C, enterokoky a *Escherichia coli*. U málo organicky znečištěných vod tvoří kultivovatelné bakterie desetiny procent celkového počtu bakterií, u vod, které jsou silně organicky a fekálně znečištěné, může jít až o 10 % [115].

### **7.1.3 Hrozby a rizika – distribuce pitné vody**

Do této fáze řadíme skladování a přepravu vody. Upravená voda se pomocí vodárenských čerpacích stanic přepravuje do zásobních vodojemů (zemních nebo věžových), z vodojemů je pak voda přepravována vodovodní sítí ke koncovým spotřebitelům. I v této fázi akumulace vody ve vodojemech a při samotné distribuci vody mohou vznikat četná rizika – např. vniknutí neautorizované osoby do vodojemu, havárie na řadu (náhlý pokles tlaku v síti), hygienicky nedokonalý způsob opravy řadů apod. Vodovodní síť může být poškozena vlivem silného větru nebo povodní, může dojít k narušení spojů potrubí vlivem stárnutí materiálu nebo koroze, neprůchodnosti potrubí vlivem vysokého stupně inkrustace. Vodovodní síť může být poničena i z důvodu terorismu či vandalismu. I provoz vodojemů závisí na dodávkách elektrické energie, přerušení dodávek elektrické energie může tedy způsobit problémy i v oblasti distribuce vody.

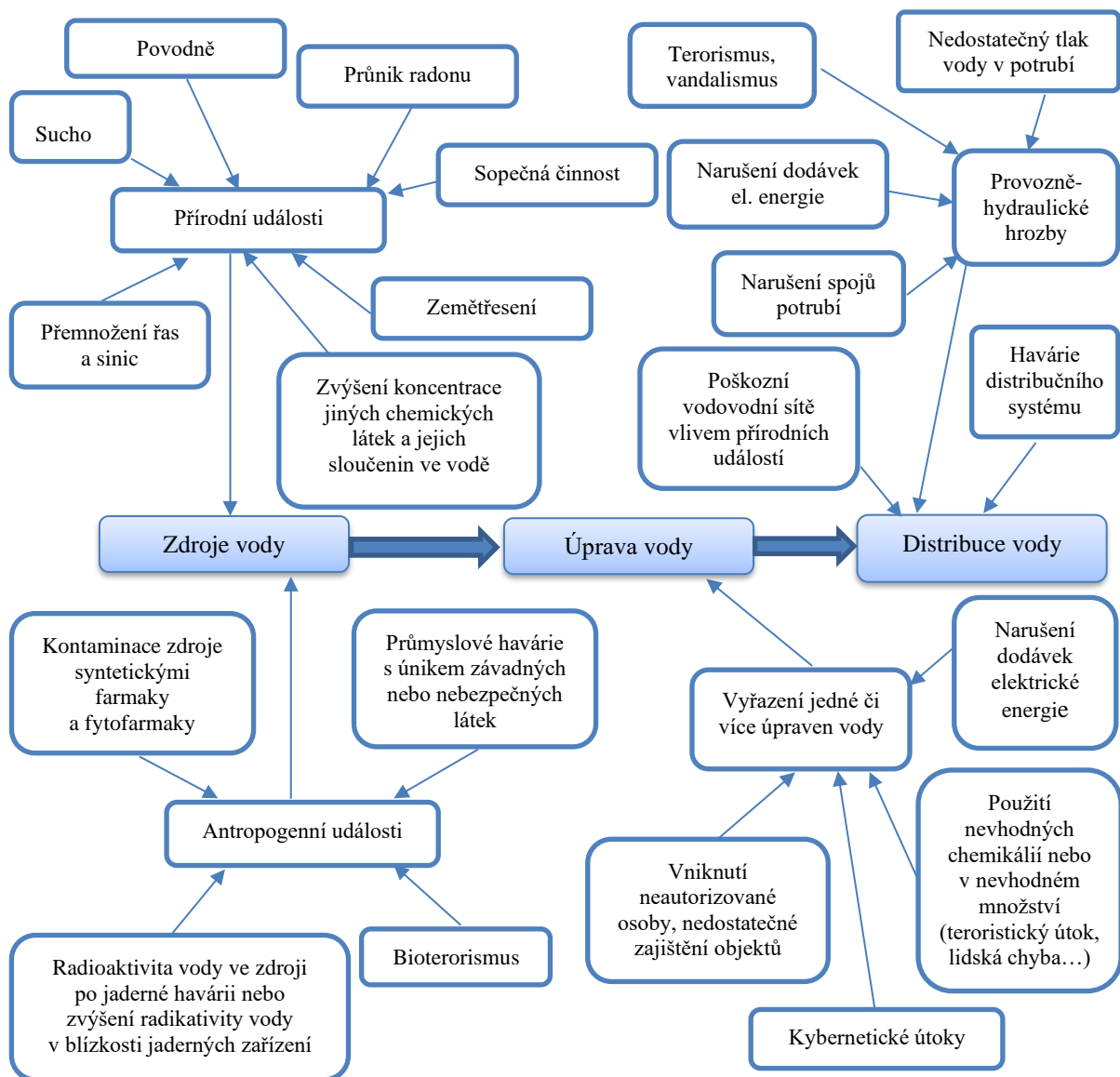
### **Shrnutí**

V podkapitole 7.1 byly identifikovány hrozby a rizika, které mohou vyústit v krizové situaci s potenciálem ohrožení odběru pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury. V oblasti vodních zdrojů můžeme hrozby a rizika rozdělit dle původu na přírodní a antropogenní. Mezi identifikované přírodní hrozby patří dlouhotrvající sucho, povodně, průnik radonu, zvýšení koncentrace jiných chemických látek a jejich sloučenin ve vodě, přemnožení řas a sinic, sopečná činnost a zemětřesení. Mezi identifikované hrozby antropogenního charakteru v oblasti vodních zdrojů patří průmyslové havárie s únikem nebezpečných nebo závadných látek, jaderné havárie s únikem radioaktivity, záměrná kontaminace zdroje (bioterrorismus). Za kontaminující složky vodních zdrojů lze považovat i syntetická farmaka a fytofarmaka. V oblasti úpravy vody byly identifikované následující hrozby a rizika: přerušení dodávek elektrické energie, kybernetické útoky, které se stávají stále větší hrozbou, nedostatečné zajištění objektů, špatný stavební stav objektu, zhoršené provozní podmínky, chybné dávkování chemikálií, uvolňování

nanoplastů a mikroplastů z organických membrán. V oblasti distribuce vody existuje riziko vniknutí neautorizované osoby do vodojemu, poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí (povodně, silný vítr), přerušení dodávek elektrické energie (vyřazení vodojemu z provozu). K destrukci vodovodní sítě či k záměrné kontaminaci vody může dojít i z důvodu terorismu či vandalismu.

Hrozby a rizika, která mohou vyústit v krizové situace ohrožující odběry pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury, jsou znázorněny na schématu č. 3.

Schéma 3: *Hrozby a rizika, která mohou vyústit v krizové situace ohrožující systém zásobování vodou (zdroj vlastní)*



## 7.2 Analýza silných a slabých stránek jednotlivých způsobů provozování vodárenských systémů

Provozování vodovodů pro veřejnou potřebu může být zajištěno několika způsoby. Z hlediska ZVaK rozlišujeme v rámci provozování tři hlavní osoby, a to vlastníka, provozovatele a odběratele. Vlastníkem je subjekt, který má výlučné vlastnické právo k danému vodovodu nebo kanalizaci nebo subjekt s odvozeným dispozičním právem k infrastruktuře na základě zákona (např. svazek obcí nebo zájmová sdružení právnických osob). Provozovatel je osoba, která provozuje vodovod nebo kanalizaci, je držitelem povolení vydaného krajským úřadem k jeho provozování. Odběratel je vlastník pozemku nebo stavby připojené na vodovod nebo kanalizaci.

Evropská federace národních asociací vodohospodářských služeb (EurEau) uvádí, že v ČR převládá delegovaná soukromá správa (59 % trhu), kdy odpovědný veřejný subjekt pověří soukromou společností, aby provozovala vodohospodářské služby na základě nájemní, pachtovní či koncesní smlouvy [122]. I metodika Státního fondu životního prostředí jako nejrozšířenější model v ČR uvádí oddílný model provozování. Princip tohoto modelu spočívá v participaci dvou subjektů, kdy jeden subjekt je veřejný a je vlastníkem infrastruktury, a druhý subjekt je provozovatelem a je soukromý [123, 124]. Dalším možným modelem je model samostatného provozování. Obec si v tomto modelu provozuje svou infrastrukturu sama, vlastním jménem a na vlastní odpovědnost. Tento model využívají především menší obce. Pokud je sama obec vlastníkem vodohospodářské infrastruktury, vztahují se na ni práva a povinnosti uvedené v § 7 a 8 zákona 274/2001 Sb. (ZVaK). Základní povinností je podle zákona „zajistit plynulé a bezpečné provozování vodovodu a kanalizace, vytvářet rezervu finančních prostředků na jejich obnovu a dokládat jejich použití pro tyto účely“ [21]. Některé specializované činnosti mohou obce outsourcovat na základě servisní smlouvy. Vzhledem k velmi obsáhlé a složité legislativě v této oblasti i vzhledem k finanční náročnosti však často obce uzavírají provozní smlouvy se soukromými provozovateli, na které přenáší část svých povinností i rizik. Dalším v praxi často využívaným modelem je tzv. smíšený model provozování, kdy subjekt je současně vlastníkem i provozovatelem (vlastník i provozovatel infrastruktury je jedna a tatáž osoba odlišná od obce, kdy např. obce vloží majetek do společnosti, která je potom vlastníkem infrastruktury i provozovatelem současně) [123,124].

Pro potřeby této disertační práce budou provozovatelé vodárenských systémů reprezentující nejčastěji využívané modely provozování v ČR rozčleněni dle velikosti (podle počtu zásobovaných obyvatel) na malé, střední a velké provozovatele.

Do kategorie „malý provozovatel“ byly zařazeny malé obce, které samostatně provozují vlastněné vodovody a kanalizace, odpovídají za bezpečný, plynulý a spolehlivý provoz, některé specializované činnosti outsourcují na základě servisní smlouvy (model samostatného provozování). Do kategorie středního provozovatele byla zařazena města (případně svazky měst a obcí), která založí společnost, jež zajišťuje bezproblémové dodávky pitné vody. Jedná o model, kdy vlastník (obec, případně obec s rozšířenou působností) či více vlastníků založí společnost (např. VaK), do které vloží majetek a která je pak provozovatelem infrastruktury (smíšený model provozování). Do kategorie velkého provozovatele byli zařazeni profesionální provozovatelé zajišťující výrobu a distribuci pitné vody (např. Veolia) – nejčastěji na základě pachtovní smlouvy (oddílný model provozování), případně na základě servisní smlouvy.

Jednotlivé způsoby provozování mají samozřejmě své výhody i nevýhody. Lze je posuzovat jak z hlediska samotného provozování, tak i z hlediska ekonomického, finančního, z hlediska administrativní náročnosti apod. Analýza silných a slabých stránek jednotlivých modelů provozování z pohledu obce je zpracována níže pomocí matice IFE. Postup sestavení matice včetně bodového ohodnocení je uveden v kapitole 5.2.

### **Analýza silných a slabých stránek malého provozovatele (model samostatného provozování)**

*Tabulka 8: Analýza silných a slabých stránek malého provozovatele*

	Faktor	Váha (V)	Stupeň vlivu (SV)	(V)*(SV)
<b>Silné stránky S</b>				
1.	Obec zajišťuje výběr vodného a stočného na svůj účet.	0,05	3	0,15
2.	Dohled provádí sama.	0,07	3	0,21
3.	Obec sama řídí/koordinuje služby externích dodavatelů.	0,07	3	0,21
4.	Obec si stanovuje sama cenu vodného a stočného – může i dotovat z vlastních zdrojů.	0,15	4	0,6
5.	Nástroj politiky představitelů obce k oslovení voličů.	0,05	4	0,2

Slabé stránky				
1.	Vysoká odborná náročnost (obec nemá ošetřená mnohá rizika).	0,18	1	0,18
2.	Riziko spojené s výběrem vodného a stočného – vymáhání pohledávek apod.	0,05	2	0,1
3.	Nedostatek prostředků na investice.	0,1	1	0,1
4.	Vysoká finanční náročnost.	0,1	1	0,1
5.	Chybějící odborný personál.	0,18	1	0,18
		$\Sigma=1$		$\Sigma=2,03$

Z matice je patrné, že nejvýznamnější silnou stránkou tohoto modelu provozování je, že si obec sama stanovuje cenu vodného a stočného, kterou může i dotovat z vlastních zdrojů. Naopak nejvýznamnější slabou stránkou je vysoká odborná náročnost, kdy obec zpravidla nemá kvalifikované odborníky s potřebnými znalostmi a zkušenostmi a nemá ošetřená mnohá rizika. Každý vlastník sice musí dle zákona splňovat kvalifikační požadavky (případně pokud tuto podmínku sám nesplňuje, tak mít odborného zástupce), v praxi toto většinou ale u malých obcí funguje tak, že oprávněná osoba vykonává činnost odborného zástupce hned u několika obcí (někdy i u desítek obcí) a řada z nich potom funguje pouze formálně.

### **Analýza silných a slabých stránek středního provozovatele (smíšený model provozování)**

Tabulka 9: Analýza silných a slabých stránek středního provozovatele

	Faktor	Váha (V)	Stupeň vlivu (SV)	(V)*(SV)
<b>Silné stránky S</b>				
1.	Společnost (VaK) zajišťuje výběr vodného a stočného – nese tedy i rizika spojená s jejich výběrem.	0,05	3	0,15
2.	Společnost financuje opravy a údržbu z vlastních zdrojů.	0,08	4	0,32
3.	Společnost má veškeré povinnosti vlastníka, je zodpovědná za provoz i za dodržování legislativních povinností.	0,09	4	0,36
4.	Společnost má zavedený kontrolní systém, systém řízení rizik.	0,09	4	0,36
5.	Společnost má odborný personál.	0,1	4	0,4
6.	Obci nevznikají náklady s vybavením, existencí vlastního provozovatelského subjektu.	0,08	3	0,24



Slabé stránky				
1.	Obec (svazek obcí) ztrácí možnost samostatného rozhodování o obnově a rozvoji VHL.	0,05	2	0,1
2.	Obec sama již nerozhoduje o ceně vodného a stočného, může být uplatňován princip solidární ceny.	0,05	2	0,1
3.	Obec nemá plnou kontrolu nad kvalitou poskytovaných služeb.	0,12	1	0,12
4.	Provozovatelé nemohou využívat synergické efekty velkých provozovatelů.	0,12	1	0,12
5.	Nedostatečná motivace provozovatele ke zlepšování služeb.	0,1	1	0,1
6.	Vysoká finanční náročnost (nedostatečná obnovovací funkce odpisů).	0,07	1	0,07
		$\Sigma=1$		$\Sigma=2,44$

Z matice vyplývá, že nejvýznamnější silnou stránkou tohoto modelu provozování vodárenských systémů je dostatečné odborné zabezpečení. Další významné silné stránky spočívají v tom, že společnost (VaK) má veškeré povinnosti vlastníka, je zodpovědná za provoz i za dodržování legislativních předpisů, má zavedený kontrolní systém, má zavedený systém řízení rizik. Významnou silnou stránkou tohoto způsobu provozování je rovněž fakt, že společnost financuje opravy a údržbu z vlastních zdrojů. Naopak mezi významné slabé stránky patří skutečnost, že obec nemá plnou kontrolu nad kvalitou poskytovaných služeb a že provozovatelé nemohou využívat synergické efekty velkých provozovatelů.

### **Analýza silných a slabých stránek velkého provozovatele (oddílný model provozování)**

*Tabulka 10: Analýza silných a slabých stránek velkého provozovatele*

	Faktor	Váha (V)	Stupeň vlivu (SV)	(V)*(SV)
<b>Silné stránky S</b>				
1.	Dostatečné odborné personální zabezpečení	0,1	4	0,4
2.	Ekonomicky silný provozovatel může realizovat významné úspory provozních nákladů (např. množstevní slevy při nákupu materiálu, energií apod.).	0,12	4	0,48
3.	Provozovatel přináší vlastní celosvětové „know-how“, zavedený kontrolní systém, systém řízení rizik.	0,2	4	0,8

5.	Při správně uzavřené smlouvě obec neztrácí kontrolu.	0,08	3	0,24
6.	Veškerá rizika nese provozovatel, nájemné je pevně stanoveno na rok dopředu.	0,08	4	0,32
<b>Slabé stránky</b>				
1.	Předčasné ukončení smlouvy je obtížné.	0,1	1	0,1
2.	Zisk z provozování plyne provozovateli, obec ztrácí část prostředků ve formě zisku.	0,1	1	0,1
3.	S blížícím se koncem smlouvy není provozovatel dostatečně motivován k šetrnému zacházení s VHI.	0,04	2	0,08
4.	Složité právní procesy přípravy a realizace smluvního řízení.	0,1	1	0,1
6.	Při ukončení smlouvy (v případě nedohody) možná nesoučinnost – provozovatel by mohl odvést klíčové odborníky i informace.	0,08	1	0,08
		$\Sigma=1$		$\Sigma=2,7$

Ze sestavené matice je patrné, že v tomto modelu provozování výrazně převládají silné stránky. Mezi nejvýznamnější silné stránky patří skutečnost, že provozovatel přináší celosvětové „know-how“, má nastavené kontrolní procesy, zavedený systém řízení rizik, může využívat synergické efekty. Další významnou silnou stránkou je fakt, že ekonomicky silný provozovatel může realizovat významné úspory provozních nákladů a disponuje také dostatečným odborným personálním zabezpečením. Naopak mezi nejvýznamnější slabé stránky patří složité právní procesy přípravy a realizace smluvního řízení a obtížné předčasné vypovězení smlouvy. Další významnou identifikovanou slabou stránkou je, že zisk z provozování plyne provozovateli a obec tak ztrácí část prostředků, které by při vlastním provozování systému získala.

### 7.3 Analýza rizik

V ČR začala být analýze rizik vodárenských systémů a problematice zabezpečení dodávek pitné vody během krizových situací věnována vyšší pozornost po extrémních povodních, které Střední Evropu zasáhly v letech 1997 (především povodí řek Morava a Odry) a 2002 (povodí Vltavy, dolní tok Labe, okrajově i Ohře a Dyje). Další událostí světového významu pak byly teroristické útoky v USA 11. září 2001. V souvislosti s výše zmíněnými událostmi začíná být akcentována i zranitelnost vodárenských soustav a nutnost odhalovat, posuzovat a řídit rizika související se zásobováním obyvatelstva pitnou vodou.

I přes vysoký stupeň automatizace a využívání výpočetní a diagnostické techniky vykazují vodárenství poměrně vysoké riziko zranitelnosti. Spolehlivost vodárenských systémů hromadného zásobování pitnou vodou je základním předpokladem bytového fondu měst a obcí, současně je důležitým předpokladem pro udržení provozuschopnosti dalších druhů infrastruktur (provoz zdravotnických zařízení, výroba léků, výroba potravin, ubytovací a stravovací služby a další). Ve velkých městech slouží vodárenské systémy také jako jeden z hlavních víceúčelových zdrojů požární vody [73]. Velkou pozornost je tedy třeba věnovat identifikaci možných rizik a jejich analýze.

Rizika lze v zásadě členit na rizika kvantitativní (spočívající v nedostatku pitné vody, v narušení dodávek pitné vody) a kvalitativní (spočívající ve zhoršení kvality pitné vody). Dále lze rizika kategorizovat podle dvou základních parametrů – podle pravděpodobnosti rizika a jeho dopadu (případně četnosti rizika).

### **7.3.1 Analýza rizik metodou PNH**

Při kvantifikaci rizik lze vycházet ze symbolického vztahu  $R = P \times N$ , kde R vyjadřuje míru rizika, P pravděpodobnost výskytu a N následky (dopad) daného rizikového faktoru. Obecně lze říci, že analýza rizik systematicky využívá dostupné informace k identifikaci možných nežádoucích stavů a ke kvantifikaci rizik, která z nich vyplývají. Obecný postup je standardizován – oblast řízení rizik upravuje norma ČSN EN IEC 31010 ED.2 Management rizik – Techniky posuzování rizik, aktualizovaná v roce 2020, kde je nově zpracovaná kategorizace technik posuzování rizik. Analýza rizik je součástí systému řízení rizik [125].

Každý provozovatel vodárenských systémů by měl mít v rámci zpracované interní dokumentace řešeno i oblast integrálního řízení rizik, která zahrnuje tři základní oblasti činnosti, a to preventivní opatření, způsob řešení události a regeneraci zasažených objektů. Nedílnou součástí této interní dokumentace by měla být analýza a zmapování silných a slabých stránek provozovaného zařízení. Níže je pomocí metody PNH zpracována analýza rizik u provozovatelů vodárenských systémů v ČR. Celý systém zásobování vodou je pro tyto účely rozčleněn do tří částí (zdroj vody, úprava vody, distribuční systém) – rizika jsou posuzována u každé části zvlášť. V případě zdrojů vody je nutné brát v úvahu, že provozovatel může mít velmi omezené možnosti řídit rizika např. u povrchových zdrojů vody. Přípojky a domovní rozvody v majetku vlastníků připojených nemovitostí v této analýze řešena nejsou, protože zde má provozovatel jen

velice omezené možnosti k ovlivnění těchto případných rizik. Hodnotitelem v analýze rizik metodou PNH byl odborník s dlouholetými zkušenostmi v oboru vodárenství.

Tabulka 11: Hodnocení rizik u provozovatelů vodárenských systémů v ČR metodou PNH

Zdroj vody a jeho ochranné pásmo				
Riziko	Pravděpodobnost (P)	Následky (N)	Názor hodnotitele (H)	R
Zvýšení koncentrace radonu nebo jiných chemických látek	3	3	2	18
Nedostatek vody z důvodu sucha (ohrožuje zejména menší obce závislé na lokálních zdrojích)	3	4	4	48
Úmyslné znečištění vodního zdroje	2	4	4	32
Kontaminace vodního zdroje vlivem rostlinné nebo živočišné výroby	3	3	3	27
Farmaceutická kontaminace vodního zdroje	3	3	2	27
Kontaminace zdroje vlivem průmyslové havárie	4	4	4	64
Znečištění vodního zdroje vlivem povodní	3	3	2	12
Přemnožení řas a sinic ve vodním zdroji	2	2	2	8
Úprava vody				
Objekt úpravny vody není dostatečně zabezpečen (oplocení, ostraha, elektronický systém)	2	4	4	32
Kybernetické útoky	4	5	4	80
Výpadky v dodávkách elektrické energie na zdroji	3	4	4	48

Špatný stavební stav objektu	2	2	3	12
Havárie	2	4	4	32
Použití nevhodných chemikálií (nebo v nevhodném množství)	2	4	4	32
Nedostatečná čistota, špatné provozní podmínky	2	3	3	18
Nedostatečná technologie úpravy vody (vzhledem k její kvalitě)	2	3	4	24
Distribuční systém (vodojemy, vodovodní síť)				
Poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí (povodně, vichřice, zemětřesení ...)	3	4	2	24
Narušení spojů potrubí vlivem stáří materiálu	4	2	3	24
Zanedbaná údržba, nízký stupeň znalosti vodovodního systému	2	3	3	18
Neprůchodnost potrubí, vysoký stupeň inkrustace potrubí	2	3	2	12
Porucha dodávek elektrické energie	3	4	4	48
Vandalismus, terorismus	2	5	4	40

Na základě provedené analýzy je možné rozčlenit rizika do jednotlivých rizikových stupňů. Z tohoto rozčlenění rovněž vyplývá, s jakou naléhavostí by se měl manažer věnovat řešení jednotlivých rizikových situací. Slouží také k nastavení priorit, kterým rizikům je třeba věnovat nejvyšší pozornost. Rizika nepřijatelná jsou vyznačena červenou barvou, rizikům této kategorie je třeba věnovat nejvyšší pozornost a je nutné zavádět opatření ke snížení a eliminaci těchto rizik. Rizika nežádoucí jsou vyznačena oranžovou barvou, i těmto rizikům je třeba věnovat patřičnou pozornost, a to včetně opatření

k prevenci a eliminaci těchto rizik. Mírná rizika jsou vyznačena žlutou barvou, akceptovatelná rizika pak barvou zelenou, stejně tak jako rizika bezvýznamná.

### **7.3.2 Případová studie – aplikace metody FMEA**

Vzhledem k faktu, že rizika je nutné vždy posuzovat v podmínkách konkrétního provozovatele, je analýza FMEA zpracována pro tři konkrétní vybrané provozovatele vodárenských systémů formou případové studie.

Z kategorie „malý provozovatel“ reprezentující samostatný model provozování je FMEA analýza zpracována pro vybranou obec ve Středočeském kraji (okres Praha-Východ), která je sama vlastníkem vodohospodářské infrastruktury a odpovídá za bezpečný, plynulý a spolehlivý provoz systému (dále v textu anonymizována a označena jako provozovatel A). Vodou zásobuje cca 1 100 obyvatel. Z kategorie „střední provozovatel“ reprezentující smíšený model provozování je analýza zpracována pro společnost, která provozuje vodárenskou infrastrukturu ve Středočeském kraji. Společnost byla založena již v roce 1993 a zásobuje pitnou vodou cca 65 000 obyvatel (dále v textu anonymizována a označena jako provozovatel B). Kategorie velkého provozovatele, který reprezentuje oddílný model provozování, je zastoupena velkým provozovatelem ve Středních Čechách, který je součástí nadnárodního koncernu a vodou zásobuje zhruba 300 000 obyvatel (dále v textu označen jako provozovatel C).

Bezpečné zajištění dodávky kvalitní pitné vody závisí na mnoha faktorech – na kvalitě surové vody, efektivitě úpravy vody i na stavu distribuční sítě. Rizika v následující případové studii jsou proto posuzována odděleně ve třech klíčových oblastech – tedy v oblasti zdroje vody, úpravy vody a její distribuce.

Hodnocení rizik prováděla čtyřčlenná expertní skupina. K sestavení expertní skupiny byl zvolen přístup dle schopností jednotlivých členů skupiny se stejnou vahou rozhodnutí jednotlivých expertů.

Instrukce k tabulkám Tabulka 15 - Tabulka 17

**Oblast:** Rizika rozčleněna do tří oblastí – zdroje vody, úpravy vody a distribuce vody.

**Riziko:** Možnost, že nastane událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí.

**Možné následky rizika:** Jaké následky by případná událost měla?

**Možná příčina:** Čím mohlo být dané riziko zapříčiněno?

**RPN (index rizikovosti):** Součin parametrů [význam], [výskyt] a [odhalitelnost] uvedených v tabulkách č. 12 – 14.

Tabulka 12: Kritéria závažnosti důsledku

Význam rizika	Kritéria závažnosti důsledku	Známka
Kritický	Velmi vysoká závažnost ohrožující celý proces s kritickými následky pro koncové uživatele, vyřazení celého systému z provozu.	5
Velmi závažný	Velmi závažné riziko, možnost částečného ohrožení systému zásobování vodou.	4
Velmi závažný	Středně závažné riziko, možnost částečného ovlivnění systému.	3
Nízký	Riziko málo závažné, systém zásobování vodou vážněji neohrožuje.	2
Nevýznamný	Nevýznamné riziko, neohrožuje plynulé zásobování vodou.	1

Tabulka 13 Pravděpodobnost výskytu rizika

Výskyt rizika	Pravděpodobnost výskytu rizika	Známka
Velmi vysoký	Pravděpodobnost výskytu rizika je velmi vysoká, je třeba přijmout okamžité řešení.	5
Vysoká	Vysoká pravděpodobnost výskytu rizika, je třeba přijmout včasné řešení.	4
Střední	Středně vysoká pravděpodobnost výskytu, je třeba přijmout řešení, nikoli však naléhavě.	3
Nízký	Velmi nízká pravděpodobnost výskytu, potřeba řešení není naléhavá.	2
Nepravděpodobný	Pravděpodobnost výskytu rizika je nevýznamná.	1

Tabulka 14: Pravděpodobnost odhalení

Odhalitelnost	Pravděpodobnost odhalení	Známka
Absolutní nejistota	Riziko je nepředvídatelné.	5
Nízká	Riziko je těžko předvídatelné.	4
Střední	Pravděpodobnost odhalení rizika je obtížně předvídatelná.	3
Vysoká	Vysoká pravděpodobnost odhalení rizika, existují standardně zavedené postupy pro monitoring a odhalování rizika.	2
Téměř jistá	Velmi vysoká pravděpodobnost odhalení rizika pomocí standardně nastavených kontrolních mechanismů.	1

Tabulka 15: Analýza FMEA malý provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Zdroj vody	Zvýšení koncentrace radonu	Uvolňování radonu do ovzduší místností s velkou spotřebou vody	5	Průnik radonu do podzemní vody z hornin	1	Nejedná se o oblast se zvýšeným obsahem radonu, bez opatření	1	5	Systematické měření a hodnocení obsahu radonu ve vodě, aerační zařízení	1	1	1	1
									Informační materiály, vzdělávání veřejnosti	2	1	1	2
	Povodně	Kontaminace zdroje	5	Tání sněhu	5	Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)- nedisponují vlastními, mohou si zapůjčit	1	25	Propojování vodárenských soustav	3	3	1	9
									Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2
									Pořídit vlastní cisterny a voznice pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	2	1	1	2
				Vydatné dešťové srážky	5	Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)- nedisponují vlastními, mohou si zapůjčit	1	25	Propojování vodárenských soustav	3	3	1	9
									Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2
									Pořízení vlastních cisteren a voznic pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	2	1	1	2
	Porucha vodního díla - protržení hráze přehrady	3	Bez opatření, málo relevantní, nejbližší přehrada daleko	N/A	N/A								
	Sucho	Nedostatek vody	2	Klimatické změny, zvyšování průměrné teploty vzduchu, deficit srážek	3	Bez opatření (stávající plány zastaralé, bez aktualizace)	4	24	Aktualizace krizových plánů a postupů, zmírňování dopadů sucha pomocí obnovy přirozeného vodního režimu krajiny	1	1	1	1
									Udržování rovnováhy mezi zdroji vody a její potřebou	4	2	1	8
									Efektivnější využívání srážkové vody	4	2	1	8
	Zvýšení koncentrace chemických látek a jejich sloučenin	Kontaminace zdroje	4	Hnojiva (dusičnany, dusitany, fosforečnany..) ve zdrojích v blízkosti polí a zemědělských provozů	3	Monitorování, průběžné sledování kvality vody - pouze povinný rozsah	5	60	Provádění rozšířených kontrol kvality vody z vlastní iniciativy	2	3	1	6
Odpadní vody z průmyslových objektů				3	Monitorování, průběžné sledování kvality vody - pouze povinný rozsah	5	60	Provádění rozšířených kontrol kvality vody z vlastní iniciativy, zvýšená preventivní a kontrolní činnost na straně průmyslových podniků	2	1	1	2	
Průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek				3	Bez opatření	4	48	Provádění kontroly rizikových aktivit v ochranných pásmech vodních zdrojů, neustálá aktualizace bezpečnostních opatření v průmyslových podnicích, které nakládají s nebezpečnými látkami	2	1	1	2	



Tabulka 15: Analýza FMEA malý provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní) - pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Zdroj vody	Syntetická farmaka a fytofarmaka	Kontaminace zdroje	3	Vylučování farmak a fytofarmak z těl zvířat i lidí	4	Bez opatření	5	60	Monitorování farmak a fytofarmak ve vodě	2	1	1	2
				Nemocniční, městské, průmyslové, domácí odpadní vody	4	Bez opatření	4	48	Přijetí seznamu prioritních látek a jeho pravidelná revize a aktualizace	2	1	1	2
				Neodborná likvidace nepoužitých léčiv	2	Legislativa - zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech v platném znění	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informační kampaň směrem k veřejnosti o nakládání s nepoužitými léčivy</li> <li>Minimalizace nadužívání léků</li> </ul>	2	1	1	2
				Nedokonalé odstranění farmak a fytofarmak v procesu čištění	3	Bez opatření	4	36	Kombinace aerobního a anaerobního čištění, využívání pokročilých oxidačních procesů	1	2	1	2
	Zemětřesení	Kontaminace zdroje	1	Náhlé uvolnění energie v zemské kůře, zemětřesení vulkanická apod.	1	Bez opatření - neleží v seismograficky aktivní oblasti	1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring vody</li> <li>Pravidelná aktualizace krizových plánů a postupů</li> </ul>	1	1	1	1
		Pokles hladiny podzemní vody	1						<ul style="list-style-type: none"> <li>Nastavení systému vzdělávání a informovanosti veřejnosti v seismicky ohrožených oblastech</li> <li>Připravenost domácností - vytváření si vlastních zásob pitné vody na doporučenou dobu</li> </ul>	2	1	1	2
		Změny v chemickém složení vody	1										
	Sopečná činnost	Kontaminace zdroje	1	Sopečný popel, který může suspendovat vodní zdroj	1	Bez opatření - neleží v tektonicky aktivní oblasti	3	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring vody</li> <li>Pravidelná aktualizace krizových plánů a postupů</li> </ul>	1	1	2	2
		Změny v chemickém složení vody	1	Tzv. kyselý déšť, který může být sekundárním důsledkem sopečné činnosti a může vodní zdroje kontaminovat	1	Bez opatření - neleží v tektonicky aktivní oblasti	2	2	Nastavení systému vzdělávání a informovanosti veřejnosti v seismicky ohrožených oblastech	2	1	1	2
									Připravenost domácností - vytváření si vlastních zásob pitné vody na doporučenou dobu	2	1	1	2
	Přemnožení řas a sinic	Kontaminace zdroje	2	Přírodní i umělá eutrofizace	2	Vizuální kontrola	5	20	Pravidelné mikrobiální rozbory vody. Preventivní opatření - předcházet znečištění vod látkami, které podporují bujení sinic a řas	3	2	2	12
		Produkce cyanotoxinů	2						Úprava vody koagulace a filtrace, chlorace	2	8	Ekologicky šetrné přístupy v zemědělství	2
	Biotorismus	Kontaminace zdroje	3	Záměrná kontaminace zdroje biologickými patogeny (bakteriálními, parazitárními, virovými)	2	Bez opatření	5	30	Včasná detekce, včasné hlášení možného podezření orgánům ochrany veřejného zdraví	2	2	2	8
						Včasné zajištění NZV	5	30	Koordinovaná a účinná reakce	2	2	2	8

Tabulka 16: Analýza FMEA malý provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Úprava vody	Nedostatečné zajištění objektů (chybějící oplocení, ostraha, elektronický systém)	Kontaminace vody	4	Nečistota, nekázeň	2	Zabezpečení objektů pomocí zámku a mříže	2	16	Vlastní iniciativa malých provozovatelů ke zvýšení zabezpečení objektů	1	2	1	2
				Vniknutí neznámé (neautorizované) osoby	3			24					
				Úmyslné znečištění vody chemickými nebo biologickými kontaminanty	2	Monitoring kvality pitné vody - odebrané vzorky vozí do laboratoří	2	16					
	Špatný stavební stav objektu	Kontaminace vody	4	Zanedbaná údržba stěn	4	Údržba zařízení	2	32	Preventivní opatření, pravidelný monitoring	2	1	1	2
				Zhoršené provozní podmínky	3	Pověřená osoba stanovená dle Vyhláška MZ 490/2000 Sb.	1	12	Finanční motivace malých provozovatelů k nastavení systému řízení rizik	2	1	1	2
						Bez opatření	2	24	Vzdělávání zaměstnanců				
	Nedostatečná čistota provozu	3	Na zajištění by bylo potřeba více prostředků.	1	12	Finanční motivace malých provozovatelů k nastavení systému řízení rizik							
	Použití nevhodných materiálů ve styku s vodou	Uvolňování mikroplastů, nanoplastů z membrán apod.	N/A	Stárnutí materiálu a jeho opotřebení	2	Membránová separace není využívána. Hygienické požadavky jinak stanovuje legislativa (vyhláška MZ č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody)	N/A	N/A	Důsledné kontroly, monitoring vody	1	1	1	1
				Porušení membrán vlivem dlouhodobého používání	N/A								
	Výpadky v dodávkách elektrické energie	Omezení provozuschopnosti úpravny vody	5	Výpadky v dodávkách elektrické energie z důvodu působení přírodních jevů (námraza, silný vítr, povodně a další)	3	Bez opatření	4	60	Pořízení vlastních záložních zdrojů elektrické energie	2	1	1	2
				Výpadky v dodávkách elektrické energie z technických příčin (výřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu	3	Bez opatření	4	60	Pořízení vlastních záložních zdrojů elektrické energie				
									Nácvik "blackoutu"	2	1	1	2
	Použití nevhodných chemikálií (nebo v nevhodném množství)	Zhoršení organoleptických vlastností vody, v extrémním případě může voda způsobit zdravotní problémy nebo úmrtí	3	Špatný technický stav určitých částí technologické linky úpravny vody	2	Údržba zařízení - vliv prevence na údržbu zařízení	4	24	Kontejnerizované úpravny vody (pro malé provozovatele - obce)	2	1	1	2
				Lidská chyba	2	Automaticky řízená dávkovací čerpadla	4	24	Automatické systémy	1	1	1	1
				Teroristický útok	1	Bez opatření	3	9	▪Připravenost - havarijní a krizové plány	3	1	1	3
▪Nutná pravidelná aktualizace									4	2	1	8	

Tabulka 16: Analýza FMEA malý provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní) - pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Úprava vody	Kybernetické útoky	Omezení funkčnosti informačních systémů, vyřazení řídicích systémů úpravny vody, narušení provozu.	2	Hackerský útok	2	Bez opatření	4	16	Dobrovolná a důsledná implementace preventivních bezpečnostních opatření v rámci vnitřních řídicích kontrolních systémů k zajištění co nejvyšší úrovně ochrany	2	2	1	4
				Denial of Service	1	Bez opatření	3	6					
				Lidská chyba na straně zaměstnanců (otevření nebezpečné přílohy apod.)	2	Bez opatření	3	12	Vzdělávání zaměstnanců v oblasti digitální bezpečnosti	2	2	1	4
	Nedostatečná technologie úpravy vody (vzhledem k její kvalitě)	Zhoršení organoleptických vlastností vody, voda může způsobovat zdravotní problémy	1	Nesprávné dávkování např. manganistanu draselného nebo chlornanu vzhledem k aktuální kvalitě surové vody	2	Nastavení vnitřních kontrolních mechanismů provozovatele	2	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Monitoring kvality vody ve vodních zdrojích</li> <li>▪Využívání nejnovějších technologických postupů, moderní oxidační procesy</li> </ul>	2	1	1	2
				Nezjištěné zhoršení kvality surové vody v prameništi (např. po vydatnějších srážkách)	2	Bez opatření	2	4					

Tabulka 17: Analýza FMEA malý provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Distribuční systém (vodojemy, vodovodní sítě)	Poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí	Přerušení dodávek vody	3	Povodně	2	Krizové postupy	1	6	Pravidelná aktualizace krizových plánů. Přípravenost - výstražné systémy (předpovědní a výstražná povodňová služba), mapování ohrožených míst	2	2	1	4
						Propojování vodárenských soustav není vybudováno.	N/A	N/A	Vyčlenění potřebných finančních prostředků propojování vodárenských soustav, důsledný krizový management	3	3	1	9
						Náhradní či nouzové zásobování vodou – vlastními cisternami ani voznicemi nedisponuje, v případě potřeby si může zapůjčit	1	6	Pořízení vlastních cisteren/vozníc. Budování záložních zdrojů vody	2	2	1	4
			3	Silný vítr	3	Krizové postupy	1	9	Přípravenost - výstražná služba v oblasti operativní metrologie, využívání nových technologií pro zpřesnění předpovědi	2	2	1	4
						Propojování vodárenských soustav není vybudováno	N/A	N/A	Vyčlenění potřebných finančních prostředků propojování vodárenských soustav	3	3	1	9
						Náhradní či nouzové zásobování vodou - vlastními cisternami ani voznicemi nedisponuje, v případě potřeby si může zapůjčit	1	9	Pořízení vlastních cisteren/vozníc. Budování záložních zdrojů vody	2	2	1	4
	Narušení spojů potrubí	Přerušení dodávek vody	4	Stáří materiálu	4	Obnova vodovodní sítě se provádí pouze v omezené míře z důvodu nedostatku finančních prostředků - pouze v případě havárie, ne preventivně - plán financování obnovy je povinný, ale nevyhnutelný	4	64	Vyčlenění potřebných finančních prostředků k pravidelné obnově vodovodní sítě (včetně preventivních opatření)	3	2	1	6
	Zanedbaná údržba, nízký stupeň znalosti vodovodního systému	Přerušení dodávek vody	3	Nedostatek finančních prostředků na údržbu	4	Bez opatření	3	36	Navýšení finančních prostředků na údržbu	2	2	1	4
				Chybějící odborný personál zejména u malých provozovatelů	4	Spolupráce s externími subjekty	3	36	Vzdělávání zaměstnanců, vymezení požadované kvalifikace zaměstnanců, vymezení odpovědnosti zaměstnanců	2	3	1	6

Tabulka 18: Analýza FMEA malý provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní - pokračování)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Distribuční systém (vodojemy, vodovodní sítě)	Neprůchodnost potrubí, vysoký stupeň inkrustace potrubí	Přerušení dodávek vody	2	Příliš tvrdá voda tvořící inkusty na stěnách potrubí	N/A	Nemá tvrdou vodu - bez opatření.	N/A	N/A	Zajištění vhodných provozních podmínek a jejich neustálý monitoring	N/A	N/A	N/A	N/A
				Zajištění rovnoměrnosti průtoků	N/A	N/A	N/A	N/A					
			Nahromaděné mechanické nečistoty	2	Pravidelné čištění vodovodního potrubí, proplach potrubí proudem vody	2	8	Při výstavbě nebo renovaci vodovodů používat plastové potrubní systémy	2	2	1	4	
	Porucha dodávek elektrické energie	Přerušení dodávek vody	3	Výpadky v dodávkách elektrické energie z důvodu působení přírodních jevů (námraza, silný vítr, povodně a další)	3	Bez opatření	4	36	Posilování přípravy domácností - vytvářet si zásoby balené vody v doporučeném množství	2	1	1	2
					3	Bez opatření	4	36	Pořízení vlastních záložních zdrojů elektrické energie	2	1	1	2
			3	Výpadky v dodávkách elektrické energie z technických příčin (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu	3	Bez opatření	4	36	Připravenost ověřovat nácivkem, simulací	2	1	1	2
					3	Bez opatření	4	36	Pořízení vlastních záložních zdrojů elektrické energie	2	1	1	2
			3	Blackout (mimořádná událost na přenosové soustavě)	3	Nouzové zásobování pitnou vodou - musí zajistit, ale prostředky má omezené - v případě nutnosti by si musel vypůjčit cisterny, voznice..	4	36	Posilování přípravy domácností - vytvářet si zásoby balené pitné vody v doporučeném množství	2	1	1	2
					3	Bez opatření	4	36	•Pořízení vlastních záložních zdrojů elektrické energie •Nácvik "blackoutu"	2	1	1	2
	Terorismus, vandalismus	Přerušení dodávek vody, kontaminace vody	2	Destrukce vodovodní sítě	1	Bez opatření	5	10	Vynakládání finančních prostředků na zvyšování bezpečnosti, instalace bezpečnostních prvků	2	2	2	8
				Záměrná kontaminace pitné vody	3	Bez opatření	5	30	Pravidelné odebrání vzorků, monitoring	2	2	2	8

## Výsledky analýzy FMEA – kategorie malý provozovatel, samostatný model provozování (A)

### Zdroje vody

U faktoru zdroje vody vyplynula z analýzy jako nejvýznamnější rizika zvýšení koncentrace chemických látek a jiných sloučenin (RPN 60), kdy může dojít ke kontaminaci zdroje hnojiv nebo odpadními vodami z průmyslových objektů, dále pak kontaminace zdroje prostřednictvím syntetických farmak a fytofarmak. Do vodních zdrojů se mohou farmaka dostat různými způsoby a mohou ovlivnit nejen životní prostředí, ale i zdraví spotřebitelů. V poslední době se proto kromě klasických ukazatelů v rozbořech pitné vody zkoumají i tzv. mikropolutanty. Některá farmaka mohou měnit formu a přecházet na rezistentní metabolity. Malá obec využívá vlastní rozbořování vody jen v omezené míře, přístroje k monitoraci jsou finančně náročné. Vzhledem k tomu, že se jedná o malého provozovatele, tak ani některá běžně využívaná opatření není možné využít – např. obec nemá propojené vodárenské systémy, nemá vlastní záložní zdroje vody, proto nebylo možné význam těchto opatření hodnotit. Propojování vodárenských systémů je jistě účinné řešení, ale pro obec je příliš finančně náročné.

Další významnější rizika souvisí s klimatickými změnami. Povodně mohou zdroj vody znečistit, znehodnotit, tedy význam rizika je vysoký stejně jako pravděpodobnost možného výskytu, ale odhalitelnost rizika je vzhledem ke stávající vysoké přesnosti a úspěšnosti hydrologických předpovědí povodní téměř jistá. Riziko dlouhotrvajícího sucha bylo ohodnoceno vzhledem k umístění obce jako riziko málo závažné se středně vysokou pravděpodobností výskytu. Stávajícími opatřeními pro prevenci těchto rizik je odstavení postiženého zdroje a náhradní či nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou. Provozovatel A nedisponuje vlastními technickými prostředky (nemá vlastní cisterny ani voznice), ale v případě potřeby si je může zapůjčit.

Riziko možného uvolňování radonu z vody do ovzduší bylo ohodnoceno jako riziko závažné, ale pravděpodobnost výskytu tohoto rizika byla ohodnocena jako nevýznamná a odhalitelnost téměř jistá.

Riziko možného bioterorismu je ohodnoceno jako středně závažné, ale vzhledem k potenciálnímu počtu zasažených obětí jako méně pravděpodobné. Nejnižší RPN (Risk Priority Number) vychází vzhledem k lokalitě obce u zemětřesení a sopečné činnosti.

## Úprava vody

V oblasti úpravy vody bylo jako nejvýznamnější riziko u vybraného malého provozovatele vyhodnoceno riziko přerušení nebo výpadků v dodávkách elektrické energie, význam tohoto rizika byl vyhodnocen jako kritický, se středně vysokou pravděpodobností výskytu, navíc bylo toto riziko vyhodnoceno jako obtížně předvídatelné. Krizové plány na úrovni malých provozovatelů navíc často nejsou pravidelně aktualizovány. Stávajícími opatřeními pro prevenci je využívání záložních zdrojů elektrické energie, dále používání automatických posilovacích stanic s využitím generátorů. Obec tato zařízení sama nevlastní, ale v případě potřeby si je může zapůjčit. Doporučeným opatřením ke snížení rizika je budování fotovoltaických provozů, což je ovšem opět pro malé provozovatele finančně náročné. Dalším navrženým opatřením je zvyšovat připravenost provozovatelů na tuto krizovou situaci např. nácvikem „blackoutu“.

Jako další významné riziko byl vyhodnocen špatný stavební stav objektů (zanedbaná údržba stěn, zhoršené provozní podmínky apod.), který může rovněž vést ke kontaminaci vody. Zde je jako možné doporučené opatření uváděna finanční motivace malých provozovatelů k nastavení systému řízení rizik, udělování pokut v případě zanedbání údržby či při odhalení zhoršených provozních podmínek. Zde hraje významnou roli i lidský faktor a samozřejmě nejen malí provozovatelé se v dnešní době potýkají s nedostatkem kvalifikovaných zaměstnanců. Důležitou roli hraje i další vzdělávání zaměstnanců.

Jako velmi závažné riziko je hodnoceno i nedostatečné zajištění objektu úpravny vody, vniknutí neznámé/neautorizované osoby. Zde je nutné i u malých provozovatelů důsledné zabezpečení objektů a důsledné dodržování provozního řádu i zvýšení vlastní iniciativy malých provozovatelů ke zvýšení zabezpečení objektů.

Riziko případného uvolňování mikroplastů či nanoplastů z membrán nebylo možné u vybraného malého provozovatele hodnotit, tyto technologie většina malých provozovatelů nevyužívá.

Jako středně závažné riziko pak bylo hodnoceno riziko použití nevhodných chemikálií nebo v nevhodném množství, ať už vlivem špatného technického stavu určitých částí technologické linky úpravny vody nebo lidskou chybou. Zde by bylo řešením využívání automatizovaných systémů, což je ovšem pro malé provozovatele velmi finančně náročné. Stejně tak i pořízení kontejnerizovaných úpravny vody je pro většinu malých provozovatelů finančně nedostupné. Rovněž detekční metody na bázi hmotnostní spektrometrie nebo přímý export dat do laboratorních

informačních systémů se u malých provozovatelů z hlediska vysoké finanční náročnosti nevyužívají.

Riziko kybernetických útoků bylo vzhledem k velikosti provozovatele vyhodnoceno jako málo závažné s velmi nízkou pravděpodobností výskytu. Jako nevýznamné bylo vyhodnoceno riziko nedostatečné technologie úpravy vody vzhledem k její kvalitě, veškeré chemické látky používané při úpravě pitné vody musí splňovat zákonem předepsané požadavky, jejich používání musí být státními orgány schváleno. Dávkování pak probíhá nejčastěji pomocí dávkovacích čerpadel.

## **Distribuce vody**

V oblasti distribuce vody (vodojemy a vodovodní síť) bylo jako nejvýznamnější riziko identifikováno narušení spojů potrubí vlivem stáří materiálu. Význam tohoto rizika byl vyhodnocen jako velmi závažný s vysokou pravděpodobností výskytu. Navíc toto riziko bylo vyhodnoceno jako obtížně předvídatelné. Doporučeným opatřením ke snížení tohoto rizika je pravidelná odborná obnova vodovodní sítě a volba vhodných materiálů zvyšujících životnost. Další významným rizikem je zanedbaná údržba související s nízkým stupněm znalosti vodovodního systému, toto riziko bylo u malého provozovatele hodnoceno jako středně závažné s vysokou pravděpodobností výskytu. Příčinou tohoto rizika je zejména nedostatek finančních prostředků na údržbu a chybějící odborný personál. Stávající opatření pro prevenci spočívá zejména v průběžných provozních kontrolách a ve spolupráci s externími subjekty. Doporučeným opatřením ke snížení tohoto rizika je navýšení finančních prostředků na údržbu vodovodní sítě, dále pak vzdělávání zaměstnanců, vymezení jejich požadované kvalifikace a vymezení jejich odpovědnosti.

Dalším významným identifikovaným rizikem jsou výpadky v dodávkách elektrické energie. Toto riziko bylo v oblasti distribuce vody hodnoceno jako středně závažné se středně vysokou pravděpodobností výskytu. Dále bylo toto riziko ohodnoceno jako obtížně předvídatelné. Stávající opatření pro prevenci spočívají zejména ve využívání záložních zdrojů elektrické energie (nedisponuje vlastními, ale může si je v případě potřeby zapůjčit). Doporučeným opatřením ke snížení tohoto rizika je pořízení vlastních záložních zdrojů, budování fotovoltaických provozů (jak již bylo uvedeno výše, toto opatření je pro malého provozovatele velice finančně náročné, a tedy většinou nedostupné), posilování připravenosti provozovatelů např. nácvikem „blackoutu“ a také zvyšováním připravenosti samotných domácností, tedy vytvářením zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství.



Jako středně závažné riziko pak bylo vyhodnoceno riziko poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí, jako jsou např. povodně nebo silný vítr. Pravděpodobnost výskytu byla ohodnocena v případě povodní jako nízká, v případě silného větru jako střední. Stávající opatření pro prevenci spočívají zejména v náhradním či nouzovém zásobování vodou pomocí cisteren, voznic či dodávek balené vody. Doporučenými opatřeními ke snížení tohoto rizika jsou především výstražné systémy (předpovědní a výstražná povodňová služba), mapování ohrožených míst, dále vyčlenění potřebných finančních prostředků k propojování vodárenských soustav nebo budování záložních zdrojů vody.

Jako riziko středně závažné bylo vyhodnoceno riziko terorismu a vandalismu. Pravděpodobnost výskytu u destrukce vodovodní sítě byla vyhodnocena jako nevýznamná, pravděpodobnost záměrné kontaminace pitné vody pak byla ohodnocena jako středně vysoká. Doporučeným opatřením ke snížení tohoto rizika je pravidelné odebírání vzorků vody, monitoring a dále vynakládání finančních prostředků na zvýšení bezpečnosti a instalace vhodných bezpečnostních prvků.

Instrukce k tabulkám Tabulka 22 - Tabulka 24

**Oblast:** Rizika rozčleněna do tří oblastí – zdroje vody, úpravy vody a distribuce vody.

**Riziko:** Možnost, že nastane událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí.

**Možné následky rizika:** Jaké následky by případná událost měla?

**Možná příčina:** Čím mohlo být dané riziko zapříčiněno?

**RPN (index rizikovosti):** Součin parametrů [význam], [výskyt] a [odhalitelnost] uvedených v tabulkách č. 18 – 20.

Tabulka 19: Kritéria závažnosti důsledku

Význam rizika	Kritéria závažnosti důsledku	Známka
Kritický	Velmi vysoká závažnost ohrožující celý proces s kritickými následky pro koncové uživatele, vyřazení celého systému z provozu.	5
Velmi závažný	Velmi závažné riziko, možnost částečného ohrožení systému zásobování vodou.	4
Závažný	Středně závažné riziko, možnost částečného ovlivnění systému.	3
Nízký	Riziko málo závažné, systém zásobování vodou vážněji neohrožuje.	2
Nevýznamný	Nevýznamné riziko, neohrožuje plynulé zásobování vodou.	1

Tabulka 20 Pravděpodobnost výskytu rizika

Výskyt rizika	Pravděpodobnost výskytu rizika	Známka
Velmi vysoký	Pravděpodobnost výskytu rizika je velmi vysoká, je třeba přijmout okamžité řešení.	5
Vysoký	Vysoká pravděpodobnost výskytu rizika, je třeba přijmout včasné řešení.	4
Střední	Středně vysoká pravděpodobnost výskytu, je třeba přijmout řešení, nikoli však naléhavě.	3
Nízký	Velmi nízká pravděpodobnost výskytu, potřeba řešení není naléhavá.	2
Neppravděpodobný	Pravděpodobnost výskytu rizika je nevýznamná.	1

Tabulka 21: Pravděpodobnost odhalení

Odhalitelnost	Pravděpodobnost odhalení	Známka
Absolutní nejistota	Riziko je nepředvídatelné.	5
Nízká	Riziko je těžko předvídatelné.	4
Střední	Pravděpodobnost odhalení rizika je obtížně předvídatelná.	3
Vysoká	Vysoká pravděpodobnost odhalení rizika, existují standardně zavedené postupy pro monitoring a odhalování rizika.	2
Téměř jistá	Velmi vysoká pravděpodobnost odhalení rizika pomocí standardně nastavených kontrolních mechanismů.	1

Tabulka 22: Analýza FMEA střední provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN			
Zdroj vody	Zvýšení koncentrace radonu	Uvolňování radonu do ovzduší místností s velkou spotřebou vody	5	Průnik radonu do podzemní vody z hornin	1	Systematické měření a hodnocení obsahu radonu ve vodě	1	5	Inovace postupů a technologií pro snižování obsahu radioaktivních látek ve vodě	1	1	1	1			
						Aerační zařízení	1	5	Informační materiály, edukace veřejnosti	2	1	1	2			
	Povodně	Kontaminace zdroje	5	Tání sněhu	4	Odstavení postiženého zdroje	1	20	Propojování vodárenských soustav - využití dodávky vody ze sousedního systému v případě jejich propojení	3	3	1	9			
						Využití dodávky vody ze sousedního systému zatím nelze využít – v přípravě	3	60								
						Využití záložních zdrojů vody	3	60	Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2			
						Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	20	Inovativní technologie pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	2	1	1	2			
				Vydatné dešťové srážky	4	Odstavení postiženého zdroje	1	20	Propojování vodárenských soustav - využití dodávky vody ze sousedního systému v případě jejich propojení	3	3	1	9			
						Využití dodávky vody ze sousedního systému zatím nelze využít - v přípravě	3	60								
						Využití záložních zdrojů vody	3	60	Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2			
						Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	20	Inovativní technologie pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	2	1	1	2			
				Porucha vodního díla - protržení hráze přehrady	1	Krizová opatření - povodňový plán	1	5	Připravenost ověřovat nácvikem	3	1	1	3			
						Využití záložních zdrojů vody	2	10	Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2			
						Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	5	Inovativní technologie pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	2	1	1	2			
				Sucho	Nedostatek vody	3	Klimatické změny, zvyšování průměrné teploty vzduchu, deficit srážek	3	Monitoring, predikce výskytu sucha	1	9	Zmírňovat dopady sucha pomocí obnovy přirozeného vodního režimu krajiny	1	1	1	1
									Připravenost pomocí plánů na zvládnání sucha	3	27	Udržovat rovnováhu mezi zdroji vody a jejich potřebou	4	2	1	8
													Efektivnější využívání srážkové vody	4	2	1
				Zvýšení koncentrace chemických látek a jejich sloučenin	Kontaminace zdroje	4	Hnojiva (dusičnany, dusitany, fosforečnany..) ve zdrojích v blízkosti polí a zemědělských provozů	3	Monitorování, průběžné sledování kvality vody	1	12	Ekologicky šetrné přístupy v zemědělství	2	3	1	6
Odpadní vody z průmyslových objektů	3	Odběry a rozborů vody (stanovení rozsahu a četnosti kontrol)	2				24	Zvýšená preventivní a kontrolní činnost na straně průmyslových podniků, výcvik a školení zaměstnanců, funkčnost ověřovat nácvikem	2	1	1	2				
Průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek	3	Kontroly rizikových aktivit v ochranných pásmech vodních zdrojů	3				36	Neustálá aktualizace bezpečnostních opatření v průmyslových podnicích, které nakládají s nebezpečnými látkami	2	1	1	2				

Tabulka 22: Analýza FMEA střední provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní)- pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN	
Zdroj vody	Syntetická farmaka a fytofarmaka	Kontaminace zdroje	3	Vylučování farmak a fytofarmak z těl zvířat i lidí	2	Bez opatření	5	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorování farmak a fytofarmak ve vodě</li> <li>Vhodné postupy pro odběry vzorků, jejich skladování a uchovávání</li> <li>K analýze vzorků používat dosti citlivé, selektivní metody a správně kalibrované přístroje</li> </ul>	2	1	1	2	
				Nemocniční, městské, průmyslové, domácí odpadní vody	2	Bez opatření	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Přijetí seznamu prioritních látek a jeho pravidelná revize a aktualizace</li> <li>Nové inovativní technologie k čištění odpadních vod</li> </ul>	2	1	1	2	
				Neodborná likvidace nepoužitých léčiv	2	Legislativa - zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech v platném znění	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informační kampaň směrem k veřejnosti o nakládání s nepoužitými léčivy</li> <li>Minimalizovat nadužívání léků</li> </ul>	2	1	1	2	
				Nedokonalé odstranění farmak a fytofarmak v procesu čištění	3	Bez opatření	4	36	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontinuální monitorování farmak a fytofarmak v procesu čištění</li> <li>Kombinace aerobního a anaerobního čištění, využívání pokročilých oxidačních procesů</li> </ul>	1	2	1	2	
	Zemětřesení	Kontaminace zdroje	1	Náhlé uvolnění energie v zemské kůře, zemětřesení vulkanická apod.	1	Neleží v seismograficky aktivní oblasti - bez opatření	1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoring</li> <li>Připravenost - havarijní a krizové plány</li> </ul>	1	1	1	1	
		Pokles hladiny podzemní vody	1											
		Změny v chemickém složení vody	1						<ul style="list-style-type: none"> <li>Nastavení systému vzdělávání a informovanosti veřejnosti v seismicky ohrožených oblastech</li> <li>Připravenost domácností - vytvářet si vlastní zásoby pitné vody na doporučenou dobu</li> </ul>	2	1	1	2	
	Sopečná činnost	Kontaminace zdroje	1	Sopečný popel, který může suspendovat vodní zdroj	1	Neleží v tektonicky aktivní oblasti - bez opatření	3	3	Monitoring vody. Pravidelně aktualizovat krizové plány a postupy.	1	1	1	1	
		Změny v chemickém složení vody	1	Tzv. kyselý déšť, který může být sekundárním důsledkem sopečné činnosti a může vodní zdroje kontaminovat	1	Neleží v tektonicky aktivní oblasti - bez opatření	2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nastavení systému vzdělávání a informovanosti veřejnosti v seismicky ohrožených oblastech</li> <li>Připravenost domácností - vytvářet si vlastní zásoby pitné vody na doporučenou dobu</li> </ul>					
	Přemnožení řas a sinic	Kontaminace zdroje	2	Přírodní i umělá eutrofizace	2		Sledování mikroorganismů v rámci povinných vzorků	5	20	Testování pitné vody na cyanotoxiny. Sledování ukazatele microcystin_LR	3	2	2	12
		Produkce cyanotoxinů	2				Úprava vody - koagulace a filtrace, ozonizace, chlorace	2	8	Ekologicky šetrné přístupy v zemědělství	2	2	2	8
	Bioterrorismus	Kontaminace zdroje	3	Záměrná kontaminace zdroje biologickými patogeny (bakteriálními, parazitárními, virovými)	2	Včasná detekce	5	30	Včasné hlášení možného podezření orgánům ochrany veřejného zdraví	2	2	2	8	
						Rychlá reakce. Spojit s včasným zajištěním NZV	2	12	Koordinovaná a účinná reakce	2	2	2	8	
						Včasné zajištění NZV	2	12						

Tabulka 23: Analýza FMEA střední provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN			
Úprava vody	Nedostatečné zajištění objektů (chybějící oplocení, ostraha, elektronický systém)	Kontaminace vody	3	Nečistota, nekázeň	1	Dostatečné zabezpečení objektů, nastavení systému hodnocení a řízení rizik - dodržování provozního řádu při úpravě vody	2	6	Vlastní iniciativa provozovatelů ke zvýšení zabezpečení objektů	1	2	1	2			
				Vniknutí neznámé (neautorizované) osoby	2			12								
				Úmyslné znečištění vody chemickými nebo biologickými kontaminanty	2	Monitoring kvality pitné vody	2	12	Přijímání preventivních opatření, zavedení účinných kontrolních mechanismů	1	2	1	2			
	Špatný stavební stav objektu	Kontaminace vody	3	Zanedbaná údržba stěn	3	Údržba zařízení - vliv prevence na údržbu zařízení	2	18	Inspirace zahraničními zkušenostmi a přístupy	2	1	1	2			
				Zhoršené provozní podmínky	2	Legislativa (vyhláška MZ 490/2000 Sb. o rozsahu znalostí a dalších podmínkách k získání odborné způsobilosti v některých oborech ochrany veřejného zdraví)	1	6	Finanční motivace provozovatelů k nastavení systému řízení rizik	2	1	1	2			
						Vzdělávání zaměstnanců	2	12								
				Nedostatečná čistota provozu	2	Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství	1	6								
	Použití nevhodných materiálů ve styku s vodou	Uvolňování mikroplastů, nanoplastů z membrán apod.	N/A	Stárnutí materiálu a jeho opotřebení	2	Membránová separace není využívána. Hygienické požadavky jinak stanovuje legislativa (vyhláška MZ č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody)	1	N/A	Důsledné kontroly, monitoring vody	1	1	1	1			
				Porušení membrán vlivem dlouhodobého používání	N/A											
	Výpadky v dodávkách elektrické energie	Omezení provozuschopnosti úpravny vody	5	Výpadky v dodávkách elektrické energie z důvodu působení přírodních jevů (námraza, silný vítr, povodně a další)	3	Využívání záložních zdrojů elektrické energie	3	45	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	2			
						Stacionární automatické posilovací stanice	3	45	Pořízení mobilních ATS s využitím generátoru							
				Výpadky v dodávkách elektrické energie z technických příčin (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu	3	3	Využívání záložních zdrojů elektrické energie (dieselagregáty)	3	45	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	2		
										Nácvik "blackoutu"	2	1	1	2		
	Použití nevhodných chemikálií (nebo v nevhodném množství)	Zhoršení organoleptických vlastností vody, v extrémním případě může voda způsobit zdravotní problémy nebo úmrtí	2	Špatný technický stav určitých částí technologické linky úpravny vody	2	Údržba zařízení - vliv prevence na údržbu zařízení	2	8	Rekonstrukce technologické linky úpravny vody	2	1	1	2			
				Lidská chyba	2	Automaticky řízená dávkovací čerpadla	1	4	Automatické systémy	1	1	1	1			
				Teroristický útok	1	Bez opatření	5	10	Připravenost - havarijní a krizové plány.	1	2	Automatické detekční sondy kvality vody	2	1	1	2
									▪Detekční metody na bázi hmotnostní spektrometrie ▪Přímý export dat do laboratorních informačních systémů	4	2	1	8			

Tabulka 23: Analýza FMEA střední provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní) - pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Úprava vody	Kybernetické útoky	Omezení funkčnosti informačních systémů, vyřazení řídicích systémů úpravny vody, narušení provozu.	4	Hackerský útok	4	Legislativní předpisy (zákon č. 181/2014 Sb. o kybernetické bezpečnosti)	4	64	Dobrovolná a důsledná implementace preventivních bezpečnostních opatření v rámci vnitřních řídicích kontrolních systémů k zajištění co nejvyšší úrovně ochrany	2	2	1	4
				Denial of Service	2	Preventivní bezpečnostní opatření provozovatelů vodárenských systémů	3	24					
				Lidská chyba na straně zaměstnanců (otevření nebezpečné přílohy apod.)	4	Pravidelná aktualizace bezpečnostních opatření	3	48	Vzdělávání zaměstnanců v oblasti digitální bezpečnosti	2	2	1	4
	Nedostatečná technologie úpravy vody (vzhledem k její kvalitě)	Zhoršení organoleptických vlastností vody, voda může způsobovat zdravotní problémy	1	Nesprávné dávkování např. manganistanu draselného nebo chlornanu vzhledem k aktuální kvalitě surové vody	1	Nastavení vnitřních kontrolních mechanismů provozovatele	2	2	Využívání nejnovějších technologických postupů, moderní oxidační procesy	2	1	1	2
				Nezjištěné zhoršení kvality surové vody v prameništi (např. po vydatnějších srážkách)	1	Monitoring kvality vody ve vodních zdrojích	2	2					

Tabulka 24: Analýza FMEA střední provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Distribuční systém (vodojemy, vodovodní síť)	Poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí	Přerušeni dodávek vody	2	Povodně	2	Připravenost - krizové a havarijní plány	1	4	Připravenost - výstražné systémy (předpovědní a výstražná povodňová služba), mapování ohrožených míst	2	2	1	4
						Propojování vodárenských soustav	3	12	Vyčlenění potřebných finančních prostředků propojování vodárenských soustav	3	3	1	9
						Náhradní či nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	4	Budování záložních zdrojů vody	2	2	1	4
			Silný vítr	3	Připravenost - krizové a havarijní plány	1	6	Připravenost - výstražná služba v oblasti operativní metrologie, využívání nových technologií pro zpřesnění předpovědi	2	2	1	4	
					Propojování vodárenských soustav	3	18	Vyčlenění potřebných finančních prostředků propojování vodárenských soustav	3	3	1	9	
					Náhradní či nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	6	Budování záložních zdrojů vody	2	2	1	4	
	Narušení spojů potrubí	Přerušeni dodávek vody	4	Stáří materiálu	4	Pravidelná obnova vodovodní sítě - ne ve velkém měřítku, ne systematicky	4	64	Volba vhodných materiálů zvyšujících životnost	3	2	1	6
				Koroze (rovnoměrná, bodová, selektivní, bimetalická)	3	Správná regulace (snížení) tlaků v potrubí - rozdělení na tlaková pásma	3	36	Zajištění vhodných provozních podmínek	2	1	1	2
									Zajištění správných tlaků v potrubí	2	1	1	2
	Zanedbaná údržba, nízký stupeň znalosti vodovodního systému	Přerušeni dodávek vody	3	Nedostatek finančních prostředků na údržbu	3	Pravidelná údržba, průběžné provozní kontroly	3	27	Navýšení finančních prostředků na údržbu	2	2	1	4
				Chybějící odborný personál	2	Základní specialisté (vlastní zaměstnanci) + spolupráce s externími subjekty	2	12	Vzdělávání zaměstnanců, vymezení požadované kvalifikace zaměstnanců, vymezení odpovědnosti zaměstnanců	2	2	1	4
	Neprůchodnost potrubí, vysoký stupeň inkrustace potrubí	Přerušeni dodávek vody	3	Příliš tvrdá voda tvořící inkusty na stěnách potrubí	3	Přiměřené provozní podmínky (vhodná tvrdost a PH vody, vyloučení malých nebo naopak velkých rychlostí proudění vody...)	3	27	Zajištění vhodných provozních podmínek a jejich neustálý monitoring	N/A	N/A	N/A	N/A
				Nahromaděné mechanické nečistoty	2	Pravidelné čištění vodovodního potrubí, filtrace vody, odkalování (proplach potrubí proudem vody)	2	12	Zajištění rovnoměrnosti průtoků	N/A	N/A	N/A	N/A
Při výstavbě nebo renovaci vodovodů používat plastové potrubní systémy									2	2	1	4	

Tabulka 24: Analýza FMEA střední provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní) – pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Distribuční systém (vodojemy, vodovodní síť)	Porucha dodávek elektrické energie	Přerušení dodávek vody	3	Výpadky v dodávkách elektrické energie z důvodu působení přírodních jevů (námraza, silný vítr, povodně a další)	3	Připravenost - krizové a havarijní plány	2	18	Posilování přípravy domácností - vytváření si zásob balené vody v doporučeném množství	2	1	1	2
				Záložní zdroje elektrické energie	4	36	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	2		
				Výpadky v dodávkách elektrické energie z technických příčin (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu	3	Připravenost - krizové a havarijní plány	2	18	Připravenost ověřovat nácvikem, simulací	2	1	1	2
				Záložní zdroje elektrické energie	4	36	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	2		
				Blackout (mimořádná událost na přenosové soustavě)	3	Nouzové zásobování pitnou vodou	2	18	Posilování přípravy domácností - vytváření si zásob balené pitné vody v doporučeném množství	2	1	1	2
				Krizová opatření	2	18	Nácvik "blackoutu"	2	1	1	2		
	Terorismus, vandalismus	Přerušení dodávek vody, kontaminace vody	3	Destrukce vodovodní sítě	1	Připravenost - krizové a havarijní plány	2	6	Vynakládání finančních prostředků na zvyšování bezpečnosti, instalace bezpečnostních prvků	2	2	1	4
				Záměrná kontaminace pitné vody	3	Bez opatření	3	27	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪Pravidelné odebírání vzorků, monitoring</li> <li>▪Systémy včasného varování</li> </ul>	2	2	2	8



## Výsledky analýzy FMEA – kategorie střední provozovatel, smíšený model provozování (B)

### Zdroje vody

U faktoru zdroje vody vyplynuly z analýzy jako nejvýznamnější rizika povodně, jejichž nejpravděpodobnější příčinou je tání sněhu nebo vydatné dešťové srážky (RPN 60). Vzhledem k tomu, že provozovatel B využívá vícezdrojovou soustavu (některé obce jsou zásobovány vodou z Labe a některé obce z podzemních zdrojů), tak toto riziko se týká povrchového zdroje. Nejčastěji využívaná stávající opatření spočívají v odstavení postiženého zdroje a náhradním či nouzovým zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Provozovatel vlastní cisterny a voznice, kterými je schopen zabezpečit zhruba 3 000 obyvatel, v případě větší potřeby by bylo řešeno zapůjčením dalších cisteren a voznic. Vlastní záložní zdroje vody provozovatel B nemá, ale současně nevyužívá plnou kapacitu stávajících zdrojů. V případě potřeby by se tedy mohl obrátit na referát životního prostředí se žádostí o povolení krátkodobého vyššího čerpání (tedy krátkodobě by více čerpal vodu z podzemního zdroje). Navrženým opatřením ke snížení rizika je propojování vodárenských soustav. Na vybudování propoje se sousedním systémem se v současné době intenzivně pracuje, tedy i toto řešení bude možné po dokončení využívat. Dalším navrženým opatřením je vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství, tedy zajištění vyšší připravenosti samotných domácností.

Jako další velmi závažné riziko bylo identifikováno možné zvýšení koncentrace chemických látek a jejich sloučenin vlivem průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek (RPN 36). Toto riziko se opět týká povrchového zdroje vody. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je pravidelná a neustálá aktualizace bezpečnostních opatření v průmyslových podnicích, které nakládají s nebezpečnými látkami, a pravidelné kontroly rizikových aktivit v ochranných pásmech vodních zdrojů. Další opatření spočívají ve zvýšené preventivní a kontrolní činnosti na straně průmyslových podniků, ve výcviku a školení zaměstnanců. Důležité je funkčnost přijatých opatření ověřovat nácvikem.

Jako středně závažné riziko bylo vyhodnoceno riziko kontaminace zdroje syntetickými farmaky a fytofarmaky zapříčiněné zejména nedokonalým odstraněním farmak a fytofarmak v procesu čištění. Toto riziko se opět vztahuje k povrchovému zdroji vody. Přítomnost farmak ve vodě monitoruje provozovatel pouze jednou za rok v rámci úplného rozboru vody, který zahrnuje celkem 65 položek (uvedeny v příloze č. 5 Vyhlášky č. 252/2004 Sb, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody). Tento úplný rozbor je

pro středního provozovatele finančně náročný, a proto ho provádí pouze v intervalu stanoveném vyhláškou. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je využívání nových inovativních technologií k čištění odpadních vod, kombinace aerobního a anaerobního čištění, využívání pokročilých oxidačních procesů. Dalším navrženým opatřením je realizovat informační kampaň směrem k veřejnosti o nakládání s nepoužitými léčivými a snaha o minimalizaci nadužívání léků.

Jako další středně závažné riziko bylo vyhodnoceno riziko bioterorismu, tedy záměrné kontaminace zdroje biologickými patogeny (bakteriálními, parazitárními, virovými). Zde je problémem zejména včasná detekce těchto patogenů ve vodě. Provozovatelé vodárenských systémů platí podle vodního zákona poplatky za odběry podzemní vody i za vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Správci povodí mají povinnost kvalitu vody sledovat. V tomto případě lze tedy předpokládat, že by byl provozovatel na kontaminaci zdroje ze strany správy povodí upozorněn. Opatřením ke snížení tohoto rizika je včasné hlášení možného podezření orgánům ochrany veřejného zdraví a rovněž koordinovaná a účinná reakce.

Dalším středně závažným rizikem je potom déletrvající sucho, které může vést k nedostatku vody. Toto riziko se týká především podzemního zdroje vody, který provozovatel B využívá. Zde hraje významnou roli především pravidelný monitoring. V případě, že by hladina podzemní vody začala významněji zaklesávat, může se provozovatel na toto riziko připravit. Provozovatel B má zpracované a pravidelně aktualizované krizové plány, zpracovává si analýzu rizik a má připravené postupy, jak v případě nastalé krizové situace postupovat.

Jako riziko málo závažné bylo vyhodnoceno možné přemnožení řas a sinic (opět se v týká povrchového zdroje vody) zapříčiněné přírodní i umělou eutrofizací. Testování pitné vody na cyanotoxiny provozovatel neprovádí (není ani součástí povinného úplného rozboru vody), stejně tak nesleduje ukazatel microcystin\_LR. Toto riziko lze ošetřit úpravou vody – její koagulací a filtrací, ozonizací a chlorací. Navrženým preventivním opatřením je v tomto případě předcházet znečištění vod látkami, které podporují bujení sinic a řas, a rovněž používat ekologicky šetrné přístupy v zemědělství.

Jako riziko nevýznamné s nepravděpodobným výskytem bylo vyhodnoceno riziko zemětřesení a sopečné činnosti. Riziko průniku radonu bylo sice hodnoceno jako riziko velmi závažné (kvůli případnému zdravotnímu dopadu na zdraví obyvatel), ale současně bylo hodnoceno jako riziko málo pravděpodobné s velmi vysokou pravděpodobností odhalení rizika pomocí standardně nastavených kontrolních mechanismů (toto riziko navíc dokáže provozovatel velmi

dobře eliminovat pomocí aeračního zařízení), celkové RPN vychází tedy u tohoto rizika také velmi nízké.

## Úprava vody

V oblasti úpravy vody bylo jako nejvýznamnější riziko u vybraného středního provozovatele vyhodnoceno riziko kybernetického útoku, jehož důsledkem může být omezení funkčnosti informačních systémů, vyřazení řídicích systémů úpravny vody a narušení provozu. Legislativním předpisem, který řeší tuto oblast, je Zákon č. 181/2014 Sb. o kybernetické bezpečnosti [126]. Nezbytná jsou samozřejmě preventivní bezpečnostní opatření provozovatelů vodárenských systémů a pravidelná aktualizace bezpečnostních opatření. Právě střední provozovatelé jsou pro případný hackerský útok vhodným terčem, neboť většinou nemají dostatečně zabezpečenou počítačovou síť, neškolí pravidelně zaměstnance v oblasti kybernetické bezpečnosti apod. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je dobrovolná a důsledná implementace preventivních bezpečnostních opatření v rámci vnitřních řídicích kontrolních systémů k zajištění co nejvyšší úrovně ochrany na straně provozovatele a rovněž důsledné vzdělávání zaměstnanců v oblasti digitální bezpečnosti.

Dalším velmi významným rizikem v oblasti úpravy vody jsou výpadky v dodávkách elektrické energie způsobené buď přírodními jevy (námraza, silný vítr, povodně) nebo vzniklé z technických příčin (vyřazení rozvodny z provozu, teroristický čin apod.). V rámci stávajících opatření jsou v těchto případech využívány záložní zdroje elektrické energie (provozovatel B nemá vlastní záložní zdroje, ale v případě potřeby si je může vypůjčit buď od HZS nebo SSHR) nebo automatické posilovací stanice s využitím generátoru (provozovatel B rovněž nemá vlastní, ale v případě potřeby si je může zapůjčit). Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je budování vlastních fotovoltaických provozů, což je ale pro středního provozovatele finančně náročné (snaží se ceny vodného držet na přijatelné úrovni, a tedy nemá dost finančních prostředků na tyto investice). Navrženým řešením je rovněž nácvik „blackoutu“ a zvýšení připravenosti v případě této krizové situace.

Riziko případného uvolňování mikroplastů či nanoplastů z membrán nebylo možné u vybraného středního provozovatele hodnotit, tyto technologie většina provozovatelů v ČR nevyužívá.

Jako riziko středně závažné pak bylo vyhodnoceno riziko špatného stavebního stavu objektu (opět související s nedostatkem finančních prostředků) a riziko nedostatečného zajištění objektů. Zde je navrženým opatřením ke snížení těchto rizik vlastní iniciativa středních provozovatelů ke

zlepšení stávajícího zabezpečení objektů, přijímání preventivních opatření a zavedení účinných kontrolních mechanismů.

Jako riziko málo závažné bylo vyhodnoceno riziko použití nevhodných chemikálií (nebo v nevhodném množství) a riziko nedostatečné technologie úpravy vody (vzhledem k její kvalitě). Provozovatel B využívá automaticky řízená dávkovací čerpadla, provádí pravidelnou údržbu zařízení, má zpracované krizové plány. Detekční metody na bázi hmotnostní spektrometrie provozovatel B nevyužívá.

## **Distribuce vody**

V oblasti distribuce vody (vodojemy a vodovodní síť) bylo jako nejvýznamnější riziko u provozovatele B identifikováno riziko možného narušení spojů potrubí zapříčiněné stářím materiálu (RPN 64). Stávajícím opatřením k prevenci tohoto rizika je pravidelná odborná obnova vodovodní sítě, což je ovšem pro středního provozovatele finančně náročné. Narušení spojů potrubí může být zapříčiněno i korozí materiálu, v tomto případě je řešeno pomocí správné regulace (snížení) tlaků v potrubí a rozdělením na tlaková pásma. Významný vliv na korozi má samotné složení vody. Korozi ovlivňuje teplota vody, její pH, celkový obsah kationtů hořčíku a vápníku  $Mg^{2+}$  a  $Ca^{2+}$  (tzv. tvrdost vody), obsah rozpustného kyslíku a další. Vzhledem k vícezdrojovému systému se vznik koroze týká především podzemních zdrojů vody. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je volba vhodných materiálů zvyšujících životnost potrubí (např. plast, litina apod.).

Dalším významným rizikem se středně vysokou pravděpodobností výskytu je i v oblasti distribuce vody přerušení dodávek elektrické energie. Výpadky v dodávkách elektrické energie mohou být způsobeny jak přírodními jevy (námraza, silný vítr, povodně a další), tak i z technických příčin (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu. Přípravenost na krizovou situaci týkající se přerušení dodávek elektrického proudu je řešena v krizových plánech provozovatele včetně možných scénářů řešení. Vlastní záložní zdroje elektrické energie (vlastní dieselagregáty) provozovatel B nevlastní, ale může si je v případě potřeby zapůjčit. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je nácvik „blackoutu“ a budování vlastních fotovoltaických provozů. Toto opatření je ale pro středního provozovatele finančně náročné, jak již bylo uvedeno výše.

Riziko zanedbané údržby je u provozovatele B hodnoceno jako riziko středně závažné, možnou příčinou může být opět zmiňovaný nedostatek finančních prostředků na údržbu. Poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí (povodně, silný vítr) je hodnoceno jako

riziko málo závažné, vyšší pravděpodobnost poškození distribuční sítě je vlivem silného větru, ale i zde byla pravděpodobnost ohodnocena jako středně vysoká. Opatřením k prevenci tohoto rizika je propojování vodárenských soustav, na vybudování propoje provozovatel B v současné době intenzivně pracuje. Stejně tak má toto riziko ošetřeno v krizových plánech včetně zajištění náhradního či nouzového zásobování obyvatel pitnou vodou.

Jako středně závažné bylo rovněž vyhodnoceno riziko možného vandalismu či terorismu, kdy může dojít k záměrné kontaminaci vody (toto se týká zejména vodojemů). Provozovatel B má ale vodojemy zabezpečené, v případě, že by do vodojemu vnikla neoprávněná osoba, spustí se alarm a na místo vyjíždí ostraha. Samozřejmě celá vodárenská soustava je velká a elektronicky hlídané systémy nejsou používány u všech objektů. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je proto vynakládání dalších finančních prostředků na zvyšování bezpečnosti a instalaci bezpečnostních prvků.

Instrukce k tabulkám Tabulka 22 - Tabulka 24

**Oblast:** Rizika rozčleněna do tří oblastí – zdroje vody, úpravy vody a distribuce vody.

**Riziko:** Možnost, že nastane událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí.

**Možné následky rizika:** Jaké následky by případná událost měla?

**Možná příčina:** Čím mohlo být dané riziko zapříčiněno?

**RPN (index rizikovosti):** Součin parametrů [význam], [výskyt] a [odhalitelnost] uvedených v tabulkách č. 24 – 26

Tabulka 25: Kritéria závažnosti důsledku

Význam rizika	Kritéria závažnosti důsledku	Známka
Kritický	Velmi vysoká závažnost ohrožující celý proces s kritickými následky pro koncové uživatele, vyřazení celého systému z provozu.	5
Velmi závažný	Velmi závažné riziko, možnost částečného ohrožení systému zásobování vodou.	4
Velmi závažný	Středně závažné riziko, možnost částečného ovlivnění systému.	3
Nízký	Riziko málo závažné, systém zásobování vodou vážněji neohrožuje.	2
Nevýznamný	Nevýznamné riziko, neohrožuje plynulé zásobování vodou.	1

Tabulka 26. Pravděpodobnost výskytu rizika

Výskyt rizika	Pravděpodobnost výskytu rizika	Známka
Velmi vysoký	Pravděpodobnost výskytu rizika je velmi vysoká, je třeba přijmout okamžité řešení.	5
Vysoká	Vysoká pravděpodobnost výskytu rizika, je třeba přijmout včasné řešení.	4
Střední	Středně vysoká pravděpodobnost výskytu, je třeba přijmout řešení, nikoli však naléhavě.	3
Nízký	Velmi nízká pravděpodobnost výskytu, potřeba řešení není naléhavá.	2
Nepravděpodobný	Pravděpodobnost výskytu rizika je nevýznamná.	1

Tabulka 27: Pravděpodobnost odhalení

Odhalitelnost	Pravděpodobnost odhalení	Známka
Absolutní nejistota	Riziko je nepředvídatelné.	5
Nízká	Riziko je těžko předvídatelné.	4
Střední	Pravděpodobnost odhalení rizika je obtížně předvídatelná.	3
Vysoká	Vysoká pravděpodobnost odhalení rizika, existují standardně zavedené postupy pro monitoring a odhalování rizika.	2
Téměř jistá	Velmi vysoká pravděpodobnost odhalení rizika pomocí standardně nastavených kontrolních mechanismů.	1

Tabulka 28: Analýza FMEA velký provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN		
Zdroj vody	Zvýšení koncentrace radonu	Uvolňování radonu do ovzduší místností s velkou spotřebou vody	5	Průnik radonu do podzemní vody z hornin	1	Nejedná se o oblast se zvýšeným obsahem radonu - měření a hodnocení obsahu radonu ve vodě probíhá jednou za rok	1	5	Inovace postupů a technologií pro snižování obsahu radioaktivních látek ve vodě	1	1	1	1		
									Informační materiály, vzdělávání veřejnosti	2	1	1	2		
	Povodně	Kontaminace zdroje	2	Tání sněhu	2	Odstavení postiženého zdroje	1	4	Propojování vodárenských soustav	2	3	1	6		
						Využití dodávky vody ze sousedního systému (systémy propojené)	2	8							
						Využití záložních zdrojů vody	2	8	Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2		
						Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	4	Inovativní technologie pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	1	1	1	1		
				Vydatné dešťové srážky	2	Odstavení postiženého zdroje	1	4	Propojování vodárenských soustav	2	3	1	6		
						Využití dodávky vody ze sousedního systému (systémy propojené)	2	8							
						Využití záložních zdrojů vody	2	8	Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2		
						Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	4	Inovativní technologie pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	1	1	1	1		
				Porucha vodního díla - protržení hráze přehrady	3	Přípravenost - havarijní a krizové plány	1	6	Přípravenost ověřovat nácvikem	1	1	1	1		
						Krizová opatření	1	6							
						Využití záložních zdrojů vody	2	12	Vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství	2	1	1	2		
						Nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	6	Inovativní technologie pro nouzové zásobování obyvatel pitnou vodou	1	1	1	1		
	Sucho	Nedostatek vody	3	Klimatické změny, zvyšování průměrné teploty vzduchu, deficit srážek	3	Monitoring, predikce výskytu sucha (sledování zdrojů se snahou optimalizovat využití jednotlivých zdrojů)	1	9	Zmírňování dopadů sucha pomocí obnovy přirozeného vodního režimu krajiny	1	1	1	1		
						Přípravenost pomocí plánů na zvládnání sucha	1	9	Udržování rovnováhy mezi zdroji vody a jejich potřebou	4	2	1	8		
									Efektivnější využívání srážkové vody	4	2	1	8		
	Zvýšení koncentrace chemických látek a jejich sloučenin	Kontaminace zdroje	3	Hnojiva (dusičnany, dusitany, fosforečnany..) ve zdrojích v blízkosti polí a zemědělských provozů	3	Monitorování, průběžné sledování kvality vody. Spolupráce se zemědělci v přílehlých oblastech.	1	9	Ekologicky šetrné přístupy v zemědělství	2	2	1	4		
						Odpadní vody z průmyslových objektů	2	Odběry a rozbory vody (stanovení rozsahu a četnosti kontrol)	1	6	Zvýšená preventivní a kontrolní činnost na straně průmyslových podniků, výcvik a školení zaměstnanců, funkčnost ověřovat nácvikem	2	1	1	2
											Průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek	2	Kontroly rizikových aktivit v ochranných pásmech vodních zdrojů	2	12

Tabulka 28: Analýza FMEA velký provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní)- pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN	
Zdroj vody	Syntetická farmaka a fytofarmaka	Kontaminace zdroje	3	Vylučování farmak a fytofarmak z těl zvířat i lidí	2	Monitorování farmak a fytofarmak ve vodě (provádí se, ne však kontinuálně, není stanoven doporučený postup)	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vhodné postupy pro odběry vzorků, jejich skladování a uchovávání</li> <li>K analýze vzorků používat dosti citlivé, selektivní metody a správně kalibrované přístroje</li> </ul>	2	1	1	2	
				Nemocniční, městské, průmyslové, domácí odpadní vody	2	Monitorování farmak a fytofarmak ve vodě (provádí se, ne však kontinuálně, není stanoven doporučený postup)	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Přijetí seznamu prioritních látek a jeho pravidelná revize a aktualizace - na celoevropské úrovni</li> <li>Nové inovativní technologie k čištění odpadních vod</li> </ul>	2	1	1	2	
				Neodborná likvidace nepoužitých léčiv	2	Legislativa - zákon č. 541/2020 Sb. O odpadech v platném znění	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informační kampaň směrem k veřejnosti o nakládání s nepoužitými léčivy</li> <li>Minimalizovat nadužívání léků</li> </ul>	2	1	1	2	
				Nedokonalé odstranění farmak a fytofarmak v procesu čištění	2	Monitorování farmak a fytofarmak ve vodě (provádí se, ne však kontinuálně, není stanoven doporučený postup)	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontinuální monitorování farmak a fytofarmak v procesu čištění</li> <li>Kombinace aerobního a anaerobního čištění, využívání pokročilých oxidačních procesů</li> <li>Nové inovativní technologie k čištění odpadních vod</li> </ul>	1	2	1	2	
	Zemětřesení	Kontaminace zdroje	1	Náhlé uvolnění energie v zemské kůře, zemětřesení vulkanická apod.	1	Neleží v seismograficky aktivní oblasti - bez opatření	1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geografické informační systémy</li> <li>Přípravenost - havarijní a krizové plány</li> </ul>	1	1	1	1	
		Pokles hladiny podzemní vody	1				2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nastavení systému vzdělávání a informovanosti veřejnosti v seismicky ohrožených oblastech</li> <li>Přípravenost domácností v ohrožených oblastech - vytvářet si vlastní zásoby pitné vody na doporučenou dobu</li> </ul>	2	1	1	2	
		Změny v chemickém složení vody	1							1	2			
	Sopečná činnost	Kontaminace zdroje	1	Sopečný popel, který může suspendovat vodní zdroj	1	Neleží v tektonicky aktivní oblasti, žádná zvláštní opatření připravená nemá	3	3	Sestavování map vulkanického ohrožení.	2	1	1	2	
		Změny v chemickém složení vody	1	Tzv. kyselý déšť, který může být sekundárním důsledkem sopečné činnosti a může vodní zdroje kontaminovat	1	Neleží v tektonicky aktivní oblasti, žádná zvláštní opatření připravená nemá	1	1	Přípravenost - havarijní a krizové plány	1	1	1	1	
	Přemnožení řas a sinic	Kontaminace zdroje	2	Přírodní i umělá eutrofizace	2	Sledování ukazatele microcystin_LR, sledování ukazatele organismů v surové vodě, pokud by došlo k přemnožení mikroorganismů	5	20	Preventivní opatření - předcházet znečištění vod látkami, které podporují bujení sinic a řas	3	2	2	12	
		Produkce cyanotoxinů	2			Testování pitné vody na cyanotoxiny	5	20	Ekologicky šetrné přístupy v zemědělství	2	2	2	2	8
			Úprava vody - koagulace a filtrace, ozonizace, chlorace			1	4							
	Bioterorismus	Kontaminace zdroje	2	Záměrná kontaminace zdroje biologickými patogeny (bakteriálními, parazitárními, virovými)	2	Včasná detekce	2	6	Včasné hlášení možného podezření orgánům ochrany veřejného zdraví	2	2	1	4	
						Rychlá reakce	1	4	Koordinovaná a účinná reakce	2	2	1	4	
						Včasné zajištění NZV	1	4						



Tabulka 29: Analýza FMEA velký provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN	
Úprava vody	Nedostatečné zajištění objektů (chybějící oplocení, ostraha, elektronický systém)	Kontaminace vody	2	Nečistota, nekázeň	1	Dostatečné zabezpečení objektů, nastavení systému hodnocení a řízení rizik - dodržování provozního řádu při úpravě vody	1	2	Vlastní iniciativa provozovatelů ke zvýšení zabezpečení objektů	1	2	1	2	
				Vniknutí neznámé (neautorizované) osoby	1			2						
				Úmyslné znečištění vody chemickými nebo biologickými kontaminanty	1	Monitoring kvality pitné vody	1	2						Přijímání preventivních opatření, zavedení účinných kontrolních mechanismů
	Špatný stavební stav objektu	Kontaminace vody	2	Zanedbaná údržba stěn	2	Údržba zařízení - vliv prevence na údržbu zařízení	1	4	Inspirace zahraničními zkušenostmi a přístupy (např. Švýcarsko - Aquaexpert)	2	1	1	2	
				Zhoršené provozní podmínky	1	Legislativa (vyhláška MZ 490/2000 Sb. o rozsahu znalostí a dalších podmínkách k získání odborné způsobilosti v některých oborech ochrany veřejného zdraví)	1	2	Finanční motivace k nastavení systému řízení rizik	1	1	1	1	
					Vzdělávání zaměstnanců	1	2							
				Nedostatečná čistota provozu	1	Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství, jdou i nad legislativu, preventivní opatření	1	2						
	Použití nevhodných materiálů ve styku s vodou	Uvolňování mikroplastů, nanoplastů z membrán apod.	N/A	Stárnutí materiálu a jeho opotřebení	2	Membránová separace není využívána. Hygienické požadavky jinak stanovuje legislativa (vyhláška MZ č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody)	1	N/A						Důsledné kontroly, monitoring vody
				Porušení membrán vlivem dlouhodobého používání	N/A			N/A						
	Výpadky v dodávkách elektrické energie	Omezení provozuschopnosti úpravny vody	5	Výpadky v dodávkách elektrické energie z důvodu působení přírodních jevů (námraza, silný vítr, povodně a další)	3	Využívání záložních zdrojů elektrické energie	2	30	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	1	2
						Automatické posilovací stanice s využitím generátoru	2	30	Nácvik "blackoutu"					
				Výpadky v dodávkách elektrické energie z technických příčin (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu	3	Využívání záložních zdrojů elektrické energie	2	30	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	2	
						Automatické posilovací stanice s využitím generátoru	2	30	Nácvik "blackoutu"	2	1	1	2	
	Použití nevhodných chemikálií (nebo v nevhodném množství)	Zhoršení organoleptických vlastností vody, v extrémním případě může voda způsobit zdravotní problémy nebo úmrtí	2	Špatný technický stav určitých částí technologické linky úpravny vody	1	Údržba zařízení - vliv prevence na údržbu zařízení	1	2	Rekonstrukce technologické linky úpravny vody	1	1	1	1	
				Lidská chyba	2	Automaticky řízená dávkovací čerpadla	1	4	Automatické systémy	1	1	1	1	
				Teroristický útok	1	Připravenost - havarijní a krizové plány	1	2	Automatické detekční sondy kvality vody	2	1	1	2	
Provádění analýz. Mechanické vzorkování v laboratoři hmotnostní spektrometrie						3	6	Detekční metody na bázi hmotnostní spektrometrie (sonda, která by ihned rozpoznala)	3	2	1	6		

Tabulka 29: Analýza FMEA velký provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní)- pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Úprava vody	Kybernetické útoky	Omezení funkčnosti informačních systémů, vyřazení řídicích systémů úpravny vody, narušení provozu.	2	Hackerský útok	3	Legislativní předpisy (zákon č. 181/2014 Sb. o kybernetické bezpečnosti), mají kybernetický dispečink	4	24	Dobrovolná a důsledná implementace preventivních bezpečnostních opatření v rámci vnitřních řídicích kontrolních systémů k zajištění co nejvyšší úrovně ochrany	1	1	1	1
				Denial of Service	2	Preventivní bezpečnostní opatření provozovatelů vodárenských systémů	2	8					
				Lidská chyba na straně zaměstnanců (otevření nebezpečné přílohy apod.)	2	Pravidelná aktualizace bezpečnostních opatření, vzdělávání zaměstnanců	1	4					
	Nedostatečná technologie úpravy vody (vzhledem k její kvalitě)	Zhoršení organoleptických vlastností vody, voda může způsobovat zdravotní problémy	1	Nesprávné dávkování např. manganistanu draselného nebo chlornanu vzhledem k aktuální kvalitě surové vody	1	Nastavení vnitřních kontrolních mechanismů provozovatele	1	1	Využívání nejnovějších technologických postupů, moderní oxidační procesy,	1	1	1	1
				Nezjištěné zhoršení kvality surové vody v prameništi (např. po vydatnějších srážkách)	1	Monitoring kvality vody ve vodních zdrojích	1	1					

Tabulka 30: Analýza FMEA velký provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní)

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Distribuční systém (vodojemy, vodovodní sítě)	Poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí	Přerušení dodávek vody	3	Povodně	3	Připravenost - krizové a havarijní plány	1	9	Připravenost - výstražné systémy (předpovědní a výstražná povodňová služba), mapování ohrožených míst	1	2	1	2
						Propojování vodárenských soustav	1	9	Vyčlenění potřebných finančních prostředků propojování vodárenských soustav	2	3	1	6
						Náhradní či nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	9	Budování záložních zdrojů vody	1	3	1	3
			Silný vítr	3	Připravenost - krizové a havarijní plány	1	9	Připravenost - výstražná služba v oblasti operativní metrologie, využívání nových technologií pro zpřesnění předpovědi	1	2	1	2	
					Propojování vodárenských soustav	1	9	Vyčlenění potřebných finančních prostředků propojování vodárenských soustav	2	3	1	6	
					Náhradní či nouzové zásobování vodou (cisterny, voznice, dodávky balené vody)	1	9	Budování záložních zdrojů vody	1	3	1	3	
	Narušení spojů potrubí	Přerušení dodávek vody	4	Stáří materiálu	3	Pravidelná odborná obnova vodovodní sítě	3	36	Volba vhodných materiálů zvyšujících životnost	1	2	1	2
				Koroze (rovnoměrná, bodová, selektivní, bimetalická)	3	Správná regulace (snížení) tlaků v potrubí -rozdělení na tlaková pásma	1	12	Zajištění vhodných provozních podmínek	1	1	1	1
									Zajištění správných tlaků v potrubí	1	1	1	1
	Zanedbaná údržba, nízký stupeň znalosti vodovodního systému	Přerušení dodávek vody	2	Nedostatek finančních prostředků na údržbu	3	Pravidelná údržba, průběžné provozní kontroly	1	6	Navýšení finančních prostředků na údržbu	2	2	1	4
				Chybějící odborný personál	1	2	Nehrozí, personální plány, odborníků je stále méně, ale daří se	1	2	Vzdělávání zaměstnanců, vymezení požadované kvalifikace zaměstnanců, vymezení odpovědnosti zaměstnanců	1	1	1
	Neprůchodnost potrubí, vysoký stupeň inkrustace potrubí	Přerušení dodávek vody	2	Příliš tvrdá voda tvořící inkusty na stěnách potrubí	2	Přiměřené provozní podmínky (vhodná tvrdost a PH vody, vyloučení malých nebo naopak velkých rychlostí proudění vody...)	1	4	Zajištění vhodných provozních podmínek a jejich neustálý monitoring	1	1	1	1
									Zajištění rovnoměrnosti průtoků	1	1	1	1
				Nahromaděné mechanické nečistoty	2	Pravidelné čištění vodovodního potrubí, filtrace vody, odkalování (proplach potrubí proudem vody)	1	4	Při výstavbě nebo renovaci vodovodů používat plastové potrubní systémy	2	2	1	4

Tabulka 30: Analýza FMEA velký provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní)- pokračování

Oblast	Možné riziko	Možné následky rizika	Význam	Možná příčina	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Odhalitelnost	RPN	Doporučená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Distribuční systém (vodojemy, vodovodní sítě)	Porucha dodávek elektrické energie	Přerušení dodávek vody	3	Výpadky v dodávkách elektrické energie z důvodu působení přírodních jevů (námraza, silný vítr, povodně a další)	3	Přípravenost - krizové a havarijní plány	1	9	Posilování přípravy domácností - vytvářet si zásoby balené vody v doporučeném množství	2	1	1	2
						Záložní zdroje elektrické energie	1	9	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	2
				Výpadky v dodávkách elektrické energie z technických příčin (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu	2	Přípravenost - krizové a havarijní plány	1	6	Přípravenost ověřovat nácvikem, simulací	1	1	1	1
						Záložní zdroje elektrické energie	1	6	Budování fotovoltaických provozů	2	1	1	2
				Blackout (mimořádná událost na přenosové soustavě)	3	Nouzové zásobování pitnou vodou	1	9	Posilování přípravy domácností - vytvářet si zásoby balené pitné vody v doporučeném množství	2	1	1	2
						Krizová opatření	1	9	Nácvik "blackoutu"	2	1	1	2
	Terorismus, vandalismus	Přerušení dodávek vody, kontaminace vody	3	Destrukce vodovodní sítě	1	Přípravenost - krizové a havarijní plány	1	3	Vynakládání finančních prostředků na zvyšování bezpečnosti, instalace bezpečnostních prvků	1	1	1	1
				Záměrná kontaminace pitné vody	2	Systémy včasného varování	1	6	Pravidelné odebrání vzorků, monitoring	1	1	1	1

## Výsledky analýzy FMEA – kategorie velký provozovatel, oddílný model provozování (C)

### Zdroje vody

U faktoru zdroje vody u velkého provozovatele bylo na základě analýzy identifikováno jako nejvýznamnější riziko možné kontaminace zdroje syntetickými farmaky a fytofarmaky (RPN 24). Možnou příčinou tohoto rizika může být neodborná likvidace léčiv, vylučování farmak a fytofarmak z těl zvířat i lidí, nedokonalé odstranění farmak a fytofarmak v procesu čištění a další. Opatřením pro prevenci tohoto rizika je monitorování farmak a fytofarmak ve vodě. Provozovatel C se v monitoringu zaměřuje spíše na pesticidy než na farmaka. Dalším možným opatřením je přijetí seznamu prioritních látek a jeho pravidelná revize a aktualizace. Navržená opatření ke snížení tohoto rizika spočívají v informační kampani směrem k veřejnosti o způsobu nakládání s nepoužitými léčivy, dále ve snaze minimalizovat nadužívání léků. Dalším z navrženým preventivních opatření ke snížení obsahu farmak a fytofarmak ve vodě je používat nové inovativní technologie k čištění odpadních vod, kombinovat aerobní a anaerobní čištění a využívat při čištění pokročilé oxidační procesy.

Jako další významnější riziko (RPN 12) bylo identifikováno riziko zvýšení koncentrace chemických látek a jejich sloučenin vlivem průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek. Stávající opatření k prevenci tohoto rizika spočívají v kontrole rizikových aktivit v ochranných pásmech vodních zdrojů. Provozovatel C využívá vícezdrojovou soustavu (vodu z přehradní nádrže, vrty podzemní vody), využívá 3 pásma vodohospodářské ochrany a provádí i kontroly aktivit v ochranných pásmech. Jako opatření ke snížení tohoto rizika byla navržena neustálá aktualizace bezpečnostních opatření v průmyslových podnicích, které nakládají s nebezpečnými látkami. Ke snížení rizika znečištění povrchového zdroje hnojivy ze zemědělské činnosti vyplácí provozovatel C zemědělcům, která obhospodařují pole v blízkosti povrchového zdroje vody, kompenzace za to, že díky šetrnějším přístupům v hnojení dosahují nižší výnosy z produkce.

Riziko nedostatku vody zapříčiněné suchem bylo ohodnoceno jako středně závažné riziko se středně vysokou pravděpodobností výskytu. Provozovatel C má zpracovány scénáře výskytu sucha s výhledem až do roku 2050 (včetně predikce, o kolik se změní počet obyvatel v zásobované oblasti, o kolik se zvýší potřeba vody, jaký vliv má sucho na zdroje podzemní vody apod.). Riziko povodní bylo u provozovatele C vyhodnoceno jako riziko málo závažné. Možnou příčinou tohoto rizika může být tání sněhu nebo vydatné dešťové srážky, vzhledem

k poloze se zde jedná o velmi nízkou pravděpodobnost výskytu. Možnou příčinou se středně vysokou pravděpodobností výskytu by pak mohlo být protržení hráze přehrady. Stávajícím opatřením ke snížení rizika povodní je připravenost na tuto krizovou situaci pomocí plánů krizové připravenosti, které má provozovatel C zpracované a pravidelně je aktualizuje, dále využívání záložních zdrojů vody a náhradní či nouzové zásobování pitnou vodou. Provozovatel C má vlastní cisterny, voznice, tedy v případě potřeby disponuje potřebnou technikou. Provozovatel C využívá i vlastní povodňový informační systém v rámci SMART dispečinku.

Riziko přemnožení řas a sinic bylo vyhodnoceno jako riziko málo závažné s velmi nízkou pravděpodobností výskytu. Toto riziko je ovšem ohodnoceno jako nepředvídatelné (na povrchovém zdroji by mohlo nastat). Preventivním opatřením ke snížení tohoto rizika je předcházet znečištění vod látkami, které podporují bujení sinic a řas, a dále sledovat ukazatele microcystin\_LR. Tento ukazatel provozovatel C nesleduje a tento ukazatel není ani součástí povinného úplného rozboru vody.

Riziko bioterorismu u zdrojů vody bylo expertní skupinou vyhodnoceno jako riziko málo závažné s velmi nízkou pravděpodobností výskytu, zde hraje významnou roli zejména včasná detekce. K navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika patří především včasné hlášení možného podezření orgánům ochrany veřejného zdraví a koordinovaná a účinná reakce. Mezi rizika nevýznamná s nepravděpodobným výskytem byla zařazena rizika zemětřesení a sopečné činnosti.

## **Úprava vody**

Jako nejvýznamnější riziko v oblasti úpravy vody bylo expertní skupinou identifikováno riziko omezení provozuschopnosti úpravny vody vlivem výpadku v dodávkách elektrické energie (RPN 30). Význam tohoto rizika byl vyhodnocen jako kritický. Výpadky v dodávkách elektrické energie mohou být zapříčiněny jak přírodními vlivy (námraza, silný vítr apod.), tak i vlivy technickými (vyřazení rozvodny z provozu) nebo následkem teroristického činu. Přírodním i technickým vlivům byla přiřazena středně vysoká pravděpodobnost výskytu. Stávající opatření k prevenci tohoto rizika spočívají ve využívání záložních zdrojů energie (provozovatel C má vlastní záložní zdroje) i ve využívání automatických posilovacích stanic s využitím generátoru (i automatické posilovací stanice má provozovatel C vlastní). Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je budování fotovoltaických provozů. Provozovatel C v současné době připravuje investiční plán k vybudování vlastního

fotovoltaického provozu. Dalším navrženým opatřením je nácvik "blackoutu". Provozovatel C se zúčastnil společně s dalšími subjekty krajského cvičení Blackout v roce 2018. Součástí tohoto cvičení bylo i ověření připravenosti zajištění nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou v případě rozsáhlého výpadku dodávek elektrické energie na velkém území.

Jako riziko málo závažné se středně vysokou pravděpodobností výskytu bylo u vybraného velkého provozovatele identifikováno riziko kybernetických útoků, které mohou omezit funkčnost informačních systémů, vyřadit řídicí systémy úpravní vody a narušit provoz úpravní vody. Nejčastější příčinou může být hackerský útok. Provozovatel C má zřízeno vlastní centrum kybernetické bezpečnosti a využívá SMART dispečink. Rovněž pravidelně vzdělává své zaměstnance v oblasti digitální bezpečnosti a pravidelně aktualizuje svá bezpečnostní opatření. Právě dobrovolná a důsledná implementace preventivních bezpečnostních opatření v rámci vnitřních řídicích kontrolních systémů k zajištění co nejvyšší úrovně ochrany patří i mezi navržená opatření ke snížení tohoto rizika.

Riziko případného uvolňování mikroplastů či nanoplastů z membrán nebylo možné u vybraného středního provozovatele hodnotit, tyto technologie většina provozovatelů v ČR nevyužívá.

Jako rizika málo závažná byla v oblasti úpravy vody hodnocena rizika nedostatečného zajištění objektů (provozovatel C má své úpravní vody dostatečně zabezpečené a hlídané kamerovým systémem), špatného stavebního stavu objektů (provozovatel C vynakládá průběžně prostředky na údržbu a modernizaci objektů) a riziko použití nevhodných chemikálií nebo v nevhodném množství (provozovatel C využívá automaticky řízená dávkovací čerpadla). Detekční metody na bázi hmotnostní spektrometrie provozovatel C nevyužívá, ale jako indikátory případné toxicity využívá pstruhy, jejich pohyb je průběžně monitorován. Provozovatel C používá vlastní laboratorní systém, do kterého se zadávají výsledky analýzy, ale nedisponuje systémem s přímým exportem dat do laboratorních informačních systémů. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je využívání automatických detekčních sond kvality vody. Jako riziko nevýznamné s nevýznamnou pravděpodobností výskytu bylo vyhodnoceno riziko nedostatečné technologie úpravy vody (vzhledem k její kvalitě). Provozovatel C využívá nejmodernější technologie úpravy vody a této oblasti věnuje dostatečnou pozornost.

## Distribuce vody

V oblasti distribuce vody (vodojemy a vodovodní síť) bylo jako nejvýznamnější riziko u provozovatele C identifikováno riziko možného narušení spojů potrubí vlivem stáří materiálu (RPN 36). Toto riziko bylo vyhodnoceno jako velmi závažné se středně vysokou pravděpodobností výskytu. Stávajícím opatřením pro prevenci je pravidelná odborná obnova vodovodní sítě. K narušení spojů potrubí může vést i koroze. K diagnostice stavu potrubí využívá provozovatel C speciální kamery, kterými stav monitoruje. Důležitým faktorem je i samotný materiál potrubí, je využíván nejen plast, ale i litina nebo ocel (tam, kde je to vhodné). Dalším důležitým faktorem je i zajištění správných tlaků v potrubí a jejich rozdělení na tlaková pásma.

Jako středně závažné riziko se středně vysokou pravděpodobností výskytu bylo vyhodnoceno riziko možného poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí (povodně, silný vítr). Stávající opatření pro prevenci spočívají v propojování vodárenských soustav, v krizové připravenosti provozovatele a v zajištění náhradního či nouzového zásobování vodou. Jak již bylo zmíněno výše v textu, provozovatel C disponuje vlastními technickými prostředky k zajištění náhradního či nouzového zásobování obyvatel pitnou vodou. Navržená opatření ke snížení tohoto rizika spočívají v budování záložních zdrojů vody, dalším propojování vodárenských soustav a ve využívání výstražných systémů (předpovědní a výstražná povodňová služba).

Jako další středně závažné riziko byly vyhodnoceny výpadky v dodávkách elektrické energie, které i v oblasti distribuce vody mohou představovat závažný problém. Stávajícím opatřením pro prevenci je využívání záložních zdrojů elektrické energie a připravenost na tuto krizovou situaci. V současné době je v plánu vybudování vlastního fotovoltaického provozu. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je i posilování přípravy domácností pro případ blackoutu – tedy vytvářet si vlastní zásoby balené vody v doporučeném množství.

Přerušení dodávek vody či případná kontaminace vody může být i následkem teroristického útoku, toto riziko bylo vyhodnoceno rovněž jako středně závažné s nízkou či malou pravděpodobností výskytu (toto riziko se týká převážně vodojemů, které jsou ze strany provozovatele C hlídané a monitorované). Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je vynakládání dostatečných finančních prostředků na zvyšování bezpečnosti, instalace bezpečnostních prvků a rovněž pravidelné odebírání vzorků a monitoring vody.



Riziko zanedbané údržby a nízkého stupně znalosti vodovodního systému bylo vyhodnoceno u provozovatele C jako riziko málo závažné, stejně tak jako riziko neprůchodnost potrubí z důvodu vysokého stupně inkrustace potrubí. Jako preventivní opatření využívá provozovatel C speciální kamery, kterými stav potrubí monitoruje, jak již bylo uvedeno výše.

## **7.4 Aplikace možností, řešení a realizace NZV v krizových situacích**

Z výše uvedeného vyplývá, že vodárenské systémy vodovodů pro veřejnou potřebu jsou v reálném prostředí vystaveny celému spektru hrozeb a rizik. Jakými způsoby a prostředky je možné daná rizika a hrozby snižovat, případně eliminovat, je základním cílem této disertační práce a taktéž krokem k dalšímu následnému vědeckému zkoumání. Jednotlivé návrhy opatření ke snížení a eliminaci rizik jsou uvedeny v podkapitole 7.3. Některé z výše uvedených hrozeb a rizik mohou vyústit až v krizové situace, ve kterých může dojít k narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu a musí být aktivován systém nouzového zásobování. V následujících podkapitolách bude proto věnována pozornost jednotlivým možnostem nouzového zásobování pitnou vodou v krizových situacích. Vzhledem k faktu, že problematika nouzového zásobování vodou je ovlivněna i dalšími faktory, jako je nezbytnost pitné vody pro lidský organismus a rovněž krátkodobá použitelnost pitné vody, bude v navazujících podkapitolách věnována pozornost i těmto faktorům.

### **7.4.1 Možnosti zajištění nouzového zásobování pitnou vodou při vzniku krizové situace**

Smyslem nouzového zásobování pitnou vodou je zabezpečit obyvatelům a objektům kritické infrastruktury nezbytné množství vody požadované jakosti v situacích, kdy stávající systém zásobování pitnou vodou je zcela nebo částečně nefunkční. Metodický pokyn MZe ze dne 8. 3. 2021 řeší problematiku výběru a udržování zdrojů pro nouzové zásobování pitnou vodou při mimořádných událostech a za krizových stavů [127]. Tento pokyn byl vydán v návaznosti na metodický pokyn z roku 2016 k zajištění jednotného postupu orgánů krajů, hlavního města Prahy, orgánů obcí s rozšířenou působností, orgánů obcí a městských částí v Praze v systému nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou [18]. Pro účely nouzového zásobování pitnou vodou se používají zdroje podzemních vod i zdroje povrchových vod, metodika MZe člení zdroje NZV do tří skupin:

- zdroje NZV mimořádného významu,
- vybrané zdroje NZV,
- ostatní jímací objekty nezařazené mezi zdroje NZV.

Odborný orgán kraje (vodoprávní úřad) vede evidenci o všech zdrojích výše uvedených skupin. Udržování zdroje NZV provádí pověřený subjekt na základě Plánu udržování zdroje NZV.

Pokud je v krizové situaci rozhodnuto o použití vody z nového nebo neznámého zdroje, je nutné dle metodického doporučení SZÚ [27] provést vstupní kontrolu kvality vody minimálně v rozsahu kráceného rozboru dle vyhlášky 252/2004 Sb. [23], který je doplněn o enterokoky a případně i o další ukazatele, které jsou indikovány místním šetřením jako potenciálně rizikové. Zdroj by měl být k nouzovému zásobování pitnou vodou využit pouze se souhlasem orgánu ochrany veřejného zdraví.

Účastníky NZV jsou věcně příslušné orgány veřejné správy, provozovatelé vodovodů, právnické a podnikající fyzické osoby, které poskytují odborné služby nebo věcné prostředky pro zajištění NZV na území kraje. Výkonnými subjekty jsou provozovatelé vodovodů.

Základem technického a materiálního zabezpečení nouzového i náhradního zásobování vodou jsou dostupné prostředky provozovatelů vodárenských systémů. K zajištění NZV je nezbytné disponovat prostředky:

- pro rozvoz pitné vody (cisterny, voznice),
- čerpacími agregáty,
- mobilními zdroji elektrické energie,
- prostředky pro úpravu a dekontaminaci vody,
- prostředky pro provádění odborných prací při obnově vodních zdrojů,
- mobilními trubními rozvody a dalšími potřebnými prostředky [128].

Prostředky k zajištění nouzového zásobování pitnou vodou disponuje i SSHR, která má ve svých rezervách autocisterny, kontejnery na pitnou vodu, mobilní úpravný pitné vody, čerpadla, elektrocentrály a další potřebné prostředky. Po vyhlášení krizového stavu dostávají obce tyto prostředky k dispozici bezplatně, pokud není vyhlášen krizový stav, může si obec tyto prostředky od SSHR pronajmout.

Podle povahy narušení je možné v krizových situacích využívat zejména nenarušené vodovodní systémy nebo jejich části (včetně možnosti jejich dočasného propojení či zokruhování). Propojování vodárenských systémů umožňuje v krizových situacích distribuovat pitnou vodu do míst, ve kterých došlo k narušení dodávek pitné vody. Propojování vodárenských systémů je pochopitelně finančně vysoce nákladné. Navíc

i v případě, že je jejich fungování uvažováno pouze jako záložní pro případ řešení krizových situací, je potřeba neustále zajišťovat jejich údržbu a obnovu. Z toho důvodu je propojování vodárenských soustav podporováno i ze strany MZe, které za tímto účelem vypisovalo v minulých letech dotační programy.

Další možností je nouzové zásobování pitnou vodou pomocí mobilní techniky, tedy s využitím autocisteren a voznic (cisternových přívěsů). Obecné hygienické zásady pro nouzové zásobování pitnou vodou cisternami uvádí v příloze C svého metodického doporučení SZÚ [27]. Čerpaná voda musí svou kvalitou vyhovovat hygienickým požadavkům stanoveným Vyhláškou MZ ČR č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody [23]. Cisterny musí být dle doporučení SZÚ vyhrazeny pouze pro převoz pitné vody (nesmí být využívány k jiným účelům), výtokové kohouty by měly být takového rozměru, aby bylo možné plnit i lahve s úzkým hrdlem. Poklopy vstupních otvorů do cisterny musí být spolehlivě zajištěné, aby se zabránilo možné kontaminaci vody nežádoucí činností cizích osob. Před zahájením používání musí být cisterna řádně vydezinfikována, v terénu by měla být umístěna, pokud možno, v bezprašném a čistém prostředí a při vysokých teplotách (v létě) pokud možno ve stínu. Voda v cisterně je vhodná k orálnímu užití zhruba 3 dny, za horkého léta se doba použitelnosti vody zkracuje. Pokud to provozní podmínky umožňují, je vhodná obměna vody každý den. Při novém plnění cisterny je nezbytné veškerý objem vody vypustit, případné zbytky vody odstranit. Jednou za týden by měla být v rámci tzv. sanitárního dne cisterna mechanicky vyčištěna, vydezinfikována a propláchnuta. Pokud je to technicky možné, může být k zajištění mikrobiální nezávadnosti vody použito dochlorování. Kontrola kvality vody se provádí podle možností nebo na základě rozhodnutí orgánu ochrany veřejného zdraví (nejčastěji KHS). Provozovatel cisteren by měl vést pro každou cisternu evidenci, ze které jsou patrná místa a časy nasazení dané cisterny, údaje o provedených opravách a údržbě, čištění, dezinfekci i výsledky kontroly kvality odebraných vzorků. Na každé cisterně by také měly být informační nápisy, kde je uvedeno označení provozovatele cisterny, telefonní kontakt, kam volat v případě potřeby doplnění cisterny, a rovněž označení kvality vody „Pitná voda“ nebo „Pitná voda jen po převaření“. Přitom je doporučováno označení „Pitná voda jen po převaření“ z hlediska možné dodatečné kontaminace vody v nedostatečně vyčištěných nádobách, ve kterých si odběratelé vodu z cisteren odnáší. Jednotný a závazný postup není možné stanovit, protože je vždy nutné brát v úvahu konkrétní

místní situaci, kvalitu vody čerpané do cisterny, roční období, teplotu vzduchu, délku převozu apod. [8, 27].

V případě krizových situací a mimořádných událostí (např. při povodních) lze řešit nouzové zásobování i pomocí dodávek balené pitné vody podle plánu nezbytných dodávek obcí s rozšířenou působností nebo krajů (tento způsob NZV se využívá jako doplňkový k výše uvedeným způsobům).

V závislosti na rozsahu a charakteru krizové situace je možné k zajištění NZV a řízení výdeje pitné vody použít i kombinaci způsobů pro náhradní zásobování vodou, např.:

- nouzové zajištění dodávky pitné vody funkčním distribučním systémem pro vybranou lokalitu (např. shromaždiště evakuovaných osob aj.) nebo pro vybrané objekty (zdravotnická zařízení, zařízení sociální péče aj.) po odstavení ostatních odběrů z dané části funkčního distribučního systému,
- krizovým výdejem vody na určených výdejních místech,
- mobilními úpravami vody či dalšími technologickými zařízeními potřebnými k dosažení požadované kvality vody,
- využitím souprav na dezinfekci vody a dalšími způsoby [127,128].

Ke zvládnutí krizové situace lze použít řadu postupů úpravy vody. Mezi nejčastější postupy při podezření z možné mikrobiální kontaminace vody patří podle metodických doporučení SZÚ navýšení dávek dezinfekčního prostředku, v případě potřeby doplněné i filtrací či UV zářením [27].

K zachování stabilnosti vody je doporučováno dochlorování vody či použití jiné dezinfekce [8]. Chlorování je jedním z nejčastějších způsobů dezinfekce vody. Důvodem je velká baktericidní účinnost chloru i v nízkých koncentracích. V úpravách vody je nejčastěji využíván plynný chlor, oxid chloričitý a v některých úpravách se používá i chlornan sodný. Z bezchlorových postupů se nejčastěji využívá ozonizace či využívání UV záření. UV záření je fyzikálním způsobem dezinfekce vody, účinek spočívá v usmrcení mikroorganismů. Zdrojem UV záření bývají rtuťové křemenné lampy (kolem nich v tenké vrstvě voda cirkuluje). Dále lze využít dezinfekci směsnými oxidanty (MIOX) a využití membránových procesů. Technologie MIOX využívá pouze vodu, sůl a elektřinu k výrobě velmi zředěného roztoku chloru elektrolýzou koncentrované solanky. V ČR není tato technologie úpravy vody příliš rozšířena, byť ji SZÚ schválil

a dle vyjádření MZ ČR vyhovuje požadavkům Vyhlášky 409/2005 Sb., v zahraničí je využívána mnohem více. K membránovým postupům patří mikrofiltrace, luftrafiltrace, nanofiltrace a reversní osmóza [129].

Před výběrem způsobu, jakým bude zajištěno NZV obyvatelstva a infrastruktury pitnou vodou, je vždy potřeba zvážit, který způsob bude nejvhodnější v dané krizové situaci.

#### **7.4.2 Zajištění veřejné infrastruktury ČR pitnou vodou**

V podmínkách České republiky je reálně každá veřejná infrastruktura zcela závislá na dodávkách pitné vody z vodovodní sítě pro veřejnou potřebu. Plynulost dodávek vody však může být narušena vznikem MU na distribučním nebo technologickém systému pitných vod způsobených událostmi přírodního nebo antropogenního původu. Tyto události mohou vyvolat zejména následující příčiny a podněty.

##### **Příčiny vzniku MU s následným zajištěním NZV:**

- nemožnost udržet kvalitu pitné vody ve stanovených limitech,
- havárie distribučního nebo technologického systému pitných vod,
- úmyslné poškození vodárenského systému – terorismus.

##### **Podněty vzniku MU vyvolávající povinnost zajištění NZV:**

- nedostatek surové vody ve vodním zdroji,
- neopravitelnost surové vody na vodu pitnou,
- zhoršení kvality pitné vody v distribučním systému nad stanovené limity,
- kontaminace distribuované pitné vody v oblasti mikrobiologie,
- kontaminace pitné vody závadnými nebo nebezpečnými látkami.

U prvků veřejné infrastruktury hraje klíčovou roli připravenost na krizovou situaci přerušení dodávek vody. Bez vody se neobejde žádný podnik či organizace. Například zdravotnická zařízení musí zachovat každodenní provoz a zajistit péči o pacienty, proto je nutné mít připravené krizové operační postupy a scénáře ke zvládnutí této krizové situace. V nemocnicích se voda používá v mnoha procesech, není samozřejmě používaná pouze k hygienickým účelům (mytí rukou, splachování toalet, přípravě pokrmů, praní prádla), ale je využívána i pro dialýzu, sterilizaci, ultrazvuk, nemocniční laboratoře, chlazení medicinálních plynů, operační sály a další. Navržená řešení spočívají zejména

v krizové připravenosti jednotlivých subjektů, ve využívání záložních zdrojů vody, v možném propojování vodárenských soustav, využívání cisteren i automatických tlakových stanic k nouzovému zásobování pitnou vodou. Americká vodárenská asociace (American Water Works Association – AWWA) společně s Centrem pro prevenci a kontrolu nemocí (CDC) vydala doporučené postupy pro nemocnice a zdravotnická zařízení [130]. V těchto doporučených postupech jsou uvedeny konkrétní postupy pro zdravotnická zařízení. Tyto postupy zahrnují sestavení nákresů inženýrských sítí (veškeré vodovodní potrubí, ventily, měřiče.), sestavení seznamu vybavení a procesů, které využívají ke svému provozu vodu a v jakém množství. Součástí doporučených postupů je i plán údržby vnitřní vodovodní sítě, smluvní zajištění nouzového zásobování pitnou vodou, krizové operační postupy a alternativní zdroje vody. Dokument doporučuje také provést audit používání vody v objektu, tedy určit, jaká je spotřeba vody za normálních provozních podmínek, identifikovat, které procesy jsou zásadní pro zdraví a bezpečnost pacientů a které lze v případě přerušení dodávek vody omezit, určit nouzová opatření pro úsporu vody (odložení elektivních výkonů nebo ambulantní péče) a identifikovat dostupné alternativní zdroje vody. Na základě těchto kroků pak zpracovat plán nouzového zásobování vodou.

Tyto doporučené postupy lze samozřejmě modifikovat i pro další odvětví. Pokud má být v krizové situaci včas zajištěno náhradní či nouzové zásobování pitnou vodou, je třeba být na tuto situaci připraven a učinit potřebná preventivní opatření. V případě, že je systém zásobován z několika zdrojů, je nejjednodušším řešením odstavení postiženého zdroje. V případě propojení systému s okolními vodovody je možné využít dodávku ze sousedního systému (tato varianta ovšem musí být předem jak technicky, tak legislativně ošetřena). Pokud uvedené alternativy nejsou dostupné, je možné vybudovat a využívat záložní zdroje vody, vodu z cisteren a voznic, dodávky balené vody apod. Konkrétní metodická opatření obsahuje Koncepce zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou v krizových situacích [36].

### **7.4.3 Faktory ovlivňující nouzové zásobování pitnou vodou**

Nouzové zásobování pitnou vodou při vzniku krizových situacích a mimořádných událostí je složitá problematika. Její složitost spočívá zejména ve dvou následujících faktorech:

- nezastupitelnost pitné vody pro lidský život;

- krátkodobá udržitelnost pitné vody vhodná k orálnímu užití.

## **Nezastupitelnost pitné vody pro lidský život**

Pitná voda je nezbytně důležitá pro správné fungování lidského organismu. Pitná voda tvoří cca 55 až 60 % tělesné hmotnosti dospělého člověka. Větší podíl celkové tělesné vody mají malé děti, naopak nižší podíl mohou mít obézní lidé vzhledem k většímu podílu tukové tkáně. Ke zvýšení podílu celkové tělesné vody může docházet i v těhotenství vlivem hormonů.

Podle lokalizace dělíme celkovou tělesnou vodu na několik kompartmentů. Zhruba dvě třetiny tělesné vody je uvnitř buněk (tzv. voda intracelulární) a zbývající zhruba jedna třetina je voda extracelulární. Přibližně 25 % extracelulární vody je tvořeno intravaskulární tekutinou (plazmou), zbylých cca 75 % se nachází v mezibuněčném prostoru jako intersticiální tekutina (tkáňový mok). Velmi malé množství vody existuje v tzv. třetím prostoru jako tekutina transcelulární (např. vyplnění kloubních štěrbin) [131].

Obsah vody v lidském organismu je výsledkem bilance mezi příjmem vody a jejím výdejem (viz tabulka č. 30). Příjem vody obsahuje jednak vodu přijímanou ve formě nápojů, dále vodu obsaženou v potravě a tzv. metabolickou vodu, která je produktem katabolismu živin. Velmi důležité je dodržování správného pitného režimu – denní příjem u dospělého by měl činit cca 2 až 3 l vody, s přihlédnutím k fyzické aktivitě jedince i jeho věku a prostředí, ve kterém se pohybuje. Samozřejmě zde hraje důležitou roli nejen množství, ale i výběr nápojů – hlavní složkou pitného režimu by měla být právě čistá pramenitá voda, doplněná příležitostně kvalitní minerální vodou (k dodání potřebných minerálů – např. hořčíku sodíku apod.). Dalšími vhodnými nápoji dle doporučení odborníků jsou bylinné, ovocné nebo zelené čaje, případně vodou ředěné ovocné či zeleninové šťávy. Výdej vody z těla je řízen složitými mechanismy pro zajištění vyrovnané vodní bilance. Zhruba 60 % vody je vylučováno ledvinami, 20 % vody je vylučováno kůží, zhruba 15 % je vylučováno plícemi a 5 % stolicí [132].



Tabulka 31: Vodní bilance (zdroj: Benelam, Wyness 2010)

Příjem vody v ml/den		Výdej vody v ml/den	
Voda v nápojích	550–1500	Moč	500–1400
Voda v potravě	700–1000	Odpařování z kůže	450–900
Metabolická voda	200–300	Vylučování plícemi	350
		Vylučování stolicí	150
Celkem	1450–2800	Celkem	1450–2800

Nejvýznamnější ztrátu vody představuje moč (až 1,5 litru denně), dále pak odpařování vody kůží. Množství vody, které člověk vydechuje, představuje zhruba 0,35 litru za den.

Při nerovnováze mezi příjmem a výdejem tekutin může dojít k dehydrataci. Dehydratace je hypovolemický stav s negativní bilancí vody. K nadměrným ztrátám tekutin může docházet např. pocením při vysoké horečce nebo v horkém prostředí, vlivem gastrointestinálních ztrát (průjem, zvracení), vlivem ztráty moči (diuretická léčba), nedostatečným příjmem vody, vlivem osmotické diurézy u diabetes mellitus, krvácením apod. Nedostatek vody v lidském organismu (dehydratace) se projevuje mnoha způsoby. K obecným příznakům dehydratace patří vážný deficit extracelulární tekutiny (5 % a více), žízeň, snížená náplň krčních žil, zapadlé oči, zvýšený hematokrit (tendence k tvorbě trombóz), nízká produkce moči, tachykardie, studené a bledé periferie, snížený tonus kůže, hypotenze až hypovolemický cirkulační šok. Při těžké dehydrataci může docházet k poruchám vědomí až kómatu a následné smrti [131].

Lidské tělo tedy potřebuje ke svému správnému fungování dostatek vody, člověk bez vody přežije jen pár dní. Zásadní roli samozřejmě hrají i faktory jako úroveň aktivity člověka, prostředí, ve kterém se člověk pohybuje apod. Dehydratace nastává rychle, způsobuje extrémní žízeň, únavu a nakonec i selhání orgánů a smrt. Člověk může přejít od pocitu žízně a mírné malátnosti první den bez vody k selhání orgánů do třetího dne. Obecně se uvádí, že člověk vydrží bez vody asi 3 dny [133]. Zajištění nouzového zásobování pitnou vodou musí tedy patřit mezi prioritní úkoly každého státu a mezi základní opatření nouzového přežití.

## **Krátkodobá udržitelnost pitné vody vhodné k orálnímu požití**

Dalším významným faktorem je rovněž krátkodobá udržitelnost pitné vody. V případě narušení infrastruktury pitné vody se minimální standardy dodávek stávají velmi podstatnými pro krizové řízení. Kritická infrastruktura pro zásobování vodou je ze své podstaty pro fungování společnosti zásadní. Pokud dojde k jejímu poškození, zničení nebo narušení, může to mít významný negativní dopad na veřejné zdraví, jak o tom pojednává předchozí kapitola. Veškerá nouzová opatření musí být proto pečlivě plánována a připravena. Kvalita skladované pitné vody může být ohrožena mnoha způsoby, zejména kvůli špatným hygienickým postupům (postupy manipulace s vodou, hygiena nádob, hygiena rukou, sanitační postupy apod.). Řada zemí doporučuje svým občanům, aby si uchovávali zásoby pitné vody v doporučeném množství. Současně úřady doporučují i postupy, jak vodu správně skladovat. Například americké Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí doporučuje na svých webových stránkách následující postup [134]:

- důkladné umytí uzavíratelných plastových nádob;
- vydezinfikování nádob pomocí doporučeného dezinfekčního prostředku;
- následné vypláchnutí nádob;
- naplnění nádob pitnou vodou přímo z kohoutku;
- pevné uzavření nádob a označení datem naplnění;
- nádoby pak skladovat na suchém, chladném a tmavém místě po dobu max. 6 měsíců.

V případě cisteren mají doporučené postupy zpracovány samotní provozovatelé.

## 8 Diskuze

Voda patří mezi základní složky nezbytné k životu. Prosperita společnosti, ale i její blahobyt a bezpečnost závisí na dostupnosti vody a její kvalitě. Voda patří k omezeným zdrojům, které je potřeba chránit a využívat udržitelným způsobem. Základní problém na globální úrovni spočívá v nesouladu mezi poptávkou po vodě a její dostupností. Podobně jako v mnoha oblastech celého světa, i v Evropě vzrůstají obavy týkající se nedostatku vody – tyto obavy jsou spojené zejména s klimatickými změnami a narůstajícím rizikem sucha. Právě klimatické podmínky a poptávka po vodě patří mezi významné faktory, které hrají klíčovou roli zejména v případě, že nastane převis poptávky nebo bude nabídka vody omezena. Na úrovni EU představuje základní právní rámec pro ochranu a obnovu čisté vody a k zajištění jejího dlouhodobého a udržitelného využívání Rámcová směrnice o vodě, kterou doplňují další konkrétnější právní předpisy, jako je např. směrnice o pitné vodě. Hned v prvním bodě odůvodnění rámcové směrnice o vodě je uvedeno, že *„voda není komerčním produktem jako každý jiný, ale spíše dědictvím, které je třeba chránit a jako s takovým s ním zacházet“* [135]. Revidovaná směrnice o pitné vodě z roku 2020 definuje základní standardy kvality pitné vody a vyžaduje po členských státech, aby pravidelně sledovaly kvalitu pitné vody a pozornost věnovaly také analýze rizik [14]. V ČR se potřebou zvýšené ochrany vody zabývá hned několik strategických dokumentů, které byly přijaty na národní úrovni – Strategie přizpůsobení se změně klimatu spolu s Akčním plánem adaptace na změnu klimatu, Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky a Strategický rámec Česká republika 2030. Z těchto dokumentů jasně vyplývá, že ochranu vody je nutné řešit komplexně a ve vzájemné interakci s dalšími složkami životního prostředí. V roce 2023 schválila vláda ČR návrh na nový ústavní zákon o ochraně vody, který by měl zajistit větší ochranu vody a vodních zdrojů [136].

System nouzového zásobování pitnou vodou je v ČR v gesci Ministerstva zemědělství. Po vyhlášení krizového stavu a přerušení dodávek pitné vody je aktivován systém nouzového zásobování vodou, který zajišťují orgány krajů a obcí prostřednictvím Služby nouzového zásobování vodou. Ta musí zahájit své aktivity nejpozději do pěti hodin od vzniku mimořádné události nebo krizové situace. Výkonnými subjekty Služby nouzového zásobování vodou jsou právnické a podnikající fyzické osoby smluvně na ni vázané, jimiž jsou zejména vlastníci a provozovatelé vodovodů a provozovatelé

technických zařízení na náhradní úpravu surové vody. Rychlému a úspěšnému zvládnutí situace mohou významně napomoci přijatá preventivní opatření, jejichž nezbytnou součástí musí být pečlivé vymezení náhradních zdrojů vody v krizových plánech. Co se týká legislativních předpisů, v ČR vymezuje odpovědnost za organizaci a koordinaci NZV zákon č. 240/2000 Sb. Zákon o krizovém řízení v platném znění [30]. Postupy orgánů krajů a obcí (včetně ORP) sjednocuje Metodický pokyn Ministerstva zemědělství k výběru a udržování zdrojů pro nouzové zásobování pitnou vodou v systému nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou při mimořádných událostech a za krizových stavů ze dne 8. 3. 2021 [127]. Nouzovým zásobováním se zajišťuje pitná voda pro obyvatelstvo v množství nezbytném pro jeho přežití a po nezbytně nutnou dobu potřebnou pro obnovení funkce běžného zásobování pitnou vodou na postiženém území. Pro účely nouzového zásobování vodou se podle metodického pokynu MZe využívají přednostně zdroje podzemních vod. Zdroje povrchových vod se vzhledem k současným klimatickým změnám doporučuje zahrnovat mezi zdroje NZV pouze v případě, kdy zásobování vodou zasaženého území je zajišťováno pouze z velkých povrchových zdrojů, a podzemní zdroje vody nejsou k dispozici.

K zajištění dodávek pitné vody je doporučeno využívat především nenarušených vodovodních systémů (pokud je to možné), dodávek vody pomocí voznic a autocisteren, úpravy vody pomocí mobilních úpraven vody a rovněž dodávek balených vod. Přednostně jsou zásobována dětská, zdravotnická, sociální zařízení, dále pak ozbrojené síly, bezpečnostní složky, složky IZS podílející se na plnění krizových opatření.

Pokyny Světové zdravotnické organizace pro kvalitu pitné vody (WHO) „Guidelines for drinking-water quality“ doporučují vytvářet plány zabezpečení dodávek pitné vody (Water safety plans, WSP) jako nejúčinnější prostředek pro důsledné zajištění bezpečnosti a dostupnosti dodávek pitné vody. WSP jsou založené na komplexním přístupu k hodnocení a řízení rizik v celém řetězci zásobování pitnou vodou. V evropském regionu je tento přístup stále častěji akceptován vodárenskými společnostmi, které si samy analýzy rizik zpracovávají [137]. Proces posouzení rizik při výrobě a distribuci pitné vody (český ekvivalent WSP) byl do české legislativy zaveden novelou Zákona 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, která v předmětném bodě nabyla platnosti 1.11.2017 [3]. Do 6 let od účinnosti zákona (do 1.11.2023) mají dodavatelé pitné vody povinnost vypracovat posouzení rizik a jeho závěry promítnout do

svého provozního řádu. Při samotném posuzování rizik se ale lze dopustit mnoha pochybení, která v konečném důsledku znamenají znehodnocení celého procesu.

Rizika je možné rozdělit do dvou kategorií – na rizika způsobená přírodními vlivy a rizika antropogenní. Mezi nejvýznamnější přírodní rizika, která mohou vyřadit zdroje vody z jejich funkce, patří povodně, sucho, ale i průnik radonu nebo zvýšení koncentrace jiných chemických látek a jejich sloučenin v objemech vody, přemnožení řas a sinic, v některých zemích patří mezi významná přírodní rizika i zemětřesení nebo sopečná činnost. Mezi rizika antropogenní můžeme zařadit např. znečištění zdrojů vody syntetickými farmaky či fytofarmaky, průmyslovými haváriemi s únikem závadných či nebezpečných látek, významným antropogenním rizikem je také úmyslné znečištění zdrojů vody (bioterrorismus).

Dále můžeme rizika členit na kvantitativní (tato rizika představují především přerušení dodávek pitné vody) a kvalitativní (tato rizika představují špatnou kvalitu vody).

Provozovatelé vodárenských systémů mají za úkol dodávat pitnou vodu spotřebitelům a bezpečně vracet vyčištěnou odpadní vodu zpět do životního prostředí. Provozování vodárenských systémů je činností, která zahrnuje důležité aspekty technické, ekonomické, manažerské i regulační. Provozování vodárenských systémů může být zajišťováno veřejnými či soukromými provozovateli. Vodohospodářské služby jsou služby veřejného zájmu, a proto jsou regulovány jak na úrovni EU (Rámcová směrnice o vodě a další), tak i na vnitrostátní úrovni jednotlivých členských zemí. Samotné provozování vodohospodářských služeb je v kompetenci jednotlivých států, a proto se může lišit samotná definice vodohospodářských služeb a co vše tento pojem v jednotlivých zemích zahrnuje. Nicméně zásobování pitnou vodou a čištění odpadních vod spadá do definice vodohospodářských služeb ve všech evropských zemích. EurEau (Evropská federace národních asociací vodohospodářských služeb) používá ve své zprávě *The governance of water services in Europe* [122] následující klasifikaci možných modelů řízení, které jsou v oblasti provozování vodárenských systémů využívány v evropských zemích:

- 1) Přímá veřejná správa, kdy stát je plně odpovědný za poskytování služeb a jejich řízení (v minulosti v Evropě tento model řízení vodohospodářských služeb převládal).

- 2) Delegovaná veřejná správa, kdy odpovědný veřejný subjekt pověří provozováním služeb provozovatele, ten ale obvykle rovněž zůstává ve veřejném vlastnictví.
- 3) Delegovaná soukromá správa, kdy odpovědný veřejný subjekt pověří soukromou společností, aby provozovala vodohospodářské služby na základě nájemní či koncesní smlouvy.
- 4) Přímá soukromá správa, kdy je provozování vodohospodářských služeb kompletně svěřeno do rukou soukromých subjektů. Veřejné subjekty omezují svou činnost pouze na kontrolu a regulaci.

Podle zprávy EurEau [122] převládá ve většině evropských zemích kombinace prvních tří modelů s obecnou tendencí směřovat k delegovanému veřejnému a soukromému řízení. Vodohospodářská infrastruktura je ve většině evropských zemí ve veřejném vlastnictví. V ČR převládá delegovaná soukromá správa (59 % trhu). Sledováním kvality pitné vody je většinou pověřeno Ministerstvo zdravotnictví a orgány ochrany veřejného zdraví (v ČR MZ, SZÚ a hygienické stanice). Ochrana vodních zdrojů a stanovení environmentálních norem je obvykle v kompetenci Ministerstva životního prostředí, národních agentur pro životní prostředí nebo Správy povodí (v ČR MŽP, Česká inspekce životního prostředí). Zelená dohoda EU (Green Deal) a cíle udržitelného rozvoje OSN 2030 (SDGs – Sustainable Development Goals) poskytují rámec pro udržitelný rozvoj společnosti. A právě voda hraje zásadní roli při dosahování těchto cílů.

Vzhledem k tomu, že ČR patří mezi minoritní země s převládající delegovanou soukromou správou [122], byla v rámci této disertační práce věnována pozornost mimo jiné i jednotlivým způsobům provozování vodárenských systémů. V ČR je vodohospodářská infrastruktura vysoce atomizovaná. V roce 2022 působilo v ČR přes 7 000 vlastníků a více než 3 000 provozovatelů vodárenských systémů [138]. Takto vysoká míra atomizace s sebou přináší mnohá rizika. Tématu se věnovala i konference „Provoz vodovodů a kanalizací 2019“, na které bylo uvedeno, že v současné době neplní své zákonné povinnosti při obnově sítí 75 % trhu [139]. Riziky atomizace vodárenství se pak s obdobným hodnocením zabývala i konference „Financování vodárenské infrastruktury“ konaná v únoru 2020 [140]. Významnou část z celkového počtu provozovatelů tvoří malé obce, které zásobují vodou méně než 1 000 obyvatel. Přitom 50 největších provozovatelů zásobuje pitnou vodou okolo 90 % obyvatel. Mezi TOP 50 provozovateli podle množství fakturované vody je oddílný model provozování zastoupen

u 68 % provozovatelů a smíšený model u 26 % provozovatelů [141]. V rámci této disertační práce byly identifikovány silné a slabé stránky jednotlivých způsobů provozování vodárenských systémů. V rámci analýzy rizik pak byla u vybraných provozovatelů reprezentujících jednotlivé modely provozování identifikována rizika v oblasti zdrojů vody, její úpravy i distribuce, byla provedena analýza a zhodnocení současného stavu a navržena opatření ke snížení zjištěných rizik. Reprezentanty zastupující jednotlivé modely provozování vybírala expertní skupina.

Při posuzování rizik je nutné nejen rizika správně identifikovat (včetně terénního šetření), ale i správně ohodnotit. Aby měla analýza dostatečnou vypovídací hodnotu, musí ji provádět expertní skupina, tedy skupina zkušených odborníků z oblasti technologie i samotného provozu. V případě této disertační práce se na analýze podílela čtyřčlenná expertní skupina. Zejména pro malé provozovatele může být např. z důvodu nedostatečné odbornosti posouzení rizik obtížně uchopitelné. Cílem této práce je mimo jiné poskytnout vlastníkům a provozovatelům návod, jak je možné při analýze rizik provozování vodárenských systémů postupovat. Správně provedené hodnocení rizik a implementace navržených opatření může přispět ke zlepšení kvality vody, k lepší ochraně vodních zdrojů, ke kvalitnějšímu monitoringu, ke snížení počtu poruch systému zásobování vodou, ale také ke snížení provozních nákladů na provádění nápravných opatření i ke zlepšení zdravotního stavu uživatelů pitné vody.

U vybraného malého provozovatele reprezentujícího samostatný model provozování bylo v oblasti zdrojů vody jako nejvýznamnější vyhodnoceno riziko zvýšení koncentrace chemických látek a jiných sloučenin, kdy může dojít ke kontaminaci zdroje hnojivy nebo odpadními vodami z průmyslových objektů, dále pak kontaminace zdroje prostřednictvím syntetických farmak a fytofarmak. Tato rizika uvádí ve své zprávě z roku 2020 i EurEua, která označuje mikropolutanty z léčiv (včetně veterinárních), prostředků osobní hygieny, čisticích prostředků jako rizika pro vodní zdroje. Ačkoli pozorované koncentrace ve vodních zdrojích jsou v současné době u většiny z nich nízké, mohou mít tyto produkty negativní dopad na vodní ekosystémy. Při současných úrovních koncentrací sice neexistují jednoznačné vědecké důkazy o nepříznivých účincích na lidské zdraví, ale s rostoucím používáním mikropolutantů se jejich negativní účinky mohou prohlubovat [122]. Toto riziko zmiňují ve své studii i Bottoni a kol. [105] nebo Félix–Cañedo a kol. [142]. Rovněž pesticidy a mikroplasty uvádí jako rizika pro vodní zdroje EurEau [122], stejně jako řada dalších autorů např. Syafrudin nebo Earnhart [143, 144]. Další

významnější rizika identifikovaná u vybraného malého provozovatele souvisí s klimatickými změnami, kdy např. povodně mohou zdroj vody znečistit, znehodnotit. Povodně jako významné přírodní nebezpečí pro vodní zdroje uvádí ve své studii z roku 2016 i Serra-Llobet, Conrad a Schaefer [145]. Toto riziko ve své studii uvádí i EurEau [122].

V oblasti úpravy vody bylo jako nejvýznamnější riziko u malého provozovatele vyhodnoceno riziko přerušení dodávek elektrické energie. Tímto rizikem se ve své práci zabývá i Busby a kol. [146] a také Bross a kol. [50]. Doporučeným opatřením ke snížení tohoto rizika je budování vlastních fotovoltaických provozů a dále posilování připravenosti provozovatelů např. nácviem „blackoutu“. Jiná doporučená opatření navrhuji rovněž zvyšování připravenosti samotných domácností, tedy vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství. Dalším významným rizikem u vybraného malého provozovatele bylo identifikováno riziko nedostatečného zajištění objektu úpravy vody a možného vniknutí neznámé/neautorizované osoby. I u malých provozovatelů je nezbytné sledovat trendy v oblasti zabezpečovací techniky a posílit zabezpečení objektů. Mezi další identifikovaná významná rizika patří špatný stavební stav objektů a zhoršené provozní podmínky, které mohou vést k možné kontaminaci vody. Malý provozovatel většinou nedisponuje dostatečnými finančními prostředky na údržbu a renovaci a rovněž nemá dostatek kvalifikovaných zaměstnanců. Navrženým opatřením je finanční motivace malých provozovatelů k nastavení systému řízení rizik, udělování pokut v případě zanedbání údržby či při odhalení zhoršených provozních podmínek. Dále pak další vzdělávání a zvyšování odborné kvalifikace zaměstnanců.

V oblasti distribuce vody bylo u vybraného malého provozovatele vyhodnoceno jako nejvýznamnější riziko možného narušení spojů potrubí vlivem stáří materiálu. Doporučeným opatřením ke snížení tohoto rizika je pravidelná odborná obnova vodovodní sítě a volba vhodných materiálů zvyšujících životnost. Další významným rizikem je zanedbaná údržba související s nízkým stupněm znalosti vodovodního systému. Těmito riziky se zabývá ve své studii i Gibson a kol. [147]., který se věnuje otázce životností vodovodního potrubí a tvorbě simulačních modelů, které je možné využívat k tvorbě strategií oprav a výměn potrubí. Doporučeným opatřením ke snížení tohoto rizika je navýšení finančních prostředků na údržbu vodovodní sítě, dále pak vzdělávání zaměstnanců, vymezení jejich požadované kvalifikace a vymezení jejich odpovědnosti. Samozřejmě s nedostatkem kvalifikovaných zaměstnanců se nepotýkají



v dnešní době pouze malí provozovatelé. Tento aspekt zmiňuje ve své studii také EurEau [122], která doporučuje vytvářet a podporovat příležitosti pro mladé zaměstnance vodohospodářského sektoru např. prostřednictvím stáží a školicích programů.

I v oblasti distribuce vody byly jako významně rizikové identifikovány výpadky v dodávkách elektrické energie. Jako středně závažné riziko pak bylo vyhodnoceno riziko poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí, jako jsou např. povodně nebo silný vítr. Povodně jako významné přírodní nebezpečí uvádí i řada dalších autorů např. Serra – Llobet, Conrad a Schaefer, EurEua [122, 145]. Přírodním rizikům a jejich vlivu na dodávky pitné vody se věnuje i polská studie autorů Szpak D. a Tchórzewska-Cieślak B. [148].

V případě krizové situace nedisponuje vybraný malý provozovatel (stejně jako většina malých provozovatelů v ČR) vlastními záložními zdroji vody, nedisponuje ani potřebnými technickými prostředky (nemá vlastní cisterny, voznice, záložní zdroje elektrické energie, automatické posilovací stanice apod.), v případě potřeby si je může zapůjčit. Vybraný malý provozovatel nemá propojené vodárenské systémy, tedy ani toto jinak běžně využívané opatření není možné u vybraného malého provozovatele v případě narušení dodávek pitné vody využít. Propojování vodárenských systémů je pro malé provozovatele příliš finančně náročné. O vodovod se v obcích starají převážně techničtí zaměstnanci obce, kteří často nejsou v problematice provozování systému patřičně proškoleni. Postupuje se podle zažitých zvyklostí a tradic, chybí vypracované metodické postupy a interní směrnice.

Z analýzy rizik u vybraného středního provozovatele vyplynulo jako nejvýznamnější riziko v oblasti zdrojů vody riziko povodní. Vybraný střední provozovatel využívá vícezdrojovou soustavu, k zásobování pitnou vodou využívá jak zdroje povrchové, tak i podzemní. Riziko povodní se týká povrchového zdroje vody (řeky Labe). Stávající opatření spočívají v odstavení postiženého zdroje a náhradním či nouzovým zásobování obyvatelstva pitnou vodou, kdy vybraný střední provozovatel disponuje vlastními cisternami a voznicemi, pomocí kterých dokáže zabezpečit zhruba 3 000 obyvatel, v případě nedostatečné kapacity by si pak mohl potřebnou techniku zapůjčit. Mezi možná opatření k prevenci tohoto rizika patří i záložní zdroje vody. Záložní zdroje provozovatel B nemá, ale současně nevyužívá plnou kapacitu zdrojů stávajících. V případě potřeby by tedy mohl požádat o povolení krátkodobě čerpat ve vyšší míře vodu z podzemního zdroje.

Navrženým opatřením ke snížení a eliminaci tohoto rizika je propojování vodárenských soustav. V současné době se na vybudování propoje pracuje.

Jako další významné riziko v oblasti zdroje vody u vybraného středního provozovatele bylo identifikováno riziko možného zvýšení koncentrace chemických látek a jejich sloučenin vlivem průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek. Rizikem znečištění vody z průmyslových havárií se ve svém článku z roku 2020 zabývá i Arif, Malik a kol. [149]. Autoři se ve své práci věnují i kontrolním opatřením a metodám efektivního čištění odpadních vod. Průmyslovými haváriemi a jejich vlivem na dodávky pitné vody se ve svém článku zabývá i Szpak D. a Tchórzewska-Cieślak B. [148]. Nejvýznamnějším opatřením ke snížení tohoto rizika je samozřejmě důsledná preventivní a kontrolní činnost (a to nejen preventivní a kontrolní činnost v průmyslových podnicích, ale i pravidelné kontroly rizikových aktivit v ochranných pásmech vodních zdrojů). Jako středně závažné riziko bylo vyhodnoceno riziko kontaminace zdroje syntetickými farmaky a fytofarmaky zapříčiněné zejména nedokonalým odstraněním farmak a fytofarmak v procesu čištění. Toto riziko se vztahuje k povrchovému zdroji vody. Přítomnost farmak ve vodě monitoruje provozovatel pouze jednou za rok v rámci úplného rozboru vody, který zahrnuje celkem 65 položek. Tento rozbor je ale pro středního provozovatele finančně náročný, proto ho provádí pouze v časovém intervalu stanoveném vyhláškou. Jako další středně závažná rizika byla vyhodnocena rizika bioterorismu (záměrná kontaminace zdroje biologickými patogeny) a dlouhotrvající sucho (toto riziko se u vybraného středního provozovatele týká zejména podzemního zdroje vody). Rizikem bioterorismu se ve svém článku Bioterrorism and Drinking Water Safety z roku 2014 zabývá Gabriel Bitton [150], který ve své práci představuje hlavní biotoxiny a pojednává o jejich potenciálním dopadu na bezpečnost zdrojů pitné vody. Bitton zdůrazňuje nezbytnost systémů včasného varování, které monitorují kvalitu zdrojů vody nebo vody ve vodovodních distribučních systémech.

V oblasti úpravy vody bylo jako nejvýznamnější riziko u vybraného středního provozovatele identifikováno riziko možného kybernetického útoku. Ochranou vodohospodářské infrastruktury před kybernetickými útoky se ve svém článku Protecting Drinking Water Utilities From Cyberthreats z roku 2017 zabývá i Robert M. Clark a kol. [151]. Současným trendům a výzvám v oblasti kybernetické bezpečnosti ve vodárenství se ve svém článku z roku 2021 věnuje i Alabi et al. [152]. Kybernetickou bezpečnost považuje za jednu z hlavních priorit vodárenského průmyslu. Pozornost věnuje

možnostem efektivního zabezpečení informačních i provozních technologií, které obecně čelí nejrůznějším bezpečnostním hrozbám ze strany kybernetických útočníků. Autor ve svém příspěvku používá termín „kultura kybernetické bezpečnosti v organizaci“, kterou popisuje jako soubor postojů, předpokladů, přesvědčení, hodnot a znalostí, které lidé používají při své interakci s informačními aktivy. Za důležitý faktor považuje vzdělávací a školicí programy v oblasti kybernetické bezpečnosti. Navrhuje i možnost pojištění proti kybernetickým útokům (pojištění kybernetické bezpečnosti) vzhledem k citlivé povaze dat a ochraně před ztrátami vzniklými v důsledku kybernetických útoků.

Hrozba kybernetických útoků nabývá na významu s tím, jak podniky vodohospodářské infrastruktury stále více začleňují výpočetní techniku do své rutinní činnosti, a jsou proto vůči kybernetickým hrozbám stále zranitelnější. Střední provozovatelé navíc většinou nemají dostatečně zabezpečenou počítačovou síť, neškolí pravidelně zaměstnance v oblasti kybernetické bezpečnosti apod. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je proto dobrovolná a důsledná implementace preventivních bezpečnostních opatření v rámci vnitřních řídicích kontrolních systémů k zajištění co nejvyšší úrovně ochrany na straně provozovatele a rovněž důsledné vzdělávání zaměstnanců v oblasti digitální bezpečnosti. Možnou ochranou je i využívání tzv. dvoufaktorového zabezpečení, které je běžně využívané např. v bankovníctví. Hackerských útoků na vodárenské společnosti v poslední době přibývá, jedním z posledních je útok ze srpna 2022 na britskou úpravnu vody South Staffordshire PLC, která zásobuje vodou zhruba 1,6 mil. obyvatel. I přes narušení počítačové sítě nebylo zásobování nezávadnou pitnou vodou narušeno, a to díky přijatým bezpečnostním opatřením a nastavenému kontrolnímu systému, jak vyplývá z vyjádření společnosti [153].

Dalším velmi významným rizikem jsou v oblasti úpravy vody možné výpadky v dodávkách elektrické energie. Přípravenost na krizovou situaci týkající se přerušení dodávek elektrického proudu je řešena v krizových plánech provozovatele včetně možných scénářů řešení. Stávající opatření spočívají především ve využívání záložních zdrojů elektrické energie. Vybraný střední provozovatel sice nemá vlastní záložní zdroje elektrické energie, v případě potřeby si je může zapůjčit buď od HZS, nebo od SSHR. Ani automatické posilovací stanice nemá provozovatel B vlastní, ale v případě potřeby si i tyto může zapůjčit. Navrženým opatřením je budování vlastních fotovoltaických provozů. Jako riziko středně závažné bylo vyhodnoceno riziko špatného stavebního stavu

objektu a riziko nedostatečného zajištění objektů. Navrženým opatřením ke snížení těchto rizik patří vlastní iniciativa středních provozovatelů ke zlepšení stávajícího zabezpečení objektů, přijímání preventivních opatření a zavedení účinných kontrolních mechanismů.

V oblasti distribuce vody bylo jako nejvýznamnější riziko u středního provozovatele vyhodnoceno riziko možného narušení spojů potrubí zapříčiněné stářím materiálu. Stávajícím opatřením k prevenci a snížení tohoto rizika je pravidelná odborná obnova vodovodní sítě, což je ovšem pro středního provozovatele finančně náročné. Možnými metodami detekce netěsností vodovodních potrubí se ve svém příspěvku Leak Detection in Water-Distribution Pipe System na mezinárodní konferenci o inteligentních výpočetních a řídicích systémech zabývají autoři Ganeshan a kol. [154]. Autoři ve svém článku navrhuji robotický autonomní systém detekce úniků v potrubí, kterými lze zajistit přesnou lokalizaci úniku. Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je volba vhodných materiálů zvyšujících životnost potrubí (např. plast, litina apod.).

K dalším významným rizikům patří i v oblasti distribuce vody možné přerušení dodávek elektrické energie. Riziko zanedbané údržby bylo u provozovatele B vyhodnoceno jako riziko středně závažné. Jako středně závažné bylo rovněž vyhodnoceno riziko možného vandalizmu či terorizmu, kdy může dojít k záměrné kontaminaci vody (toto se týká zejména vodojemů). Úmyslnému znečištění distribučních vodovodních systémů, vývoji indikátorů citlivosti a hodnocení zranitelnosti se ve svém článku věnují autoři Nafi, Crastes a kol. [155].

Z provedené analýzy vyplývá, že vybraný střední provozovatel reprezentující smíšený model provozování je na možnost narušení dodávky pitné vody lépe připraven, využívá vícedrožovou soustavu, buduje propoj se sousedním systémem, disponuje vlastními cisternami i voznicemi. Má rovněž zpracované a pravidelně aktualizované krizové plány, tedy má připravené metodické postupy a interní směrnice pro řešení možných krizových situací.

Vlastními záložními zdroji elektrické energie ani automatickými tlakovými stanicemi nedisponuje, v případě potřeby by si je mohl zapůjčit.

U vybraného velkého provozovatele bylo v oblasti zdrojů vody na základě provedené analýzy jako nejvýznamnější identifikováno riziko možné kontaminace zdroje syntetickými farmaky a fytofarmaky = a to především z důvodu obtížného odhalení tohoto rizika. Možnou příčinou může být neodborná likvidace léčiv, vylučování farmak

a fytofarmak z těl zvířat i lidí, nedokonalé odstranění farmak a fytofarmak v procesu čištění a další. Toto riziko uvádí i EurEua [122], Bottoni [105] a Félix–Cañedo [142]. Opatřením pro prevenci tohoto rizika je monitorování farmak a fytofarmak ve vodě. Dalším možným opatřením je přijetí seznamu prioritních látek a jeho pravidelná revize a aktualizace. Navržená opatření ke snížení tohoto rizika spočívají v informační kampani směrem k veřejnosti o způsobu nakládání s nepoužitými léčivy a rovněž ve snaze minimalizovat nadužívání léků. Možným způsobem snížení obsahu farmak a fytofarmak ve vodě je i používání nových inovativních technologií k čištění odpadních vod, kombinace aerobního a anaerobního čištění a využívání pokročilých oxidačních procesů. Jako další významnější riziko v této oblasti bylo identifikováno riziko zvýšené koncentrace chemických látek a jejich sloučenin vlivem průmyslové havárie s únikem nebezpečných látek. Toto riziko uvádí ve svých studiích i řada dalších autorů, např. Arif, Malik a kol. [149], Szpak a Tchórzewska-Cieślak [148]. Stávající opatření k prevenci tohoto rizika spočívají v kontrole rizikových aktivit v ochranných pásmech vodních zdrojů. Vybraný velký provozovatel využívá vícezdrojovou soustavu (vodu z přehradní nádrže, vrty podzemní vody), využívá tři pásma vodohospodářské ochrany a provádí i kontroly aktivit v ochranných pásmech. Jako opatření ke snížení tohoto rizika byla navržena neustálá aktualizace bezpečnostních opatření v průmyslových podnicích, které nakládají s nebezpečnými látkami, a rovněž spolupráce se zemědělci v dané oblasti (motivace k ekologicky šetrným způsobům hnojení apod.). Jako středně závažné riziko bylo vyhodnoceno riziko nedostatku vody zapříčiněné suchem. Dopadem sucha na zásobování pitnou vodou se ve svém článku zabývá i Stewart a kol. [156]. Autoři tohoto článku doporučují využívat analýzy (např. analýzy celkové spotřeby vody, velikosti populace apod.) a modelování vývoje sucha. Vybraný velký provozovatel má zpracovány scénáře výskytu sucha s výhledem až do roku 2050 (včetně predikce, o kolik se změní počet obyvatel v zásobované oblasti, o kolik se zvýší potřeba vody, jaký vliv má sucho na zdroje podzemní vody apod.).

V oblasti úpravy vody bylo jako nejvýznamnější riziko u vybraného velkého provozovatele identifikováno riziko omezení provozuschopnosti úpravny vody vlivem výpadku v dodávkách elektrické energie. Stávající opatření k prevenci tohoto rizika spočívají ve využívání záložních zdrojů energie, kdy vybraný velký provozovatel disponuje vlastními záložními zdroji, i ve využívání automatických posilovacích stanic s využitím generátoru (i tyto má vybraný velký provozovatel vlastní). Navrženým

opatřením ke snížení tohoto rizika je budování fotovoltaických provozů. Vybraný velký provozovatel má zpracovaný investiční záměr k vybudování vlastního fotovoltaického provozu. Důležitá je rovněž připravenost provozovatele na tuto krizovou situaci. Vybraný velký provozovatel se zúčastnil společně s dalšími subjekty krajského cvičení Blackout v roce 2018. Riziko kybernetických útoků bylo u vybraného velkého provozovatele vyhodnoceno jako riziko méně závažné, i zde hraje významnou roli připravenost provozovatele na tuto krizovou situaci. Vybraný velký provozovatel má vybudováno vlastní centrum kybernetické bezpečnosti a využívá SMART dispečink. Také pravidelně vzdělává své zaměstnance v oblasti digitální bezpečnosti a pravidelně aktualizuje svá bezpečnostní opatření. Tato opatření doporučuje ve své studii i Clark a kol. [151].

V oblasti distribuce vody bylo i u velkého provozovatele (stejně jako u středního a malého) identifikováno riziko možného narušení spojů potrubí vlivem stárí materiálu. Stávajícím opatřením pro prevenci je pravidelná odborná obnova vodovodní sítě. Vybraný velký provozovatel využívá k diagnostice stavu potrubí speciální kamery, kterými stav monitoruje. Důležitost monitoringu stavu potrubí zdůrazňuje ve své studii i Ganeshan a kol. [154]. Důležitým faktorem je i samotný materiál potrubí, je využíván nejen plast, ale i litina nebo ocel (tam, kde je to vhodné). Dalším důležitým faktorem je zajištění správných tlaků v potrubí a jejich rozdělení na tlaková pásma. Riziko možného poškození vodovodní sítě vlivem přírodních událostí bylo vyhodnoceno jako riziko středně závažné. Stávající opatření pro prevenci spočívají v propojování vodárenských soustav, v krizové připravenosti provozovatele a v zajištění náhradního či nouzového zásobování vodou. Vybraný velký provozovatel disponuje vlastními technickými prostředky k zajištění náhradního či nouzového zásobování obyvatel pitnou vodou. Navržená opatření ke snížení tohoto rizika spočívají v budování záložních zdrojů vody, dalším propojování vodárenských soustav a ve využívání výstražných systémů (předpovědní a výstražná povodňová služba). Riziko možného výpadku v dodávkách elektrické energie bylo rovněž expertní komisí zařazeno mezi rizika středně závažná. Stávající opatření spočívají v krizové připravenosti provozovatele a ve využívání záložních zdrojů elektrické energie. Jak již bylo uvedeno výše, v plánu je i vybudování vlastního fotovoltaického provozu. Mezi středně závažná rizika byla zařazena i rizika možného přerušování dodávek vody či její případné kontaminace následkem teroristického útoku. Vodojemy má ale vybraný velký provozovatel monitorované, hlídané a zabezpečené, proto byla pravděpodobnost výskytu rizika hodnocena jako nízká.

Navrženým opatřením ke snížení tohoto rizika je vynakládání dostatečných finančních prostředků na zvyšování bezpečnosti, instalace bezpečnostních prvků a rovněž pravidelné odebírání vzorků, tedy monitoring vody.

Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že vybraný velký provozovatel reprezentující oddílný model provozování je dobře připraven na možné krizové situace a disponuje potřebnými prostředky k náhradnímu i nouzovému zásobování vodou. Využívá vícezdrojovou soustavu, disponuje potřebnými technickými prostředky (má vlastní cisterny, voznice, ATS, záložní zdroje elektické energie), má vypracovaný plán krizové připravenosti i krizové scénáře pro případ možných krizových situací. Velkou pozornost věnuje prevenci, zabezpečení všech objektů, má i vlastní kybernetický dispečink k ochraně před častými kybernetickými útoky, má připravený investiční plán k vybudování vlastního fotovoltaického provozu, účastnil se i nácviku „blackoutu“. Disponuje online monitoringem, využívá moderní technologie.

Jednotlivé modely provozování lze samozřejmě posuzovat z různých hledisek – z hlediska ekonomického, technického, z pohledu odborného zabezpečení činnosti, odolnosti vůči rizikům apod. Z hlediska ceny pro konečného spotřebitele se jako nejvýhodnější jeví model samostatného provozování, kdy si obec sama stanovuje cenu vodného a stočného, kterou může i dotovat. Z ekonomického hlediska sice malé obce samostatně účtují vodné a stočné, ale nemají dostatek finančních prostředků na obnovu infrastruktury. Ministerstvo zemědělství v roce 2020 aktualizovalo metodický pokyn k jednotnému zpracování a dokládání realizace Plánu financování obnovy vodovodů a kanalizací, ale zejména u malých vlastníků a provozovatelů je často nemožné generovat z vybraného vodného a stočného dostatečné finanční prostředky na obnovu majetku [157]. I Zpráva o stavu vodního hospodářství 2021 uvádí jako opakující se závažnější nedostatky při kontrolách ze strany Ministerstva zemědělství u malých provozovatelů úplnou absenci nebo chybné zpracování plánu financování obnovy [158]. Z hlediska dostatečného technického zabezpečení činnosti se jako vhodnější modely jeví model smíšený a oddílný, stejně tak i z pohledu odborného zabezpečení činnosti. Toto zjištění koresponduje s vyjádřením Ministerstva zemědělství, které uvádí, že při kontrolách v roce 2021 bylo opakovaně zjišťováno, že někteří odborní zástupci u malých provozovatelů plní svoji funkci spíše formálně, a to buď z důvodu menšího finančního ohodnocení, nebo z důvodu jejich snížené dostupnosti v rámci některých regionů [158]. Z hlediska odolnosti vůči rizikům se jako nejvhodnější jeví model oddílný.

Z provedené analýzy vyplývá, že řešení problémů zvládají lépe velcí a střední provozovatelé, kteří jsou na možné krizové situace lépe připraveni a disponují i potřebnými prostředky (technickými, finančními, organizačními, personálními). Naopak nejvíce ohrožené jsou malé vodárenské soustavy. Tento závěr koresponduje i se závěry konference Financování vodárenské infrastruktury 2020, kde Jan Kříž z Ministerstva životního prostředí ČR vyzval ke sdružování do větších celků: *„Má-li být obor samoudržitelný a oproštěn od dotací, není možné to zvládnout bez řešení atomizace. Pojd'me hledat cesty, jak sdružovat svazky. Systémy pak budou daleko funkčnější“* [158].

Z diskuze rovněž vyplývá, že je u provozovatelů vodárenských systémů nezbytné vyvažovat dlouhodobé přístupy při plánování, výstavbě a obnově vodohospodářské infrastruktury s přiměřenou mírou flexibility tak, aby vodohospodářská infrastruktura byla schopna reagovat a přizpůsobovat se inovativním řešením i měnícímu se prostředí.



## 9 Závěr

Předkládaná disertační práce se zabývá problematikou nouzového zásobování obyvatelstva a infrastruktury pitnou vodou v krizových situacích.

Cílem disertační práce bylo identifikovat, které typy krizových situací na vodárenských systémech mají potenciál ohrozit odběry pitné vody obyvatelstvu a prvkům infrastruktury, zjistit, jakými prostředky a způsoby je možné vznik krizových situací na vodních zdrojích a distribučních systémech pitných vod snižovat a dále zkoumat možnosti zajištění nouzového zásobování pitnou vodou.

V teoretickém úvodu práce byl nejprve zpracován ucelený přehled současného stavu systému nouzového zásobování pitnou vodou v ČR včetně legislativních předpisů, které upravují tuto problematiku. Rovněž byl zpracován přehled současného stavu problematiky ve vybraných zemích světa. Lze konstatovat, že celá oblast nouzového zásobování pitnou vodou je v ČR velmi podrobně legislativně upravena včetně kompetenčního vymezení působnosti a pravomocí jednotlivých aktérů. V rámci teoretických východisek byly popsány i vodárenské systémy v ČR a kritické body znečištění.

V praktické části byly identifikovány hrozby a rizika, která mohou vyústit v krizové situace ohrožující odběry pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury. V oblasti vodních zdrojů můžeme členit tyto hrozby a rizika do dvou oblastí – přírodní a antropogenní. Mezi přírodní hrozby patří povodně, dlouhotrvající sucho, průnik radonu, zvýšení koncentrace jiných chemických látek v objemech vody, přemnožení řas a sinic, sopečná činnost a zemětřesení. Jako hrozby antropogenního charakteru byly identifikovány teroristické útoky, průmyslové havárie s únikem závadných či nebezpečných látek, kontaminace vodních zdrojů syntetickými farmaky a fytofarmaky nebo radioaktivními látkami. V oblasti úpravy vody představují hrozby a rizika především kybernetické útoky, možné přerušení dodávek elektrické energie, nedostatečné zabezpečení objektů, či poruchy v dávkování chemikálií. V oblasti distribuce vody mohou ohrozit dodávky pitné vody přírodní události (povodně, silný vítr), výpadky v dodávkách elektrické energie, terorismus, vandalismus, narušení spojů potrubí apod.

Dále byly popsány jednotlivé způsoby provozování vodárenských systémů v ČR a analyzovány jejich silné a slabé stránky. Mezi nejvýznamnější silnou stránku malých

provozovatelů (samostatný model provozování) patří možnost stanovovat si vlastní ceny vodného a stočného, které může obec i dotovat z vlastních zdrojů. Jedná se rovněž o politický nástroj představitelů obce, který mohou využívat ve volební kampani. Mezi slabé stránky potom patří vysoká odborná náročnost, kdy obec zpravidla nemá mnohá rizika ošetřená, a nedostatek odborného personálu. Pro případ náhradního či nouzového zásobování vodou pak malý provozovatel většinou nedisponuje potřebnými technickými prostředky a nemá připravené ani krizové postupy. U středních provozovatelů (smíšený model provozování) bylo nejvýznamnější identifikovanou silnou stránkou dostatečné odborné zabezpečení, dále pak zavedený kontrolní systém i systém řízení rizik. Případné opravy a údržbu financují tito provozovatelé ze svých zdrojů. U tohoto způsobu provozování ale obec (svazek obcí) nemá plnou kontrolu nad kvalitou poskytovaných služeb, obec sama také již nerozhoduje o ceně vodného a stočného. Mezi slabé stránky tohoto způsobu provozování patří také vysoká finanční náročnost. Mezi nejvýznamnější silné stránky velkého profesionálního provozovatele (oddílný model provozování) patří skutečnost, že provozovatel přináší celosvětové „know-how“, má nastavené kontrolní procesy, zavedený systém řízení rizik, může využívat synergické efekty. Další významnou silnou stránkou je rovněž fakt, že ekonomicky silný provozovatel může realizovat významné úspory provozních nákladů a disponuje také dostatečným odborným personálním zabezpečením. Naopak mezi nejvýznamnější slabé stránky patří složité právní procesy přípravy a realizace smluvního řízení a obtížné předčasné vypovězení smlouvy. Další významnou identifikovanou slabou stránkou je, že zisk z provozování plyne provozovateli a obec tak ztrácí část prostředků, které by při vlastním provozování systému získala.

Samotná analýza rizik byla vypracována jak pomocí metody PNH, tak pomocí analýzy FMEA – touto metodou byla vypracována analýza rizik u jednotlivých vybraných provozovatelů (byl zvolen vždy jeden reprezentant z každé kategorie provozovatelů) formou case study. Význam rizika, pravděpodobnost jeho výskytu i pravděpodobnost odhalení je samozřejmě nutné posuzovat u každého provozovatele individuálně, i proto byla zvolena případová studie, která posuzuje rizika u tří vybraných provozovatelů. Stávající opatření pro prevenci a zejména navržená opatření ke snížení a eliminaci rizik jsou však již formulována obecněji tak, aby mohly sloužit jako návod i pro ostatní provozovatele. Mezi nejvýznamnější rizika, která mohou ohrozit odběry pitné vody obyvatelstvu i prvkům infrastruktury v oblasti zdrojů vody, patří u zejména

zvýšení koncentrace chemických látek a jiných sloučenin, kdy může dojít ke kontaminaci zdroje hnojivy nebo odpadními vodami z průmyslových objektů, dále pak kontaminace zdroje prostřednictvím syntetických farmak a fytofarmak. Dalším významným identifikovaným rizikem jsou také klimatické jevy. V oblasti úpravy vody byla jako nejvýznamnější identifikována rizika přerušení nebo výpadků v dodávkách elektrické energie a možné riziko kybernetického útoku. V oblasti distribuce vody bylo jako nejvýznamnější identifikováno riziko možného narušení spojů potrubí vlivem stárí materiálu. U všech identifikovaných rizik byla navržena opatření ke snížení rizik či jejich případné eliminaci. Navržená opatření byla diskutována.

Lze konstatovat, že řešení problémů lépe zvládají velcí a střední provozovatelé, kteří disponují různými způsoby monitoringu, potřebnými finančními prostředky a k úpravě vody používají moderní technologie.

Dále byly identifikovány jednotlivé možnosti zajištění nouzového zásobování pitnou vodou při vzniku krizových situací. V rámci analýzy současného stavu problematiky bylo zjištěno, že většina států přenáší poměrně velký díl odpovědnosti za nouzové zásobování vodou z veřejné sféry na samotné občany. Předpokládá se, že každá domácnost si jako součást přípravy na mimořádnou událost pořídí dostatečnou zásobu vody podle počtu obyvatel v domácnosti a domácích zvířat. Zvýšení připravenosti domácností akcentuje i strategický dokument Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2025 s výhledem do roku 2030, kdy klíčovým motivem tohoto dokumentu je připravený občan, připravený systém. Podle tohoto dokumentu je *„důležité informovat obyvatele, jak nejlépe vybavit a zabezpečit svou domácnost základními potřebami alespoň na 7 dní pro případ vzniku mimořádné události nebo krizové situace“* [159]. Základem připravenosti občana je právě jeho schopnost správně reagovat na různé druhy hrozeb, tedy i na možný nedostatek pitné vody. Mezi navržená opatření patří tedy i vytváření zásob pitné vody v domácnostech v doporučeném množství. Toto opatření je v mnoha zemích běžné, např. americká federální agentura CDC (Centers for Disease Control and Prevention) uvádí na svých webových stránkách pokyny pro domácnosti, jakým způsobem vytvářet a ukládat zásoby pitné vody pro případ nouze [134]. Z tohoto důvodu byl ve spolupráci s VŠCHT vypracován návrh pokynu pro domácnosti v ČR, jak správně postupovat při vytváření zásob pitné vody, který je přílohou této disertační práce. Může být zveřejněn např. ve veřejné sekci portálů krizového řízení či na webových stránkách obcí v sekcích věnovaných krizovým situacím.

V současné době lze konstatovat, že oblast krizové připravenosti nabývá na významu. Současná doba nám ukazuje, že připravenost na různé krizové situace, které mohou s větší či menší pravděpodobností nastat, je významným faktorem, kterému musí být věnována patřičná pozornost. Jedná se o téma vysoce aktuální s velkým potenciálem vědecko-výzkumného poznání. Předkládaná práce má napomoci proniknout do hloubky zkoumaného fenoménu a přinést detailní poznání zkoumaného problému. Navržená opatření mají usnadnit provozovatelům vodárenských systémů snižovat či eliminovat existující hrozby a rizika, která mohou vést k narušení dodávek pitné vody. Pro obyvatele je pak zpracován návrh jednoduchého a přehledného pokynu, jak postupovat při vytváření vlastních zásob pitné vody. Vzhledem k tomu, že výzkum byl prováděn před vznikem zkoumaných krizových situací, bude v budoucnu v případě jejich výskytu možné provést studii navazující a data podrobit porovnání a dalšímu zkoumání.

Výsledky předkládané disertační práce mohou být relevantní také pro představitele obcí, aby se lépe orientovali ve výhodách a nevýhodách jednotlivých modelů provozování a přizpůsobili používané modely svým specifickým potřebám.

## 10 Seznam použité literatury

- [1] KRAVČÍK, Michal a kol. *Water for the recovery of the climate – a new water paradigm*. In (pp. 15-42). Krupa Print, 2007.  
[http://www.waterparadigm.org/download/Water\\_for\\_the\\_Recovery\\_of\\_the\\_Climate\\_A\\_New\\_Water\\_Paradigm.pdf](http://www.waterparadigm.org/download/Water_for_the_Recovery_of_the_Climate_A_New_Water_Paradigm.pdf)
- [2] DESONIE, Dana. *Hydrosphere: Freshwater Systems and Pollution*. Chelsea House Pub, 2007. ISBN 978-0816062157.
- [3] ČESKO Zákon č 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [4] WEB ECONOMIC FORUM. *Water crises are a top global risk*. Retrieved January 5, 2021, from <https://www.weforum.org/agenda/2015/01/why-world-water-crises-are-a-top-global-risk/>
- [5] KOŽÍŠEK, František, Jiří KOS a Petr PUMANN. *Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství*. Praha: Státní zdravotní ústav Praha, 2007. [online]. [cit. 2021-01- 28].. Dostupné z: <https://www.khslbc.cz/odbory/hok/hygmin2.pdf>
- [6] INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION. *The Bonn Charter for Safe Drinking Water*, 2016. Retrieved January 20, 2021, from <https://iwa-network.org/publications/the-bonn-charter-for-safe-drinking-water/>
- [7] KROČOVÁ, Šárka. *Strategie dodávek pitné vody*. Ostrava: SPBI Spektrum, 2009. ISBN 978-80-7385-072-2.
- [8] KROČOVÁ, Šárka. *Strategie územního plánování v technické infrastruktuře*. Ostrava: SPBI Spektrum, 2013. ISBN 978-80-7385- 128.
- [9] DVOŘÁKOVÁ, Eliška. *Nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou ve správním obvodu obce s rozšířenou působností Liberec*. Diplomová práce. 2022. Praha: ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství.
- [10] STEHLÍK, Václav. *Nouzové zásobování pitnou vodou v Litoměřicích*. Bakalářská práce. 2019. Přerov. Vysoká škola logistiky o.p.s.
- [11] NETOLICKÁ, Anika. *Nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou ve správním obvodu obce s rozšířenou působností Havlíčkův Brod*. Diplomová práce. 2018 ČVUT: Fakulta biomedicínského inženýrství.
- [12] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Strategie přizpůsobení se změnám klimatu v podmínkách ČR*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021. [online]. [cit. 2021-01- 28]. Dostupné z [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)

- [13] EVROPSKÁ KOMISE. *Climate Action*, 2013. Brusel: Evropská komise. [online]. [cit. 2021-01- 28]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu\\_cs](https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_cs)
- [14] EVROPSKÁ UNIE. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady EU 2020/2184 ze dne 16.12.2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě (přepřacované znění)* Úřední věstník Evropské unie 2020. [online]. [cit. 2021-01- 28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184&from=CS>
- [15] ČESKO. *Stav a vývoj sucha v Česku*. Hodnotící zpráva k jednání Národní koalice pro boj se suchem. 2020 [online]. [cit. 2022-09-01]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove\\_zpravy/2020/Stav\\_a\\_vyvoj\\_sucha-kveten\\_2020.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2020/Stav_a_vyvoj_sucha-kveten_2020.pdf)
- [16] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky*. [online]. In: Ministerstvo zemědělství ČR: *Koncepce a strategie*. 2017 [cit. 2022-09-01]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_170724\\_sucho/\\$FILE/koncepce\\_sucho\\_material.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_170724_sucho/$FILE/koncepce_sucho_material.pdf)
- [17] ČESKO. Zákon č. 254/2001 Sb.: *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [18] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Metodický pokyn Ministerstva zemědělství čj. 74020/2016-MZE-15000 ze dne 22. prosince 2016*. In: *Věstník vlády pro orgány krajů a orgány obcí*. Ministerstvo zemědělství České republiky, 2017, ročník 15, částka 1
- [19] ČESKO. *Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury – znění od 22. 3. 2022*. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 1. 9. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-432#f4163887>
- [20] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Vyhláška č. 137/1999 Sb., Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů* [online]. [cit. 31.8.2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1999-137>
- [21] ČESKO. Zákon č. 274/2001 Sb., *o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>
- [22] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Vyhláška č.428/2001 Sb., Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o*

- vodovodech a kanalizacích) [online]. [cit. 2022-08-31]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428>
- [23] ČESKO. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>
- [24] ČESKO. Vyhláška č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody [online]. [cit. 2022-08-31]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-409>
- [25] ČESKO. Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů [online]. [cit. 2022-08-31]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-18>
- [26] ČESKO. Vyhláška č. 472/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [online]. [cit. 2022-08-31]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>
- [27] STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Nouzové zásobování pitnou vodou: (metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu)* [online]. In: . 2018 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/nouzvod.pdf>
- [28] BOŽEK, František a et al. Risk Assessment of Selected Source for Emergency Water Supply. Case Study I. In: *Eslamian, S. (Ed.) Proceedings of the 3rd International Conference on Development, Energy, Environment, Economics (DEEE 12)*. Paris: WSEAS, 2012, s. 216 - 221.
- [29] BOŽEK, František, Adam PAWEŁCZYK, Magdaléna NÁPLAVOVÁ, Alexandr BOŽEK a Michael PONDĚLÍČEK. Hodnocení zdrojů nouzového zásobování pitnou vodou na bázi analýzy rizik.: Kvalita vody. In: *Conference: Týden výzkumu a inovací pro praxi a životní prostředí (TVIP 2016)*. Hustopeče/Brno, Czech Republic, 2016. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/321790274\\_HODNOCENI\\_ZDROJU\\_NOUZOVEHO\\_ZASOBOVANI\\_PITNOU\\_VODOU\\_NA\\_BAZI\\_ANALYZI\\_RIZIK\\_KVALITA\\_VODY](https://www.researchgate.net/publication/321790274_HODNOCENI_ZDROJU_NOUZOVEHO_ZASOBOVANI_PITNOU_VODOU_NA_BAZI_ANALYZI_RIZIK_KVALITA_VODY) [accessed Jul 19 2019].
- [30] ČESKO. Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>
- [31] ČESKO. Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., Nařízení vlády k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) [online]. [cit. 2022-08-31]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-462#>

- [32] KRIZPORT. *Krizové situace* [online]. In: . 2018 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/ohrozeni/hrozby-v-jmk/krizove-situace>
- [33] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Typový plán dle usnesení BRS č. 295/2002: Narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor vodovodů a kanalizací MZe ČR, 2002, s. 1-27
- [34] GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HZS ČR. *Krizové plánování* [online]. In: . [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/krizove-rizeni-a-cnp-krizove-planovani-krizove-planovani.aspx>
- [35] HL. MĚSTO PRAHA. *Krizové plánování: Krizový plán* [online]. In: . [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://bezpecnost.praha.eu/clanky/krizovy-plan>
- [36] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Koncepce zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací* [online]. In: Ministerstvo zemědělství ČR. Koncepce a strategie 2003 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/file/18758/koncepce\\_1\\_0\\_Konc\\_CO\\_1\\_.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/18758/koncepce_1_0_Konc_CO_1_.pdf)
- [37] ČESKO. Zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-241>
- [38] ŠÍN, Robin. *Medicína katastrof*. Praha: Galén, 2017. ISBN 9788074922954.
- [39] UNITED NATIONS. *United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR): Terminology on Disaster Risk Reduction*. United Nations: Geneva, Switzerland, 2009.
- [40] LANTAGNE, Daniel a Thomas CLASEN. Point-of-use water treatment in emergency response. *Waterlines*, vol. 31, no. 1/2, 2012, pp. 30–52. *JSTOR*, <http://www.jstor.org/stable/24686759>
- [41] AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION *Planning for an Emergency Drinking Water Supply: U.S. Environmental Protection Agency's National Homeland Security Research Center by American Water Works Association and CDM* [online]. In: . 2011 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-03/documents/planning\\_for\\_an\\_emergency\\_drinking\\_water\\_supply.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-03/documents/planning_for_an_emergency_drinking_water_supply.pdf)
- [42] STATISTISCHES BUNDESAMT *Public water supply in Germany, 1991 to 2019*. Destatis Statistisches Bundesamt [online]. Statistisches Bundesamt, 2022 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://www.destatis.de/EN/Themes/Society-Environment/Environment/WaterManagement/Tables/ww-01-rate-connection-water-supply-1991-2019.html#fussnote-1-59742>



- [43] FEDERAL MINISTRY OF THE INTERIOR Konzeption Zivile Verteidigung (KZV): Conception Civil Defense. In: *Federal Ministry of the Interior* [online]. Germany: Berlin., 2016 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: [https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/theme\\_n/bevoelkerungsschutz/konzeption-zivile-verteidigung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/theme_n/bevoelkerungsschutz/konzeption-zivile-verteidigung.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- [44] EVROPSKÁ UNIE. Vnitrostátní právní předpisy – Německo. *European Justice* [online]. [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: [https://e-justice.europa.eu/content\\_member\\_state\\_law-6-de-cs.do?member=1](https://e-justice.europa.eu/content_member_state_law-6-de-cs.do?member=1)
- [45] BROSS, Lisa, Stephen KRAUSE, Markus LAUTEN a Eva STOCK. *SICHERHEIT DER TRINKWASSERVERSORGUNG – TEIL 2: NOTFALLVORSORGEPLANUNG*. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2019. ISBN 978-3-939347-91-0.
- [46] PRŮCHA, Jaroslav. *The Microbiologic Analysis of Drinking Water Considering the Occurrence of Legionella in Germany* [online]. In: . IHU Institut für Hygiene und Umwelt, 2016 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2016/09/03.pdf>
- [47] FEDERAL MINISTRY OF THE INTERIOR *National Strategy for Critical Infrastructure Protection (CIP Strategy)* [online]. Berlin: Federal Republic of Germany Federal Ministry of the Interior, 2009 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: [https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/kritische-infrastrukturen\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/kritische-infrastrukturen_node.html)
- [48] BUNDESMINISTERIUM LANDWIRTSCHAFT *Wasserversorgung und Wasserverbrauch in Österreich*. Bundesministerium Landwirtschaft [online]. [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://info.bmlrt.gv.at>
- [49] PESCAROLI, Gianluca a David ALEXANDER. Critical infrastructure, panarchies and the vulnerability paths of cascading disasters. *Nat Hazards* 82. 2016, 175–192. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s11069-016-2186-3>
- [50] BROSS, Lissa, Steffen KRAUSE, Mia WANNEWITZ, Eva STOCK, Simone SANDHOLZ a Ina WIENAND. *Insecure Security: Emergency Water Supply and Minimum Standards in Countries with a High Supply Reliability*. *Water* 11, no. 4: 732., 2019. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/w11040732>
- [51] AUSTRIAN ASSOCIATION FOR GAS AND WATER *Trinkwassernotversorgung, Krisenvorsorgeplanung in der Trinkwasserversorgung: W 74; Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach*: [online]. In: . Vienna, Austria: ] Austrian Association for Gas and Water (ÖVGW)., 2017 [cit. 2022-09-02].

- [52] PANSTWOWE GOSPODARSTWO WODNE. *Wody pitnej nam nie braknie. STOP SUSZY 2020*. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie [online]. 15. 5. 2020 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://wody.gov.pl/aktualnosci/1017-wody-pitnej-nam-nie-braknie>
- [53] BAJDOR, Paula a Katarzyna SZYMCZYK. A Comparative Analysis of Drinking Water Quality Management Systems in Poland. *European Research Studies Journal XXIII(Issue 3)*. 2020, 50-67. Dostupné z: doi:DOI: 10.35808/ersj/1624
- [54] PIETRUCHA- URBANIK, Katarzyna a Janusz R. RAK. Consumers' Perceptions of the Supply of Tap Water in Crisis Situations. *Energies 2020, 13(14), 3617*. 2020. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/en13143617>
- [55] ŠTATISTICKÝ ÚRAD SR. Dĺžka siete a odpadová voda. STATdat. [online]. [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <http://statdat.statistics.sk>
- [56] SLOVENSKO. Vyhláška č. 220/2012 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zásobovaní vodou na obdobie krízovej situácie. *Zákony pre ľudí.sk* [online]. [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2012-220>
- [57] SLOVENSKO. Zákon č. 179/2011 Z. z., o hospodárskej mobilizácii a o zmene a doplnení zákona č. 387/2002 Z. z. o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu v znení neskorších predpisov. *Zákony pre ľudí.sk* [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2011-179>
- [58] AEAS. El consumo de agua en los hogares españoles descende hasta los 132 litros por habitante y día: XV Estudio Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España 2018. *Iagua.es* [online]. 2018 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.iagua.es/noticias/aeas/aprovechamiento-energetico-sector-agua-urbana-contribuye-economia-circular>
- [59] OECD. *Environment at a Glance - OECD Indicators* [online]. Paris: OECD Publishing [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.oecd.org/environment/environment-at-a-glance/>
- [60] CT24. *Španělsko trápí sucho, situace je kritická především v Katalánsku* [online]. In: [ct24.ceskatelevize.cz](http://ct24.ceskatelevize.cz). 2008 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/1453045-spanelsko-trapi-sucho-situace-je-kriticka-predevsim-v-katalansku>
- [61] BARCELONA. *Más eficiencia en el uso del agua para combatir situaciones de sequía*. [www.barcelona.cat](http://www.barcelona.cat) [online]. [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: [https://ajuntament.barcelona.cat/turisme/es/noticia/mas-eficiencia-en-el-uso-del-agua-para-combatir-situaciones-de-sequia\\_600104](https://ajuntament.barcelona.cat/turisme/es/noticia/mas-eficiencia-en-el-uso-del-agua-para-combatir-situaciones-de-sequia_600104)

- [62] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. *Legislación consolidada* [online]. Ministerio del Medio Ambiente, 2001, 2001 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2001/07/20/1/con>
- [63] MITECO. Plan Hidrológico Nacional: Planificación hidrológica. In: *Miteco.gob.es* [online]. 2021 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/plan-hidrologico-nacional/>
- [64] LLAMAS, M. Ramon a Alberto GARRIDO. Lessons from intensive groundwater use in Spain: economic and social benefits and conflicts. *The agricultural groundwater revolution: opportunities and threats to development*. 2007. Dostupné z: doi:DOI:10.1079/9781845931728.0266
- [65] USGS. Surface Water Use in the United States. In: *Water Science School* [online]. usgs.gov, 2018 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/surface-water-use-united-states>
- [66] STAFFORD, Robert T. Disaster Relief and Emergency Assistance Act, Public Law 93-288, as amended [online]. In: . FEMA, 2019 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: [https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-03/stafford-act\\_2019.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-03/stafford-act_2019.pdf)
- [67] NAŠE VODA. Většina vodních zdrojů v ČR pochází z povrchových vod. In: *Naše voda: Informační portál o vodě* [online]. 2011 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/vetsina-vodnich-zdroju-v-cr-pochazi-z-povrchovych-vod/>
- [68] ČESKO. Vyhláška č. 431/2001 Sb. Ministerstva zemědělství o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2022\_09\_02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-431>
- [69] KROČOVÁ, Šárka. Vodárenské systémy a jejich rizika při neúplných informacích: Conference Object. In: . *Krizový management 2014: Analýza rizika a ekonomika prevence při neúplných informacích* (Institut ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč, 18.–19. 9. 2014), 2014.
- [70] POLLERT, Jaroslav. *Security of Water Supply Systems: from Source to Tap*. Springer-Verlag New York, 2006. ISBN 9781402045622.
- [71] KROČOVÁ, Šárka., LINDOVSKÝ, Milan. *Slabé a silné stránky vodovodů pro veřejnou potřebu v 21. století*. Příspěvek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru VG20102015043 „Simulace procesů krizového managementu v systému celoživotního vzdělávání složek IZS a orgánů veřejné správy“, v rámci

- Bezpečnostního výzkumu, uděleného Ministerstvem vnitra ČR. [online]. [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/051/005771.pdf>
- [72] UNEP. Tackling global water pollution: Explore Topics/Water. In: *Unep.org* [online]. [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.unep.org/explore-topics/water/what-we-do/tackling-global-water-pollution>
- [73] KROČOVÁ, Šárka a Daniel MIKLÓS. *Krizová řízení vodárenských procesů v mezních situacích*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2019. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-228-3.
- [74] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Vodohospodářská ročenka: „Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2017“*. Ministerstvo zemědělství, 2018. ISBN 978-80-7434-463-3.
- [75] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Národní akční plán ke snížení používání pesticidů v ČR. In: *Databaze-strategie.cz* [online]. Ministerstvo zemědělství, 2012 [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.databaze-strategie.cz/cz/mze/strategie/narodni-akcni-plan-ke-snizeni-pouzivani-pesticidu-v-ceske-republice>
- [76] ČESKO. Zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinářské péči a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2022-09-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-326>
- [77] ČHMÚ. Výroční zpráva Českého hydrometeorologického ústavu 2016. In: *Český hydrometeorologický ústav*. [online]. Praha: ČHMÚ ČR, 2017, 2017 [cit. 2022-09-05]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/vyrocní\\_zpravy/vz2016.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/vyrocní_zpravy/vz2016.pdf)
- [78] ČSN 75 7221: Kvalita vod - Klasifikace kvality povrchových vod. Praha: ÚNMZ, prosinec 2017.
- [79] KOMBO MPINDOU, Gilver, Odilon, Mendel, ESCUDER BUENO, Ignacio. & CHORDÀ RAMÓN, Estela. *Risk analysis methods of water supply systems: comprehensive review from source to tap*. *Appl Water Sci* 12, 56 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01586-7>
- [80] ŠEFČÍK, Vladimír. *Analýza rizik*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-696-8.
- [81] KOUDELKA, Ctirad a Václav VRÁNA. *Rizika a jejich analýza*. VŠB – TU Ostrava, 2006. Dostupné z: <https://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Magisterske%20nav/prednasky/web/RIZIKA.pdf>

- [82] FOTR, Jiří, Emil VACÍK, Ivan SOUČEK, Miroslav ŠPAČEK a Stanislav HÁJEK. *Tvorba strategie a strategické plánování. 2.*, aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2020. ISBN 978-80-271-1632-4.
- [83] TUHOVČÁK, Ladislav, Jan RUČKA a Miroslav SVOBODA. *Analýza rizik vodárenských distribučních systémů: Voda Zlín 2006*. Zlín: Zlínská vodárenská, 2006. ISBN 80-239-6523-9.
- [84] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [85] CHLOUBA, Martin. *Návrh modelu na hodnocení rizik u domácí plicní ventilace*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT.
- [86] POVODÍ VLTAVY. *Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002*. [online]. In: . Povodí Vltavy, s.p., 2003, 2003 [cit. 2022-09-05]. Dostupné z: [https://www.dibavod.cz/data/povodnove\\_zpravy/vltava/vltava\\_08\\_2002.pdf](https://www.dibavod.cz/data/povodnove_zpravy/vltava/vltava_08_2002.pdf)
- [87] SZÚ. Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu k opatřením bránícím výskytu parazitických prvoků v pitné vodě. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. 2005 [cit. 2022-09-07]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/mdcrypto.pdf>
- [88] ŠTĚPÁNEK A KOL., Petr. *Očekávané klimatické podmínky v ČR*. Brno: Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2019. ISBN 978-8-87902-28-8.
- [89] ČHMI. Hydrologické sucho. In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2022 [cit. 2022-09-07]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Hydrologicke\\_sucho.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/Hydrologicke_sucho.html)
- [90] SÝKORA, David. *Radon – nebezpečí výskytu ve vodě*. In: *Voda.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2022-09-07]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/13337-radon-nebezpeci-vyskytu-ve-vode>
- [91] SURO. *Radioaktivita vody a možná opatření*. In: *Suro.cz* [online]. Praha: Státní ústav radiační ochrany, 2022 [cit. 2022-09-07]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/prirodnioz/radioaktivita-vody-a-mozna-opatreni>
- [92] ČESKO. Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2022-09-08]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>

- [93] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Státní politika životního prostředí ČR 2030 s výhledem do 2050. In: Ministerstvo životního prostředí 2021 [online]. [cit. 2022-09-08]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi/\\$FILE/OPZPUR-statni\\_politika\\_zp\\_2030\\_s\\_vyhledem\\_2050-20220615.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/$FILE/OPZPUR-statni_politika_zp_2030_s_vyhledem_2050-20220615.pdf)
- [94] STEWART, Christiana a David M. JOHNSTON ET AL. Contamination of water supplies by volcanic ashfall: A literature review and simple impact modelling. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2006, **158(3-4)**, 296-306. Dostupné z: doi:10.1016/j.jvolgeores.2006.07.002
- [95] ERSHOV, Valery. Chemical composition of leachate solutions from ash of volcanoes in the kuril islands. *Conference: WATER-ROCK INTERACTION: GEOLOGICAL EVOLUTION*. 2020, 343-346. Dostupné z: doi:10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-343-346
- [96] SCI.MUNI. Tsunami 2004. In: *Přírodn katastrofy a environmentální hazardy: Multimediální výuková příručka* [online]. 2004 [cit. 2022-09-08]. Dostupné z: <https://www.sci.muni.cz/~herber/tsunami2004.htm>
- [97] JURANOVÁ, Eva a Eduard HANSLÍK. *Havárie jaderné elektrárny Fukušima a její vliv na životní prostředí*. Praha: VTEI, 2012, **54(6/2012)**. ISSN 0322-8916.
- [98] SINGH, VS. Impact of the earthquake and tsunami of December 26, 2004, on the groundwater regime at Neill Island (south Andaman). *Journal of Environmental Management*. 2008, 58-62. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2007.01.049
- [99] TOKUNAGA, T. Modeling of earthquake-induced hydrological changes and possible permeability enhancement due to the 17 January 1995 Kobe Earthquake, Japan. *Journal of Hydrology*. *Journal of Hydrology*, 1999, **223**, 221-229. ISSN 0022-1694.
- [100] NOVOTNÁ, Kateřina, Martin PIVOKONSKÝ, Michaela PROKOPOVÁ, Magdalena BAREŠOVÁ a Lenka PIVOKONSKÁ. *Consequences of ozonation for the limited coagulation of non-proteinaceous AOM and formation of aldehydes as ozonation by-products*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, **8(6)**. ISSN 2213-3437. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104455>
- [101] BAREŠOVÁ, Magdalena, Jana NAČERADSKÁ, Kateřina NOVOTNÁ, Lenka ČERMÁKOVÁ a Martin PIVOKONSKÝ. The impact of preozonation on the coagulation of cellular organic matter produced by *Microcystis aeruginosa* and its toxin degradation. *Journal of Environmental Sciences*. 2020, (98), 124-133. ISSN 1001-0742.

- [102] NAČERADSKÁ, Jana, Kateřina NOVOTNÁ, Lenka ČERMÁKOVÁ, Tomáš CAJTHAML a Martin PIVOKONSKÝ. Investigating the coagulation of non-proteinaceous algal organic matter: Optimizing coagulation performance and identification of removal mechanisms. *Journal of Environmental Sciences*. 2019, (79), 25-34. PMID: 30784448. Dostupné z: doi:10.1016/j.jes.2018.09.024
- [103] NAČERADSKÁ, Jana, Lenka PIVOKONSKÁ a Martin PIVOKONSKÝ. On the importance of pH value in coagulation. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*. 2019. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.2166/aqua.2019.155
- [104] MĚŘÍNSKÁ, Zuzana. *Odstranění vybraných složek z vodního prostředí koagulací*. Brno, 2011. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická.
- [105] BOTTONI, Paola a Anna BARRA CARACCILO. Pharmaceuticals as priority water contaminants. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2010, **92**, 549-565. ISSN 2772248. Dostupné z: doi:10.1080/02772241003614320
- [106] ČESKO. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného zněčištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>
- [107] CHRISTOPHER George et al. *Biological warfare. A historical perspective*. JAMA. PMID: 9244333. 1997, **278**(5), 412-417. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9244333/>
- [108] MEINHARDT, Patricia L. *Water and bioterrorism: preparing for the potential threat to U.S. water supplies and public health*. *Annu Rev Public Health*. 2005, 213-37. ISSN PMID: 15760287. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.publhealth.24.100901.140910.
- [109] MEINHARDT, Patricia L. *Recognizing waterborne disease and the health effects of water contamination: a review of the challenges facing the medical community in the United States* [online]. In: . *Journal of Water and Health*, 2006, 2006 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.580.8786&rep=rep1&type=pdf>
- [110] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Making the Nation Safer: The Role of Science and Technology in Countering Terrorism*. Washington, DC: The National Academies Press., 2002. ISBN 978-0-309-08481-9.
- [111] LORY, Ernest E. et al. *Potable Water CBR Contamination and Countermeasures* [online]. In: . Naval Facilities Engineering Service Center, Port Hueneme: Defense Technical Information Center, 2006 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA444654>

- [112] WHO. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum. In: *World Health Organization* [online]. Geneva, Switzerland, 2017 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- [113] UNSCEAR. Sources, effects and risks of ionizing radiation: unsear. In: *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Report to the General Assembly with Scientific Annexes* [online]. New York, 2013, [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: [https://www.unscear.org/docs/publications/2013/UNSCEAR\\_2013\\_Annex-B.pdf](https://www.unscear.org/docs/publications/2013/UNSCEAR_2013_Annex-B.pdf)
- [114] XIAO-XIANG, Miao, Ji YAN-QIN a Shao et al. XIAN-ZHANG. Radioactivity of Drinking-Water in the Vicinity of Nuclear Power Plants in China Based on a Large-Scale Monitoring Study. *International journal of environmental research and public health*. 2013, **10**(12), 6863-72. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph10126863
- [115] BAUDIŠOVÁ, Dana. *Metody mikrobiologického rozboru vody: (příročka pro hydroanalytické laboratoře)*. Aktualizované první vydání. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., 2020. 123 stran. Výzkum pro praxi, sešit 65. ISBN 978-80-87402-76-4.
- [116] NUKIB. Doporučená opatření k Varování ze dne 16. dubna 2020. *Národní úřad pro kybernetickou a informační bezpečnost* [online]. 2020 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://nukib.cz/cs/infoservis/aktuality/1426-doporucena-opatreni-k-varovani-ze-dne-16-dubna-2020/>
- [117] REUTERS. Hackers try to contaminate Florida town's water supply through computer breach. *Reuters* [online]. 2021 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/article/us-usa-cyber-florida-idUSKBN2A82FV>
- [118] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Na informační systém Povodí Vltavy zaútočili hackeři, manipulace na přehradách, ani dodávky vody ohrožené nejsou. In: *Ministerstvo zemědělství* [online]. 2020 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2019\\_na-informacni-system-povodi-vltavy.html](https://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2019_na-informacni-system-povodi-vltavy.html)
- [119] KAŠPAREC, Jiří, Milan LINDOVSKÝ a Pavlína VLKOVÁ. Nové postupy v řízení úpraven vod ve vazbě na aplikaci norem ČSN ISO 27000. In: *Tzbinfo* [online]. 2019 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/19974-nove-postupy-v-rizeni-upraven-vod-ve-vazbe-na-aplikaci-norem-csn-iso-27000>
- [120] LOPÉZ-ROLDÁN, Ramón, Alicia RUBALCABA, Jordi MARTIN-ALONSO, Susana GONZÁLEZ, Vincenc MARTÍ a Jose Luis CORTINA. *Assessment of the water chemical quality improvement based on human health risk indexes:*



- Application to a drinking water treatment plant incorporating membrane technologies.* Science of the Total Environment. 2016, **EPub 2015**(PMID: 25911454), 334-43. ISSN 0048-9697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2015.04.045
- [121] DING, Haojie, ZHANG Jian, HE Huan, ZHU Ying, DIONYSIOU *Dionysios D. et al.* *Do membrane filtration systems in drinking water treatment plants release nano/microplastics?*. Science of The Total Environment, Volume 755, Part 2, 2021, 142658, ISSN 0048-9697, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720361878>
- [122] EurEau. *The governance of water services in Europe*. 2020 edition. European Federation of National Associations of Water Services, 2020. ISBN 978-2-9602226-2-3.
- [123] VACULÍKOVÁ, Miroslava: *DESATERO správného provozovatele či vlastníka vodohospodářské infrastruktury*. In: Sovak[online] 2019 [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-05/Desatero%20spr%C3%A1vn%C3%A9ho%20provozovatele%20%C4%8Di%20vlastn%C3%ADka%20vodohospod%C3%A1%C5%99sk%C3%A9%20infrastruktury.pdf>
- [124] DVS. Deník veřejné správy. In: Veřejná správa online [online]. 2019 [cit. 2022-09-20]. Dostupné z: <https://www.dvs.cz/clanek.asp?id=6774867>
- [125] ČSN EN IEC 31010 ED.2 Management rizik – Techniky posuzování rizik. Praha: ÚNMZ, srpen 2020.
- [126] ČESKO. Zákon č. 181/2014 Sb., o kybernetické bezpečnosti a o změně souvisejících zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2023\_09\_09] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-181>
- [127] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Metodický pokyn Ministerstva zemědělství čj. 3468/2021-MZE-15000 ze dne 8. 3. 2021. In: *Ministerstvo zemědělství ČR* [online]. 2021 [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/zabezpeceni-pitne-vody-za-krizovych/metodicky-pokyn-ministerstva-zemedelstvi-2.html>
- [128] TOMEK, Miroslav, Jan STROHMANDL a Jakub RAK. *Zásobování obyvatelstva pitnou vodou za mimořádných situací*. Praha: Academia, 2014. ISBN 978-80-7454-462-0
- [129] BIELA, Renata. *Tradiční a nové technologie úpravy vody*. In: ASIO [online]. Brno, 2013 [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/173.tradicni-a-nove-technologie-upravy-vody>

- [130] CDC. Emergency Water Supply Planning Guide for Hospitals and Healthcare Facilities. In: *Centers for Disease Control and Prevention* [online]. Atlanta, 2019 [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/ewsp.html>
- [131] BORSKÁ, Lenka, Jan KREMLÁČEK, Miroslav KUBA, Zuzana KUBOVÁ, Jana LANGROVÁ, Andrea MÁLKOVÁ a Jana SZANYI. *PATOFYZIOLOGIE* [online]. In: Lékařská fakulta UK v Hradci Králové, 2018 [cit. 2022-09-11]. Dostupné z: <https://www.lfhk.cuni.cz/Fakulta/Organizacni-struktura/Domaci-stranky/Ustav-patologicke-fyziologie/Vyuka/Otazky/PATOFYZIOLOGIE-skripta-rijen-2018.aspx/>
- [132] BELENAM, Bridgit a Laura A. WYNESS. Hydration and health: A review. *Nutrition Bulletin*. 2010, **35**(1), 3-25. Dostupné z: doi:10.1111/j.1467-3010.2009.01795.x
- [133] JOHNSON, Jon. How long you can live without water. In: *MedicalNewsToday* [online]. 2019 [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/325174>
- [134] CDC. Creating and Storing an Emergency Water Supply. In: *Centers for Disease Control and Prevention* [online]. Atlanta, 2021 [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/creating-storing-emergency-water-supply.html>
- [135] EUR-LEX. Směrnice 2000/60/ES Rámcem pro činnost společenství v oblasti vodní politiky. In: EUR-Lex [online]. [cit. 2022-09-09]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/CS/legal-content/summary/good-quality-water-in-europe-eu-water-directive.html>
- [136] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Ministr Hladík: Ústavní ochranu vody schválila vláda. Je to nenahraditelný zdroj pro život*. Tisková zpráva Ministerstva životního prostředí, 2023 [online]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_20230621\\_Ministr-Hladik-Ustavni-ochranu-vody-schvalila-vlada](https://www.mzp.cz/cz/news_20230621_Ministr-Hladik-Ustavni-ochranu-vody-schvalila-vlada)
- [137] WHO. Implementing water safety plans in the European Region. In: *World Health Organization* [online]. [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: <https://www.who.int/europe/activities/implementing-water-safety-plans-in-the-european-region>
- [138] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Vodovody kanalizace ČR 2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021. ISBN 978-80-7434-627-9.
- [139] SOVAK. *Konference Provoz vodovodů a kanalizací 2019*. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/konference-provoz-vodovodu-kanalizaci-2019>

- [140] SOVAK. Konference financování vodárenské infrastruktury 2020. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/clanek/financovani-vodarenske-infrastruktury-1>
- [141] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Vodovody a kanalizace ČR, 2021. Praha: 2022. ISNB 978-80-7434-667-5
- [142] FÉLIX–CAÑEDO, Thania E., Juan C. DURÁN–ÁLVAREZ a Blanca JIMÉNEZ–CISNEROS. The occurrence and distribution of a group of organic micropollutants in Mexico City's water sources. *Science of The Total Environment*. 2013, **454–455**, 109-118. ISSN 0048-9697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2013.02.088
- [143] SYAFRUDIN, Muhammad, Risky Ayu KRISTANTI a Adhi et al. YUNIARTO. Pesticides in Drinking Water—A Review. *International Journal of Environment Research and Public Health*. 2021, 18 (2):468. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph18020468
- [144] EARNHART, Dietrich. Water Pollution from Industrial Sources. *In book: Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics*. **2013**. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-375067-9.00091-7
- [145] SERRA-LLOBET, Anna, Esther CONRAD a Kathleen SCHAEFER. *Integrated water resource and flood risk management: comparing the US and the EU*. E3S Web of Conferences 7 (2), 2016. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/20160720006
- [146] BUSBY, Joshua W., Kyri BAKER, Morgan D. BAZILIAN, Alex Q. GILBERT a Emily GRUBERT et al.. Cascading risks: Understanding the 2021 winter blackout in Texas. *Energy Research & Social Science*. 2021, **77**. ISSN 2214-6296. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102106>
- [147] GIBSON, John, Bryan W. KARNEY a Yiping GUO. Predicting Health Risks from Intrusion into Drinking Water Pipes over Time. *Journal of Water Resources Planning and Management: Project: Drinking Water Distribution*. 2019, **145 (3)**. Dostupné z: doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001039
- [148] SZPAK, Dawid., TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK, Barbara.: Water Producers Risk Analysis Connected with Collective Water Supply System Functioning. In: Zamojski, W., Mazurkiewicz, J., Sugier, J., Walkowiak, T., Kacprzyk, J. (eds) *Dependability Engineering and Complex Systems*. DepCoS-RELCOMEX 2016. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 470. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39639-2\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39639-2_42)
- [149] ARIF, Areej, Muhammad MALIK a Somia LIAGAT ET AL. Water pollution and industries. *Pure and Applied Biology*. 2020, **9**. ISSN 2304-2478. Dostupné z: doi:10.19045/bspab.2020.90237

- [150] BITTON, Gabriel. *Bioterrorism and Drinking Water Safety* [online]. In: . In book: *Microbiology of Drinking Water: Production and Distribution*, 2014, 2014 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: [10.1002/9781118743942.ch7](https://doi.org/10.1002/9781118743942.ch7)
- [151] CLARK, Robert M., Srinivas PANGULURI, Trend D. NELSON a Richard P. WYMAN. Protecting Drinking Water Utilities From Cyberthreats. *Journal - American Water Works Association*. 2017, **109**(2), 50-58. ISSN 1551-8833. Dostupné z: [doi:10.5942/jawwa.2017.109.0021](https://doi.org/10.5942/jawwa.2017.109.0021)
- [152] ALABI Micheal et al. Cybersecurity and water utilities: factors for influencing effective cybersecurity implementation in water sector. *Conference: Proceedings of the American Society for Engineering Management 2020. International Annual Conference H. Keathley, J. Enos and M. Parrish eds. At: United States*. 2021. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/349849423>
- [153] SOUTH STAFFORDSHIRE South Staffordshire Plc Statement. *South Staffordshire PLC* [online]. 15.8.2022 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: [https://www.south-staffordshire.com/news\\_article/150822.asp](https://www.south-staffordshire.com/news_article/150822.asp)
- [154] GANESHAN, Dvajasviye, Banu PK FARISHA a Sachin N BABU et al. Leak Detection in Water-Distribution Pipe System. 2018. *Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 2018, pp. 1-4 Dostupné z: [doi:10.1109/ICCONS.2018.8663193](https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663193)
- [155] NAFI, Amir, Eric CRASTES, Rehan SADIQ, Denis GILBERT, Olivier PILLER. *Intentional contamination of water distribution networks: developing indicators for sensitivity and vulnerability assessments*. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Springer Verlag (Germany), 2018, 32 (2), pp.527-544. [ff10.1007/s00477-017-1415-y](https://doi.org/10.1007/s00477-017-1415-y). [ffhal-01730256f](https://doi.org/10.1007/s00477-017-1415-y)
- [156] STEWART, Iris T., Jacqueline ROGERS a Anne GRAHAM. Water security under severe drought and climate change: Disparate impacts of the recent severe drought on environmental flows and water supplies in Central California. *Journal of Hydrology X*. 2020, **7**. ISSN 2589-9155. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2020.100054](https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2020.100054).
- [157] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Vodohospodářská ročenka: „Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2021“* [online]. Dostupné z: [https://eagri.cz/public/web/file/715326/Vodni\\_hospodarstvi\\_2021\\_web.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/715326/Vodni_hospodarstvi_2021_web.pdf).
- [158] VIDACON. Vodárenská infrastruktura a její financování. Konference Financování vodárenské infrastruktury 2020. [online] Dostupné z: <https://www.vidacon.cz/cz/konference/vodarenska-infrastruktura-a-jeji-financovani>

[159] Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2025 s výhledem do roku 2030. *Databáze strategií Ministerstvo vnitra* [online]. 2020 [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: [https://www.dataplan.info/img\\_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/koncepce-oob-2025-2030.pdf](https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/koncepce-oob-2025-2030.pdf)

## 11 Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled legislativních předpisů v oblasti NZV. Zdroj: vlastní .....	38
Tabulka 2: Minimální potřeba vody během NZV Zdroj: vlastní .....	39
Tabulka 3: Zdroje a prostředky pro NZV Zdroj: vlastní .....	40
Tabulka 4: Pravděpodobnost vzniku rizika [78].....	56
Tabulka 5: Možné následky [78] .....	56
Tabulka 6: Názor hodnotitele [78].....	56
Tabulka 7: Bodové rozpětí naléhavosti rizik [78] .....	57
Tabulka 8: Analýza silných a slabých stránek malého provozovatele .....	79
Tabulka 9: Analýza silných a slabých stránek středního provozovatele .....	80
Tabulka 10: Analýza silných a slabých stránek velkého provozovatele .....	81
Tabulka 11: Hodnocení rizik u provozovatelů vodárenských systémů metodou PNH .....	84
Tabulka 12: Kritéria závažnosti důsledku .....	87
Tabulka 13 Pravděpodobnost výskytu rizika.....	87
Tabulka 14: Pravděpodobnost odhalení.....	87
Tabulka 15: Analýza FMEA malý provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní) .....	88
Tabulka 16: Analýza FMEA malý provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní) ....	90
Tabulka 17: Analýza FMEA malý provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní). 92	
Tabulka 18: Kritéria závažnosti důsledku .....	98
Tabulka 19 Pravděpodobnost výskytu rizika.....	98
Tabulka 20: Pravděpodobnost odhalení.....	98
Tabulka 21: Analýza FMEA střední provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní) .....	99
Tabulka 22: Analýza FMEA střední provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní) 101	
Tabulka 23: Analýza FMEA střední provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní) .....	103
Tabulka 24: Kritéria závažnosti důsledku .....	110
Tabulka 25. Pravděpodobnost výskytu rizika.....	110
Tabulka 26: Pravděpodobnost odhalení.....	110

Tabulka 27: Analýza FMEA velký provozovatel – zdroj vody (zdroj vlastní) .....	111
Tabulka 28: Analýza FMEA velký provozovatel – úprava vody (zdroj vlastní) ..	113
Tabulka 29: Analýza FMEA velký provozovatel – distribuce vody (zdroj vlastní) .....	115
Tabulka 30: Vodní bilance (zdroj: Benelam, Wyness 2010).....	129

## 12 Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Vývoj územního srážkového deficitu, spočteného z průměrných měsíčních úhrnů srážek na území Česka, v období leden 2014–duben 2020. Zdroj: ČHMI .....	17
<b>Obrázek 2:</b> Kvalita vody v tocích ČR 1991 – 1992 zdroj: Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2017 .....	50
<b>Obrázek 3:</b> Kvalita vody v tocích ČR 2016 – 2017 zdroj: Zpráva o stavu vodního hospodářství ČR v roce 2017 .....	50
<b>Obrázek 4:</b> Procesní diagram FMEA [85] .....	59
<b>Obrázek 5:</b> Změna průměrné roční teploty vzduchu v Evropě podle E-OBS datasetu [88] .....	63



## 13 Seznam schémat

<b>Schéma 1:</b> Systém zásobování vodou (zdroj: vlastní): .....	46
<b>Schéma 2:</b> Kritické body znečištění (zdroj vlastní).....	54
<b>Schéma 3:</b> <i>Hrozby a rizika, která mohou vyústit v krizové situace ohrožující systém zásobování vodou (zdroj vlastní)</i> .....	77

## Příloha

# Příprava na nouzovou dodávku vody pro domácnosti

---

V případě mimořádné události nemusí být kohoutková voda pro pití nebo jiné použití bezpečná. Je důležité se včas připravit na možnou mimořádnou událost zajištěním dodávky vody pro celou rodinu. Je rovněž důležité vědět, jak upravit kontaminovanou vodu tak, aby byla bezpečná pro pití, a jak vyhledat alternativní zdroje vody.

## 1 Vytvoření zásoby a uchovávání vody pro nouzové použití

V případě mimořádné události nebo výpadku nemusí být čistá pitná voda dostupná. Je užitečné se na takovou mimořádnou událost připravit a vytvořit a uchovávat takovou zásobu vody, která bude stačit potřebám vaší rodiny.

### 1.1 Balená voda

Neotevřená komerčně balená voda je nejbezpečnější a nejspolehlivější zdroj vody v případě mimořádné události.

Nemáte-li balenou vodu, můžete vhodnou dostupnou vodu upravit pro pití (viz oddíl Úprava vody pro bezpečné použití) a uchovat ji v hygienicky čistých nádobách.

### 1.2 Jaké množství balené vody uchovávat

- Uchovávejte nejméně 5 l vody na osobu a den. Snažte se uchovat zásobu na 2 týdny, je-li to možné.
- Zvažte uchování většího množství vody v horkém počasí, pro těhotné ženy, nemocné osoby a domácí zvířectvo.
- Kontrolujte u zakoupené vody dobu expirace.
- Uchovávejte k případné dezinfekci nebalené vody láhev neparfémovaného domácího chlorového čističe (s koncentrací chlornanu sodného cca 5%).

### 1.3 Volba nádoby

Pro uchování pitné vody jsou nejvhodnější nádoby pro uchování vody pro potravinářské účely, které uchovávanou vodu nekontaminují toxickými látkami, tj. např. vhodné plastové kanystry a sudy, které jsou dostupné v hobby marketech apod. Nejste-li si jisti vhodností pro potravinářské účely, kontaktujte výrobce.

Doporučení pro nádoby:

- Mají nahoře těsný uzávěr.
- Jsou vyrobeny z odolného a nerozbitného materiálu (tj. ne tedy např. ze skla).
- Pokud možno s úzkým hrdlem, které usnadňuje vylévání vody.

Nepoužívejte nádoby, které byly použity pro uchování kapalných nebo pevných toxických chemikálií (bělidla, čisticí prostředky, pesticidy apod.).

## 1.4 Čištění nádob pro uchování pitné vody

Před naplněním vodou vyčistěte nádoby následujícím způsobem:

1. Vypláchněte důkladně nádobu pitnou vodou.
2. Vypláchněte nádobu roztokem, který vznikne smícháním 1 čajové lžičky neparfémovaného domácího chlorového čističe (s koncentrací chlornanu sodného cca 5%) s 1 litrem vody.
3. Pevně uzavřete nádobu a dobře protřepejte. Je nezbytné, aby roztok kompletně smočil celý vnitřní povrch.
4. Počkejte nejméně 30 s a pak roztok vylijte z nádoby.
5. Ponechte nádoby vyschnout na vzduchu nebo je vypláchněte pitnou (nebo upravenou) vodou.
6. Do takto vyčištěných nádob nalijte pitnou vodu a těsně uzavřete víčkem.

## 2 Úprava vody pro bezpečné použití

V případě mimořádné události jako přerušení dodávky vody, záplavy apod. nemusí být kohoutková voda dostupná nebo její použití bezpečné. V těchto situacích je důležité vědět, jak předcházet následkům použití nevhodné nebo kontaminované vody.

V případě mimořádné události nebo nehody

- Víte-li nebo máte podezření, že vaše voda není bezpečná, nepoužívejte tuto vodu pro pití, přípravě jídla včetně instantních směsí pro malé děti, mytí nádobí, mytí a čištění zubů.
- Pro pití, vaření a osobní hygienu použijte balenou, převařenou nebo upravenou vodu.
- Pro převaření vody nebo její úpravu dodržujte doporučení ministerstva zdravotnictví nebo místní doporučení ve vaší oblasti.
- Nikdy nepoužívejte vodu z radiátorů nebo boilerů. Poučte se o místech v blízkosti vašeho domova, kde lze nalézt další zdroje bezpečné vody.

**DŮLEŽITÉ:** Vodu, která je znečištěna ropnými látkami, toxickými chemikáliemi nebo radioaktivním materiálem, nelze upravit převařením nebo dezinfekcí. Při podezření na takto kontaminovanou vodu použijte vodu balenou nebo jiný vodní zdroj.

## 2.1 Převaření

Nemáte-li balenou vodu, měli byste vaši vodu převařit, aby byla bezpečná pro pití. Převaření je nejjistější metoda, jak zničit choroboplodné zárodky včetně virů, bakterií a parazitů.

Mdlou chuť převařené vody můžete zlepšit

- přelíváním z jedné nádoby do druhé a několikahodinovým stáním,
- přidáním špetky soli na každý litr převařené vody.

### 2.1.1 Kroky pro převaření vody

Je-li voda kalná, nejprve ji přefiltrujte přes čistou látku, papírovou utěrku nebo kávový filtr nebo ji ponechte usadit. Čirou vodu pak slijte a postupujte podle níže uvedených kroků.

1. Přiveďte čirou vodu do klokotavého varu a vařte 1 minutu.
2. Nechte převařenou vodu vychladnout.
3. Uchovejte převařenou vodu v hygienicky čistých nádobách s těsnými víčky.

### 2.1.2 Dezinfekce

Nemáte-li k dispozici balenou vodu, která je bezpečná pro jakékoli použití, a není-li převaření možné, můžete pro úpravu malého množství vody pro pití použít chemická dezinfekční činidla jako neparfémovaný domácí chlorový čistič, jód nebo tablety oxidu chloričitého.

Dezinfekční činidla mohou zahubit většinu škodlivých nebo choroboplodných virů a bakterií, ale většina dezinfekčních činidel není pro zahubení více rezistentních choroboplodných zárodků, jako parazity *Cryptosporidium* a *Giardia*, tak účinná jako převaření.

Tablety oxidu chloričitého mohou zahubit *Cryptosporidium*, pokud správně dodržíte instrukce výrobce.

**DŮLEŽITÉ: Obsahuje-li voda škodlivé chemické nebo radioaktivní látky, přidání dezinfekčního činidla z ní neučiní vodu pitnou.**

### 2.1.3 Použití chlorového čističe k dezinfekci vody

Chlorový čistič se dodává v různých koncentracích. Před dezinfekcí vody ověřte na etiketě používaného čističe jeho koncentraci. Obvykle dostupné neparfémované domácí chlorové čističe mají koncentraci chlornanu sodného okolo 5% (např. Savo original 4,7 %).

#### *Kroky pro dezinfekci vody chlorovým čističem*

Je-li voda kalná, nejprve ji přefiltrujte přes čistou látku, papírovou utěrku nebo kávový filtr nebo ji ponechte usadit. Čirou vodu pak slijte a postupujte podle níže uvedených kroků.

1. Dodržte instrukce pro dezinfekci pitné vody na etiketě chlorového čističe.
2. **Pokud etiketa neobsahuje instrukce pro dezinfekci pitné vody**, najděte na etiketě koncentraci chlornanu sodného jako „aktivní složku“. Použijte tento údaj podle níže uvedené tabulky. Příslušné množství činidla přidejte pomocí kapátka, čajové lžičky nebo injekční stříkačky.
3. Směs dobře zamíchejte.
4. Před pitím (použitím) ji nechte nejméně 30 min stát.
5. Uchovejte dezinfikovanou vodu v hygienicky čistých nádobách s těsnými víčky.

Dezinfekce pitné vody pomocí dezinfekčního činidla (např. Savo Original), které má koncentraci chlornanu sodného cca 5%. Je-li voda kalná, tmavá, zabarvená nebo velmi studená, přidejte dvojnásobné množství níže uvedeného činidla.

1 litr vody	5 litrů vody	10 litrů vody	20 litrů vody
Máte-li kapátko, přidejte 3 kapky činidla	Máte-li kapátko, přidejte 15 kapek činidla	Máte-li kapátko, přidejte 30 kapek činidla	Máte-li kapátko, přidejte 60 kapek činidla
Pomocí čajové lžičky neměřitelné (příliš málo)	Pomocí čajové lžičky neměřitelné (příliš málo)	Máte-li čajovou lžičku, přidejte cca 1/3 lžičky činidla	Máte-li čajovou lžičku, přidejte cca 2/3 lžičky činidla
Máte-li injekční stříkačku, přidejte 0,15 ml činidla	Máte-li injekční stříkačku, přidejte 0,75 ml činidla	Máte-li injekční stříkačku, přidejte 1,5 ml činidla	Máte-li injekční stříkačku, přidejte 3,0 ml činidla

Zdroje:

Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu: Nouzové zásobování pitnou vodou [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/nouzvod.pdf>

Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2025 s výhledem do roku 2030. Databáze strategií Ministerstvo vnitra [online]. 2020 [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: [https://www.dataplan.info/img\\_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/konc-epce-oob-2025-2030.pdf](https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/konc-epce-oob-2025-2030.pdf)

Creating and Storing an Emergency Water Supply. In: Centers for Disease Control and Prevention [online]. Atlanta, 2021 [cit. 2022-09-12]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/creating-storing-emergency-water-supply.html>

KOŽÍŠEK František, ŠAŠEK JAROSLAV: Postupy při sanaci studní postižených povodněmi [online]. Státní zdravotní ústav, 2020. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/sanace\\_zatopene\\_studny\\_SZU.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/sanace_zatopene_studny_SZU.pdf)