

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

NÁROKY NA KVALITU VODY V DISTRIBUČNÍ SÍTI
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Autor práce: Lucie Kalčíková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Kalčíková

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Nároky na kvalitu pitné vody v distribuční síti

Název anglicky

Demands for drinking water quality in the distribution systems

Cíle práce

V posledních letech jsou, ve smyslu zabezpečení zdravotní nezávadnosti pitné vody, která se těší důvěře spotřebitelů, zvyšovány nároky a požadavky na jakost dodávané vody. Zvýšení kvality je možné provést jednak zaváděním nových technologií v úpravárnách vody, a jednak dohledem nad distribuční sítí, která může být ohrožena sekundární kontaminací.

Cílem práce je tedy posouzení rizikových potenciálních vstupů sekundární kontaminace v rámci distribučního systému. Dílčím cílem je vyhodnocení efektivity systematických hodnocení a kontrol pitné vody v průběhu celého jejího výrobního procesu k zajištění její komplexní ochrany.

Metodika

- literární rešerše dotčené problematiky
- analýza legislativních podkladů a charakteristika změn hygienických požadavků na pitnou vodu v čase
- vyhodnocení obvyklé podoby kontrol kritických bodů v technologickém procesu úpravy pitné vody
- shrnutí zjištěných informací

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

pitná voda, kvalita, distribuce pitné vody, akumulace pitné vody

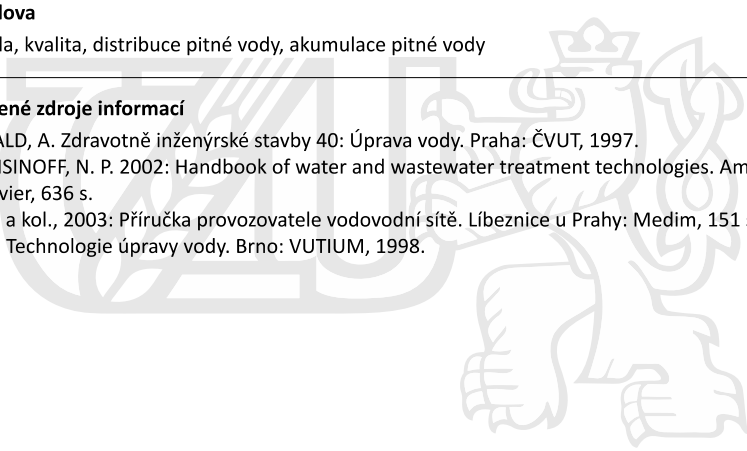
Doporučené zdroje informací

GRÜNWALD, A. Zdravotně inženýrské stavby 40: Úprava vody. Praha: ČVUT, 1997.

CHEREMISINOFF, N. P. 2002: Handbook of water and wastewater treatment technologies. Amsterdam: Elsevier, 636 s.

NOVÁK J. a kol., 2003: Příručka provozovatele vodovodní sítě. Líbeznice u Prahy: Medim, 151 s.

ŽÁČEK, L. Technologie úpravy vody. Brno: VUTIUM, 1998.



Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Nároky na kvalitu vody v distribuční síti vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne:

Lucie Kalčíková

Poděkování

Tím to bych chtěla poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Sychové Ph.D., za odborné vedení a cenné rady, vždy vstřícnou spolupráci a za čas strávený při konzultacích.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou kvality a distribuce vody. V práci je zmíněna historie vývoje kvality vody a legislativa problematiky. Součástí je zhodnocení celkového procesu úpravy a kontroly vody. V další části je pojednáno o problémech s udržitelností kvality vody a detailně se věnuje vlivům, které mohou kvalitu pitné vody ohrozit a znemožnit tak její distribuci. Výsledkem je shrnutí současného stavu problematiky.

Klíčová slova: pitná voda, kvalita, distribuce pitné vody, akumulace pitné vody, kontrola

Abstract

This bachelor thesis deals with the issue of water quality and distribution. The history of water quality and legislation is mentioned. The thesis is mainly focused on evaluation of the water treatment and control processes. The next part discusses the problems with the sustainable water quality and deals in detail with the influences that may effects the quality of drinking water and thus prevents its distribution. The result is a summary of the current state of the issue.

Key words: drinking water, quality, drinking water distribution, drinking water accumulation, control

1. Obsah

1. Úvod	9
1.1 Cíle práce	9
1.2 Metodika	10
2. Historie úpravy vody pro pitné účely	11
3. Legislativa vodního práva	13
3.1 Historie vodního práva	13
3.2 Současná legislativa	13
3.3 Zákony a směrnice týkající se ochrany a jakosti vody	14
3.3.1 Směrnice Rady Evropské Unie	14
3.3.2 Zákony v České republice.....	14
3.3.3 Vyhlášky v České republice	15
4. Zajištění odpovídající kvality pitné vody	17
4.1 Zdroje vody	17
4.2 Ochranná pásma vodních zdrojů	17
4.3 Podzemní vody	18
4.4 Povrchové vody	18
5. Potřeba vody pro obyvatelstvo	20
5.1 Ztráty vody	20
6. Technologie úpravy vody	22
6.1 Úprava povrchových a podzemních vod	22
6.1.1 Mechanické předčištění surové vody	22
6.1.2 Čiření.....	23
6.1.3 Filtrace	23
6.1.4 Dezinfekce vody.....	24
6.2 Specifické procesy úpravy vod	25
7. Distribuce vody	26
7.1 Doprava a rozvod vody	26
7.2 Kvalita pitné vody a její udržitelnost při akumulaci a distribuci vody	26
8. Vlivy ohrožující kvalitu pitné vody	29
8.1 Vliv změny klimatu na stav kvality vody	30
8.2 Pesticidní látky ve vodě	32
8.3 Fosfor a dusík.....	33
8.4 Mikroplasty.....	34
9. Nástroje na udržení kvality pitné vody	36
9.1 Monitoring	36
9.2 IS PiVo – registr kvality pitné a rekreační vody	36
9.3 Riziková analýza	37
10. Diskuze	38

11. Závěr	40
12. Přehled literatury a použitých zdrojů	41
13. Seznam tabulek	48
14. Seznam obrázků.....	48
15. Seznam příloh	49
16. Přílohy	50

1. Úvod

Voda byla v celých dějinách lidstva klíčovou podmínkou rozvoje civilizací. I v nynější době je voda základní potřebou pro udržitelnost kvalitního životního prostředí a strategickou surovinou, pro kterou může vznikat i geopolitické napětí. Pro zdraví obyvatel je nutné zajišťovat dostupnou a kvalitní pitnou vodu. Ochrana zdrojů vody, její úprava pro hospodárné využití a nároky na kvalitu vody v uživatelské síti jsou základními ukazateli úrovně společnosti a státu. Tyto nároky se v historii měnily a důležitým zlomem pro další vývoj byl pokrok v přírodních vědách zejména v 18., 19. a 20. století. Technický vývoj dospěl v dnešní době k standardním technologiím úpravy vody, které se rozvíjejí spolu s novými poznatky vědy a techniky. Díky pokroku a novým poznatkům se současně otvírají nové možnosti v použití technologií na úpravu a monitorování kvality vody. Tomu, aby mohla být voda použita jako pitná, předchází složitý výrobní proces. Než se pitná voda dostane ke spotřebiteli, mohlo by dojít ke zhoršení její kvality. Proto je voda sledována po celé její trase.

Obyvatelé České republiky jsou zásobováni vodou buď z veřejných vodovodů nebo z vlastního zdroje. Podle Českého statistického úřadu je 94% obyvatel České republiky zásobováno vodou z veřejných vodovodů (ČSU 2020). V České republice se nachází 2 444 úpraven vody, které vyrobí celkem 609 692 m³ vody za rok. Například Praha je zásobována vodou z úpraven vody Želivka a Káraný. Dále je k dispozici Podolská vodárna jako záložní zdroj pro zásobování. Z úpravny vody Želivka je zásobována větší část území a to zhruba 75 %. Voda z úpravny Káraný má větší tvrdost, jelikož se jedná o podzemní vodu.

1.1 Cíle práce

Cílem práce je posouzení rizikových potenciálních vstupů sekundární kontaminace v rámci distribučního systému. Dílčím cílem je vyhodnocení efektivity systematických hodnocení a kontrol pitné vody v průběhu celého jejího výrobního procesu k zajištění její komplexní ochrany.

1.2 Metodika

Metodikou bakalářské práce je literární rešerše dotčené problematiky, analýza legislativních podkladů a charakteristika změn hygienických požadavků na pitnou vodu v čase. Vyhodnocení obvyklé podoby kontrol kritických bodů v technologickém procesu úpravy pitné vody a shrnutí zjištěných informací.

2. Historie úpravy vody pro pitné účely

Po dlouhé období dějin se voda neupravovala, kvalita vody byla posuzována pouze lidskými smysly a základním problémem bylo zajištění dostatečného zdroje relativně čisté vody a doprava neupravené vody k sídlům dle technické úrovně civilizace. Příkladem jsou dodnes obdivované systémy akvaduktů postavené v období od 3. století př. n. l. do 4. století n. l. v městech ovládaných Římskou říší.

Potřeba kontroly a úpravy kvality vody vznikla v souvislosti s šířením nakažlivých chorob pitnou vodou. Do té doby převládal názor, že pokud je voda čirá a bez zápachu, je i nezávadná. První metody úpravy vody byly pískové filtrace používané jednotlivě dle místních zvyklostí. Výrazná změna nastala po tyfové epidemii v padesátých letech 19. století v Anglii, kde byl v roce 1852 v Londýně vydán zákon, který nařídil, že všechna pitná voda musí podléhat čištění filtrací. Tzv. pomalá anglická filtrace (břehová infiltrace) byla v tomto období rozšířena jako základní metoda úpravy pitné vody. V druhé polovině 19. století nastal rozvoj bakteriologie, který prokázal, že mikroorganismy, které žijí ve vodních zdrojích, mohou vyvolávat nemoci u zvířat i u lidí. Hlavními osobnostmi těchto objevů byli Louis Pasteur (1822-1825), Robert Koch (1843-1910), Joseph Lister (1827-1912), William Budd (1811–1880) John Snow (1813-1858) (Boslaugh, Publications 2008).

William Budd je považován za průkopníka v teorii přenosu chorob vodou. John Snow má mimořádné místo v medicínské historii, díky klíčové roli v anesteziologii a epidemiologii. Robert Koch, identifikoval původce cholery *Vibrio Cholerae* roku 1883. Díky pokroku v přírodních vědách a v přímém důsledku epidemií cholery a tyfu (zejména v roce 1883 a 1906) nastal na přelomu 19. a 20. století revoluční rozvoj vodárenských technologií.

Voda se začala systematicky a cíleně upravovat za použití poznatků chemie, biologie a hygieny tak, aby byla nezávadná pro lidské zdraví, a tedy mohla být použita jako pitná voda. Po již osvědčené filtraci byla od konce 19. století zaváděna chemická úprava vody zejména technologie chlorace, která se pravidelně modernizuje dle výsledků vědeckých rozborů (Pitter 2015).

Nároky na kvalitu vody nebyly zaznamenány v žádném zákoně. V 18. století byla za účinnou metodu pro odstranění nerozpustných částic používána filtrace. Nebyly však určeny nároky na kvalitu vody až do 19. století. Koncem 19. století byl sepsán soubor nároků na kvalitu vody, které odpovídaly dosavadním poznatkům a technologiím. Koncem 19. století byla přidána chlorace, na jejíž vedlejší účinky se přišlo až v 70. letech (Dolejš, Dobiáš 2017). Rozvíjí se přesné dávkování tak, aby se předešlo tvorbě vedlejších produktů dezinfekce (VPD) a v důsledku i negativním účinkům těchto sloučenin na lidský organismus.

O první dokument týkající se jakosti vody v Čechách se postaral zakladatel české hygieny prof. MUDr. Gustav Kabrhel (1857 – 1939). Byl prvním profesorem hygieny na české lékařské fakultě Univerzity Karlovy a je považován za zakladatele moderní české hygieny a české hygieny vody. V roce 1899 vydal první soupis

požadavků na pitnou vodu „Zásobování vodou a principy posuzování vod pitných“. Poprvé zde byly sepsány požadavky na kvalitní pitnou vodu (Kožíšek 2008).

3. Legislativa vodního práva

3.1 Historie vodního práva

První ucelená právní norma zabývající se vodním hospodářstvím na území Čech pochází z roku 1870. Jedná se o český zákon zemský č. 71/1870 čes. z. z., o tom, kterak lze vody užívat, ji svozovat a jí se brániti, který uváděl, jak je možné vodu užívat a rozlišoval vody veřejné a soukromé. Tento zákon byl pouze novelizován během druhé světové války nařízením vlády č. 305/1942 Sb. Zásadní změna nastala až v roce 1955, kdy vstoupil v platnost zákon č. 11/1955 Sb., o vodním hospodářství. Poprvé zde byl použit právní pojem povrchové vody. Počátkem 70. let 20. stol. byl pak schválen zákon č. 138/1973 Sb., o vodách, který obsahoval i definice povrchových vod a vodního toku. Tato forma zákona byla poměrně pokročilá, takže až na drobné změny, nebyl tento zákon měněn až do roku 2001. Poté přešel v účinnost současný zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů, který dodnes prošel 35 úpravami (Kult 2010).

3.2 Současná legislativa

Současný legislativní rámec je velmi obsáhlý. V České republice se problematikou ochrany vod, úpravou a následnou distribucí vody zabývá Ministerstvo zemědělství a spolupracuje s dalšími ústředními vodoprávními úřady, kterými jsou Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Ministerstvo dopravy a Ministerstvo obrany. Kontrolním orgánem je Česká inspekce Životního prostředí. Systém funguje na principu vzájemného sdílení kompetencí. Nadnárodní požadavky na kvalitu vody jsou v souladu se směrnicí EU. Od roku 2004 platí v plném rozsahu Směrnice 98/83/ES, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu (Kožíšek a kol. 2007).

Rámcová směrnice o vodě se také zabývá preventivním opatřením proti znečištění. Znečišťovatelé jsou ekonomicky motivováni, aby méně znečišťovali. Dále je zde zahrnuta otázka udržitelného rozvoje. Smyslem je zachování ochrany vod a snížení znečišťujících látek.

Kvalita vody musí odpovídat hygienickým požadavkům, které jsou uvedeny v legislativě. Toto nařizuje zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a o změně některých souvisejících zákonů a prováděcí vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontroly pitné vody. Do budoucna je nevyhnutelné, aby bylo provedeno rozšíření daných indikátorů a metod jejich zjištění. Dalším důležitým zákonem, který se zabývá ochranou vod v České republice je vodní zákon 254/2001 Sb. Zákon navazuje na směrnici Evropské unie, která je do tohoto zákona implementována (Kožíšek a kol. 2007).

3.3 Zákony a směrnice týkající se ochrany a jakosti vody

3.3.1 Směrnice Rady Evropské Unie

- Směrnice Rady z 16.6. 1975 o požadované jakosti povrchové vody určené pro odběr pitné vody v členských státech 75/440/ EHS. Směrnice se týká požadavků na jakost, které musí vody pro pitné účely splňovat. Směrnice se týká pouze povrchových vod.
- Směrnice Rady z 4.5. 1976 o znečišťování určitými nebezpečnými látkami vypouštěnými do vodního prostředí společenství 76/464/EHS.
- Směrnice Rady ze dne 18.7. 1978 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb 78/659/EHS.
- Směrnice Rady ze dne 9.10. 1979 o metodách měření, četnosti odběrů a rozborů povrchových vod určených k odběrům pitné vody v členských státech 79/869/EHS.
- Směrnice Rady ze dne 3.11.1998 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu 98/83/ES. Tato směrnice platí od roku 2004, nahradila Směrnicí Rady 80/778/EHS.
- Směrnice 91/676/EHS o ochraně vod před znečišťováním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů.

3.3.2 Zákony v České republice

- Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů. Tímto zákonem jsou chráněny povrchové a podzemní vody a jejich jakost. Dále stanovuje podmínky pro hospodaření s vodou.
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících předpisů, v platném znění. Do tohoto zákona jsou implementovány předpisy Evropské unie. Stanovuje, jaké jsou hygienické požadavky na pitnou vodu a co se musí dodržet při její kontrole.
- Zákon č. 274/2003 Sb., zákon, kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví.
- Zákon č.274/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. V tomto zákoně nalezneme veškerá kritéria na provoz vodovodů a kanalizací, a i požadavky na jakost vod.
- Zákon č. 183/2006 Sb. Stavební zákon. Tento zákon zajišťuje stavbu vodovodní sítě, a různých vodárenských staveb. Zneškodnění a správné odvádění odpadních vod, také zajišťuje právní předpis pro zamezení vnikání povrchových vod do staveb a na přilehlé pozemky.

- Zákon č. 500/2004 Sb. Správní řád. Tento zákon se týká této problematiky, díky zavedení opatření obecné povahy, které vycházejí ze Správního řádu. Stanovení ochranných pásem vodních zdrojů jsou zakončeny právě opatření obecné povahy.

3.3.3 Vyhlášky v České republice

- Vyhláška ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích.
- Vyhláška ministerstva zemědělství č. 20/2002 o způsobu a četnosti měření jakosti vody.
- Vyhláška ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.
- Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. V Příloze č. 1 nalezneme soubor 65 mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody a jejich limitních hodnoty. Příloha č. 2 stanovuje mikrobiologické, biologické, fyzikální a chemické ukazatele pro teplou vodu a jejich limitní hodnotu. Jednotlivé ukazatele se rozřazují podle závažnosti rizika překročení jejich limitu (Tab. 1). Při opakovaném nedodržení NMH v některých případech i překročení limitu MH, je nucen provozovatel vodovodu požádat orgán ochrany veřejného zdraví o výjimku z kvality pitné vody. Výjimku uděluje autorizovaná osoba, po důkladném přezkoumání, zda je překročená limitní hodnota rizikem pro spotřebitele.

NMH	nejvyšší mezní hodnota, pokud dojde k překročení tohoto typu limitu znamená to, že voda nesmí být použita jako pitná
MH	překročení tohoto typu limitu neznámá akutní zdravotní riziko, znamená spíše nižší kvalitu vody
DH	tento typ limitu znamená nezávadnou hodnotu

Tabulka 1 Hodnoty pro určování parametrů pitné vody

- Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 35/2004 Sb., kterou se stanoví náležitosti, forma elektronické podoby a datové rozhraní protokolu o kontrole jakosti pitné vody a vody koupališť, ve znění pozdějších předpisů.

- Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění pozdějších předpisů.

4. Zajištění odpovídající kvality pitné vody

Gustav Kabrhel, jak bylo zmíněno, se zasloužil o mnohé v oblasti hygieny, a i v oblasti zajištění kvality vody. Už tehdy kladl důraz na výběr co nejčistšího zdroje pro distribuci vody, i když nebylo tolik znalostí o této problematice nebo technologiích na úpravu vody. I dnes můžeme říci, že je výběr a zachování dobrého zdroje vody podstatou zajištění kvality pitné vody (Kožíšek 2008).

Pro udržení kvality pitné vody je potřeba používat tzv. multibariérový systém ochrany. Jak z názvu vyplývá, jedná se o systém vzájemně propojených bariér, které mají za úkol zamezit kontaminaci vody nebo jí nejlépe předejít (Pumann a kol. 2008). To, jak má tento systém vypadat se určí podle analýzy rizik. Systém by měl vypadat následovně: První bariérou by mělo být ochranné pásmo vodního zdroje. Za další správná úprava vody. Následně zamezení sekundární kontaminace v distribuční síti. To je zajištěno správným tlakem v potrubí a volbou vhodného materiálu potrubí. Důležitá je ochrana již upravené vody při její akumulaci ve vodojemu. Poslední částí multibariérového systému je vnitřní vodovod spotřebitele, který by měl být vyroben z odpovídajícího materiálu a nemělo by docházet ke stagnaci vody. Celý tento proces by měl být provázen důsledným monitoringem od zdroje vody až ke spotřebiteli (Kožíšek 2015).

4.1 Zdroje vody

Voda pro obyvatelstvo je zajišťována z vodních zdrojů. Zdroje vody rozdělujeme na povrchové a podzemní. Zdroje vody, které jsou posléze využívány pro úpravu, musí být samozřejmě chráněné. Ochrana vod v České republice spadá pod zákon o vodách 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon určuje způsob ochrany vodních zdrojů a určuje limity pro hospodaření s vodou. Zákon současně navazuje na směrnici Evropské unie, která je do tohoto zákona implementována. Vodní zdroje jsou podle zákona o vodách chráněny ochrannými pásmy.

4.2 Ochranná pásma vodních zdrojů

Ochranná pásma jsou preventivním nástrojem na ochranu pitné vody a mají za úkol chránit kvalitu, vydatnost a zdravotní nezávadnost vodního zdroje. Dříve se rozsah chráněného území nezaznamenával do katastrální dokumentace. Později byl záznam nutný a bylo třeba pevně tuto problematiku ukotvit v legislativě. Ochranná pásma a jejich problematika byla přidána do zákona o vodách. V legislativě došlo v posledních letech k velké změně. Dříve ochranná pásma určoval podle platné legislativy vodoprávní úřad. Vyhlášení ochranného pásma kolem vodního zdroje má za úkol zajistit jeho ochranu (Pumann 2016).

Kvalita vodního zdroje je v současné době ošetřena § 30 vodního zákona č. 254/2001, v platném znění a vyhláškou č. 137/1999 Sb. Tento zákon vymezuje ochranná pásma I. a II. stupně, která chrání zdroj před znečištěním. Ochranné pásmo I.

stupně ochraňuje zdroj přímo in situ v bezprostřední blízkosti kontaktu s jímacím objektem nebo odběrného zařízení. U podzemních zdrojů je pásmo oploceno a je zde zakázán přístup nepovolaným osobám. Ochranné pásmo II. stupně se nachází na území blízko vodního zdroje. Stanovuje ho vodoprávní úřad (Dolejš a kol. 2017).

Ochranná pásma byla dříve stanovována vodoprávním úřadem. S touto skutečností vyvstával problém, že v procesu chyběl nástroj, který by umožnil vodohospodářům zapojit do řízení i jiné fyzické či právnické osoby, kromě přímých účastníků řízení. Proto byl zákon v roce 2010 novelizován a bylo zavedeno nově opatření obecné povahy, které vychází z§ 171 - § 174 zákona č. 500/2004 Sb., v platném znění. Po této změně stanovují vodoprávní úřady ochranná pásma pomocí opatření obecné povahy (Horáček 2013).

4.3 Podzemní vody

Fyzikální a chemické vlastnosti podzemních vod ovlivňuje půdní a horninové prostředí. Podzemní vody obsahují více rozpuštěných látek a mají větší obsah minerálů. Hlavně je zde větší obsah vápníku, dusíku a v malém množství hořčíku. Oproti povrchovým vodám obsahují vyšší koncentrace železa, manganu, sulfanu a oxidu uhličitého. Kvalitu vody ovlivňuje hlavně průběh jednotlivých procesů v podzemních vodách, cirkulace vody v podloží, rozpouštění minerálních a organických složek z půdy. Probíhají zde chemické reakce způsobené mícháním vod. Podzemní vody však často neodpovídají objemem nebo umístěním zdroje, proto je nutné využít povrchové zdroje vod. Kvalita podzemní vody je sledována na sedmi stech místech v České republice. Sleduje se v pramenech, mělkých a hlubokých vrtech. Podle vyhlášky je sledováno celkem 276 ukazatelů (Grünwald 1997).

4.4 Povrchové vody

Zásoby povrchových vod jsou menší než zásoby vody podzemní. Pro pitné účely se využívají přibližně půl na půl s vodou podzemní. Ve srovnání s podzemními vodami mají nižší koncentraci minerálů, vyznačují se malým obsahem oxidu uhličitého. Obsahují především suspendované látky a koloidní anorganické i organické látky. Povrchové vody obsahují oproti vodám podzemním velmi málo železa a manganu. Je to zapříčiněno procesy oxidace a hydrolýzy. Zastoupení mikroorganismů je výrazně větší než u vod podzemních. Častěji se zde setkáváme s problémem neodpovídající jakosti vody. Kvalita vody je zde nestabilní, proto je vždy zapotřebí, aby tyto vody prošly alespoň minimálním stupněm úpravy. Jakost povrchových vod se ale od roku 1992 výrazně zlepšila (Vostrčil a kol. 2005).

Je zde vysoká koncentrace kyslíku, a naopak málo oxidu uhličitého. Obsah organických látek ve vodě je i antropogenního původu. V povrchové vodě se můžeme setkat s bakteriemi, viry, řasami a dalšími organismy (Grünwald 1997).

V příloze č. 13 vyhlášky č. 428/2001, nalezneme požadavky na jakost k jednotlivým kategoriím ukazatele množství látek v povrchových a podzemních vodách (Tab. 2).

Ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
Železo	mg/l	0,2	5	20
Mangan	mg/l	0,05	1,0	2,0
Sulfan	mg/l	platí limity pachu		

Tabulka 2 Ukazatele množství látek v povrchových vodách

Zdroje vody jsou využívány pro různé potřeby (obyvatelstvo, zemědělství, průmysl). Technologický postup úpravy vody se volí podle jakosti vody vodního zdroje a podle určení cílové potřeby. Tyto zdroje vody obsahují látky různého charakteru a vlastností (Žáček 1987).

5. Potřeba vody pro obyvatelstvo

Voda je surovina, která není nevyčerpatelná. Proto je nutné do budoucna s touto komoditou šetřit. Zejména kvůli zvyšujícímu se znečištění podzemních zdrojů vody a změně klimatu bude vody nedostatek. Přesto je nutné, aby byla zajištěna optimální potřeba vody pro obyvatelstvo. Nejvyspělejší země snižují spotřebu vody, díky nejmodernějším technologiím a také díky recyklaci vody. Vyčištěná voda se tak vrací zpět do oběhu. Recyklace není v České republice příliš častá, bylo by třeba, aby ji využívalo více podniků. Nemusíme chodit daleko, sousední Rakousko nebo další evropské země například Švýcarsko, jsou dobrým příkladem pro správné hospodaření s vodou. (Ansorge 2016).

Je problém s předpisy, jak proces recyklace provádět. Bohužel Evropská unie zatím nevytvořila úplné předpisy, podle kterých by bylo možné se řídit. Ty, co byly vytvořeny, jsou zastaralé. Je potřeba je aktualizovat, podle moderních kritérií. Dříve nebyla známa skutečnost, že recyklace také představuje rizika. Například, že pomocí aerosolu, který může být v šedých vodách, může dojít k přenosu infekce vodou. Voda by tak nemusela být zdravotně nezávadná a mohlo by dojít k ohrožení obyvatel (Kožíšek 2015).

Spotřeba vody souvisí i s cenou vody. Tedy vodného a stočného. V období socialismu, se cena držela záměrně nízko. Poté se cena vodného a stočného v 90. letech zvýšila a tato skutečnost zapříčinila, že se spotřeba vody snížila. Dříve byly zdroje vody přetíženy, snížení spotřeby vody pomohlo i ke zlepšení kvality vody a celkovému zlepšení stavu sítě. Avšak celý technický stav vodovodních sítí je bohužel tímto obdobím poznamenán (Drbohlav 2002).

Další změna, která hrála roli ve snížení spotřeby vody bylo uzavření některých průmyslových podniků, které byly náročné na spotřebu vody. A také pomohla modernizace technologií v nových podnicích. Tyto faktory vedly ke snížení potřeby vody. Pro zachování vody jako suroviny pro další generace, je důležité správně s vodou hospodařit a minimalizovat také ztráty vody na vodovodní síti (Ansorge 2016).

5.1 Ztráty vody

Ztráty vody jsou ukazatelem efektivnosti rozvodu vody a celkového stavu sítě. Na začátku století se z potrubí ztrácela téměř čtvrtina vody. Situace se od té doby výrazně zlepšila. Objem ztrát za rok 2018 činil 95 mil. m³. Ztráty vody z roku 2017 se snížily o 2,8 mil. m³, přesto se pořád velké množství vody ztrácí bez užitku (Vlasák 2019).

Ztráty vznikají hlavně kvůli stavu potrubí a celkovému stavu vodovodní sítě. Záleží tedy na správném udržování stavu vodovodní sítě a na materiálu trub. Není vhodné šetřit na materiálu trub a volit levnější variantu. Ztráty kvůli haváriím a následným únikům budou ve výsledku dražší. Byla by potřeba větší investice do obnovy vodovodní sítě. Skryté úniky tvoří největší část vody, která se během roku ztratí. Díky novým technologiím, instalování nových vodoměrů se podařilo zmenšit

ztráty během patnácti let téměř na polovinu. Ztráty vody se tedy z dlouhodobého hlediska snížily (Ansorge 2016).

Detekování skrytých úniků vody je prioritou pro provozovatele vodovodní sítě, která je monitorovaná. Probíhá diagnostika sítě, která řeší havárie a také preventivní monitoring vodovodní sítě. Tato činnost výrazně napomáhá ke snížení ztrát vody. Monitoring vyhledá skryté úniky vody. Tato činnost probíhá za pomoci senzorů snímače šumu, které se nachází na vodovodní síti. Další možností je použití elektroakustického zesilovače. Probíhá tak hrubý odposlech na vodovodní síti. Právě díky propracovanému monitoringu a opravám vodovodní sítě se podařilo snížit ztráty vody (Babíková a kol. 2015).

Jednou z variant efektivního a účinného způsobu detekování možných úniků vody je pomocí modelovaného a měřeného průtoku vody. Měření šumu probíhá pomocí loggerů šumu, které snímají šum unikající vody. Akustické záznamníky jsou obvykle instalovány na armatury v potrubí. Přesně lokalizovat únik vody můžeme pomocí korelátorů, které jsou schopny zachytit únik na určitém místě vodovodní sítě. Korelátoři pracují pomocí dvou senzorů umístěných v potrubí. (Boulos a kol. 2008).

Při přímém vyhledávání úniků vody ve vodovodní síti tvořené plastovým potrubím pomocí akustických zařízení mohou nastat potíže s přesností. Tento způsob není příliš častý a je provázen problémy (jako např. interferující signály z dopravy, nepřiměřené zeslabování signálu či nedostatečná citlivost měřících přístrojů). Pro způsob detekce ztrát vody na vodovodní síti z PVC je lepší použít jiné metody a to: trasovací plyn, termografie nebo georadar (Hunaidi a kol. 1999).

6. Technologie úpravy vody

Pro úpravu vody se používají mechanické, chemické, fyzikálně-chemické a biologické postupy. Ve většině případů se pro úpravu vody používá víceúrovňová úprava, kde se využívá kombinace těchto postupů. Jaké je vhodné technické uspořádání je definováno v legislativě. Podle vyhlášky 409/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů, musí vybraná technologie zachovat charakter vody a její biologickou hodnotu. Chemikálie jsou dávkovány dle provozního řádu. Technologie nesmí zhoršit kvalitu vody (Grünwald 1997).

Příloha č. 13 k vyhlášce č. 428/2001 rozděluje vodní zdroje podle možnosti jejich úpravy na základní kategorie dle stupně úpravy (Tab. 3).

A1	V této kategorii probíhá chemické nebo mechanické odkyselení a použití prosté filtrace.
A2	Zde se používá koagulační filtrace, infiltrace, pomalá biologická filtrace. Jednostupňové či dvoustupňové odželezování a odmanganování.
A3	Intenzivní fyzikální i chemická úprava a dezinfekce. Vody méně vhodné či nevhodné pro zásobování obyvatelstva.

Tabulka 3 Rozdělení vodních zdrojů podle možnosti jejich úpravy

6.1 Úprava povrchových a podzemních vod

Kvalitu vody ovlivňuje celá řada faktorů, mezi které patří i teplota, světlo a kyslík. Úprava povrchových a podzemních vod je rozdílná. Metody pro povrchovou vodu jsou mechanické předčištění, čiření, flotace, filtrace, dezinfekce, adsorpce, fluoridace, ultrafiltrace, stabilizace. Pro úpravu podzemních vod se využívají metody odkyselování, odželezování, odmanganování, filtrace, dezinfekce, deionizace, demineralizace, iontová výměna, desorpce (Žáček 1987).

Obor týkající se procesu úpravy pitné vody je poměrně mladý, oproti stavebnímu inženýrství, které řeší transport vody ke spotřebiteli, ten je mnohokrát starší. Moderní úprava vody je v dnešní době založena na správné volbě technologického procesu úpravy. Proces úpravy vody musí zajistit vyhovující jakost, zdravotní nezávadnost a odpovídající senzomotorické vlastnosti. V posledních letech se ke stávajícím metodám přidaly metody sorpce na granulovaném uhlí a membránové procesy. Metody na úpravu vody, které tvoří separovatelné částice, nejsou totiž účinné na odstranění menších molekul organických látek (Dolejš 2016).

6.1.1 Mechanické předčištění surové vody

Pro odstranění plovoucích částic, které jsou hrubší nebo nerozpustitelné a hrozilo by špatné fungování úpravny (zanešení nebo mechanické poškození) používáme zařízení jako jsou česle, síta, pásové filtry, lapáky písku a usazovací nádrže (Grünwald 1997).

6.1.2 Čiření

Základním postupem úpravy surové vody na vodu pitnou je koagulace. Cílem koagulace a následné flokulace je přeměna různého druhu znečištění, které se ve vodě nachází, na formu, která bude z vody snadno odstranitelná. Toho docílíme za pomoci shlukování, částice jsou pak snadněji odstranitelné například filtrací přes pískové filtry.

Čiření je technologický proces, pomocí kterého nejčastěji z povrchové vody odstraňujeme koloidní částice a jemné suspenze. Cílem je, aby se z nečistot staly separované celky částic, které se mohou dále odstranit pomocí dalších metod. Metoda spočívá v dávkování koagulantu do vody. Nejčastěji hydrolyzujících solí kovů například železa a hliníku, které reagují s vodou a vznikají potřebné hydroxidy. Poté vznikají vločky, které je možné odstranit filtrací, flotací nebo sedimentací (Žáček 1987). Pomocí čiření odstraňujeme z vody částice, které jsou koloidně dispergované. Podle afinity dělíme koloidní disperze na hydrofobní a hydrofilní. Mnohem více se v povrchových vodách objevují molekulární koloidy například huminové kyseliny nebo micelární koloidy, to jsou například organická barviva, mýdla a saponáty (Grünwald 1997).

Když jsou nečistoty vysrážené do vloček, přidá se flokulant pro zpevnění vloček, aby nedošlo k opětovnému rozmělnění před procesem filtrace. Dále voda pokračuje na filtrační jednotku (Bindzar a kol. 2009).

6.1.3 Filtrace

Filtrace je mechanická metoda, která má cyklický charakter. Proces filtrace je používán nejčastěji k odstranění nežádoucích suspendovaných částic ze surové vody. Filtrace je klíčovým procesem úpravy vody, který následuje za sedimentací. Surová voda protéká přes otevřené nebo uzavřené tlakové filtry. Vysrážené nečistoty v podobě vloček prochází přes filtrační pískovou vrstvu. Když voda projde procesem filtrace, je vyčištěna od nečistot, ale musí se ještě upravit chemické vlastnosti vody (Bindzar a kol. 2009).

Metoda filtrace využívá tři druhy filtrů: pomalé filtry, rychlofiltry a tlakové filtry. Pomalé filtry patří k nejstarším. Postupně začaly být nahrazovány rychlofiltry. Pomalé filtry jsou jednoduché na ovládání. Při pomalé filtraci je zásadní hlavní první písečné lože a používá se rozpuštěný kyslík v přitékající vodě. Tato metoda byla využívána v malých obcích při úpravě povrchové vody. V dnešní době se u pomalých filtrů nahrazuje písková vrstva granulovaným aktivním uhlím, zvýší se tak filtrační rychlost a efektivita odstraňování nežádoucích látek ve vodě např. pesticidů. (Vostrčil a kol. 2005).

Z pomalé filtrace se postupem času vyvinula metoda rychlofiltrace. Rychlofiltrace, jak její název vypovídá, se vyznačuje svou větší rychlostí. Tato metoda je u nás používanou metodou (Biela 2014). K jejímu použití je potřeba menší plocha. Při rychlofiltraci se využívá hrubší filtrační vrstva (křemík, antracit, aktivní uhlí) (Quevaviller, Thompson 2006).

6.1.4 Dezinfekce vody

Aby bylo zamezeno sekundární kontaminaci vody bakteriemi, viry, mikroorganismy a jinými patogeny, je nutné vodu hygienicky zabezpečit. Proto je dezinfekce nutnou součástí úpravy vody. Zajišťujeme tak bakteriologicky čistou vodu až ke spotřebiteli. Vodu dezinfikujeme chemickými či fyzikálními postupy nebo jejich kombinací. Primární dezinfekce patří do procesu úpravy vody. Sekundární dezinfekce se používá při hygienickém zabezpečení vody v distribuční síti (Žáček 1981).

Při chemické dezinfekci se patogenní organismy odstraňují pomocí oxidačních činidel. Při této reakci dochází k oxidaci dalších látek anorganického i organického původu. Jako vedlejší produkt však mohou vzniknout látky, které mohou být při dlouhodobém účinkování příčinou zdravotních rizik. Při dezinfekci vody mohou vzniknout jako vedlejší produkt haloformy. Látky, kterým se začala věnovat pozornost až v 70. letech 20. stol. Mezi chemické metody dezinfekce řadíme například chloraci. K fyzikálním metodám dezinfekce patří UV záření a také oligodynamické působení těžkých kovů například stříbra a mědi. Tyto kovy mají dezinfekční účinky, které jsou pravděpodobně způsobeny schopností kovů koagulovat bílkoviny bakterií (Biela a kol. 2013).

6.1.4.1 Chlorace

Dezinfekce vody se nejčastěji v úpravárnách provádí pomocí chlorace. Chlor má dlouhodobý účinek i do rozvodné trubní sítě, brání tak možnému pomnožení bakterií. Chlorace se provádí plynným chlorem nebo roztokem chlornanu sodného. Obsah chloru ve vodě je stanoven vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb., v platném znění, která stanovuje požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly. Volného chloru v pitné vodě je povolené množství u spotřebitele 0,3 mg/l. Pro zmírnění vedlejších produktů vzniklých při dávkování chlóru se přidává síran amonný (Kožíšek a kol. 2007).

Chlor zabraňuje kontaminaci vody bakteriemi. Dezinfekční prostředek se přidává v průměru 0,1 – 0,2 miligramů chloru na jeden litr vody (Kožíšek 2007). Čím menší je hodnota pH vody, která je upravována chlorací, tím je její účinek větší. Z toho vyplynulo, že voda by se měla odkyselovat až po dezinfekci chlorem. Zvláště u vod povrchových, které mají malý obsah iontů HCO^{-3} vyžadují rovnovážné pH (Grünwald 1997).

6.1.4.2 Ozonizace

Další metodou, která zajišťuje hygienické zabezpečení vody je ozonizace. Ozonizace se provádí krátkodobou aplikací ozonu O_3 . Ozon je vyráběn pomocí elektrického výboje. Ozonizace zlepšuje senzomotorické vlastnosti vody. Výhodou je, že ozon má velkou dezinfekční účinnost (Žáček 1981). Aby bylo zachováno hygienické zabezpečení vody po celé trase je potřeba přidat i určité množství chloru. Výhodou je, že díky metodě ozonizace, není třeba do vody přidávat tak velké množství chloru (Janda 1982). Ozonizace má však i nevýhody, těmi jsou velké náklady na energii a rychlá spotřeba ozonu při více znečištěných vodách. U metody ozonizace se

očekávalo, že bude bez problémů odstraňovat velké množství nežádoucích látek, bez nežádoucích vedlejších produktů. Avšak stejně jako u chlorace byl vznik těchto látek potvrzen. Tato skutečnost se začala prozkoumávat až v 90. letech (Vostrčil a kol. 2005). Při ozonizaci vznikají jako nežádoucí vedlejší produkty například aldehydy a karboxylové kyseliny (Kučera 2012). U vod, které obsahují bromidové ionty, mohou vznikat bromičnany. Pro odstranění vedlejších produktů ozonizace, by měla za tímto stupněm úpravy následovat například sorpce na aktivním uhlí, která odstraní tyto látky. Ve velkém množství úpraven však tento stupeň úpravy nebyl instalován, z důvodu jeho finanční náročnosti (Král 2010).

6.2 Specifické procesy úpravy vod

V technologiích, které upravují vodu se stále pracuje na tom, aby byly co nejrychlejší a nejefektivnější. Pro efektivnější čištění mohou být použity membránové procesy mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace (Cheremisioff 2002). Membránové se nazývají proto, že jejich principem je filtrace přes polopropustné membrány. Membrány mohou být z různých materiálů a mohou mít různé tvary. Čištění pomocí technologie ultrafiltrace probíhá pomocí membránového vlákna. V těchto vláknech jsou kapiláry, přes které se vede průtok vody. Nečistoty se zachytí uvnitř vlákna včetně patogenních organismů (Dolejš a kol. 2017). Avšak látky člověku prospěšné jako je hořčík nebo vápník přes ně projdou. V letech 2011–2016 proběhla rekonstrukce se zavedením ultrafiltrace na úpravně vody Březová v Karlových Varech. Další metodou, která funguje přes propustnost membrány je reverzní osmóza, běžně používaná ve světě pro úpravu mořské vody (Kučera 2013).

Efektivní metodou je také technologie filtrace vody přes granulované aktivní uhlí, které umožní například lepší odstranění pesticidních látek a léčiv ze surové vody. Samotná sorpce na granulovaném aktivním uhlí se instaluje za separační stupně úpravy vody a její výsledky jsou dobré. Tato metoda účinně odstraňuje z vody mikropolutanty, například pesticidy a jiné toxické látky. Pomocí této metody tak můžeme dosáhnout ještě lepší kvality vody. Cílem by byla instalace této metody na více vodárenských linek. Dá se přidat k běžné filtraci jako dvouvrstvá filtrace s vrstvou granulovaného aktivního uhlí. Nebo lze rozšířit technickou linku sorpci na granulovaném aktivním uhlí, a tak přidat terciální stupeň úpravy. Poprvé byla tato metoda použita v České republice na brněnské úpravně vody Pisárky roku 1995 (Král 2010).

Sorpce na granulovaném aktivním uhlí patří sice k velmi účinným metodám, přesto je samozřejmé, že je to složitý proces úpravy vody a vyžaduje úpravu podmínek v úpravně a obsluhu proškoleným personálem. Proto by pro její plošné zavedení bylo potřeba větší investice. V současné době probíhá rekonstrukce úpravny vody Želivka, kde má být nově zařazena tato metoda (Dolejš 2016).

7. Distribuce vody

7.1 Doprava a rozvod vody

Rozvod vody ke spotřebiteli zajišťuje vodárenská soustava, která se skládá ze zdrojů vody včetně jímacích zařízení, úpraven vod a čerpací stanice, akumulčního zařízení, dále pak vodovodního potrubí, které dělíme na přívodní a zásobovací potrubí (Novák a kol. 2003)

Během cesty vody ke spotřebiteli by se mohlo stát, že by do vody pronikly nežádoucí bakterie, či částice z potrubí. U vody, která stojí dlouho v potrubí klesá její kvalita, množí se v ní bakterie. Díky tomu by mohlo dojít k sekundárnímu znečištění vody. Je proto třeba zajistit biologickou stabilitu vody, aby nedocházelo k sekundárnímu pomnožování bakterií ve vodě.

Na stavu distribuční sítě se významně podílí stáří a materiál potrubí, velikost zásobované oblasti, doba zdržení, hydraulické poměry, provoz a údržba. Charakter distribuované pitné vody významně souvisí s jakostí surové vody (dle vyhlášky č. 428/2001 Sb.) a následně s technologickým uspořádáním vodárenské linky. V akumulčních nádržích by mohlo dojít k sekundárnímu znečištění vzduchem. Vodu by mohl kontaminovat hmyz, částičky prachu apod. (vznikají biofilmy). Díky těmto nežádoucím částicím by mohlo dojít ke zhoršení kvality pitné vody. Aby nedocházelo k těmto jevům je potřeba se zaměřit i na kontrolu vodojemů (Kožíšek 2007).

7.2 Kvalita pitné vody a její udržitelnost při akumulaci a distribuci vody

Kvalita vody je posuzována podle kvalitativních chemických, fyzikálních, mikrobiologických, biologických a senzorických indikátorů, které jsou uvedeny ve vyhlášce Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., v platném znění.

Kvalita pitné vody je sledována provozovatelem celoročně laboratorními testy. Provádí se odběr a následný rozbor vody, čímž se zjišťuje aktuální kvalita vody. Limitní hodnoty, které musí vzorky vody splňovat a četnost odběru vzorků se také řídí vyhláškou č. 252/2004 Sb., v platném znění. Rozbor vody je dvojího typu: fyzikálně – chemický a mikrobiologický. Vzorky jsou odebírány ze všech mezistupňů úpravy vody a dále je voda sledována po celé její trase. Vzorky je třeba odebírat na stálých odběrných místech, kde je odběr prováděn opakovaně. Dále se provádí odběr na libovolných místech, aby byla zachována plošná kontrola. Výsledné hodnoty rozboru jsou shrnuty v protokolu, který je porovnán s limity indikátorů ve vyhlášce (Kožíšek 2005).

Zda je voda hygienicky nezávadná ověřujeme pomocí mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů. Mikrobiologická nezávadnost vody se ověřuje pomocí indikátorů fekálního znečištění *Escherichia coli*, Intestinální enterokoky a *Clostridium perfringens*. Negativní výskyt platí i pro

ukazatel Koliformních bakterií, i když je dnes analýza výskytu koliformních bakterií využívána hlavně pro monitoring. Koliformní bakterie je ukazatelem účinnosti dezinfekce. Výskyt koliformních bakterií ve vodě většinou značí sekundární kontaminaci vody, způsobenou například technickou závadou (Kožíšek a kol. 2007).

Pokud je objevena ve vodě *Escherichia coli*, je indikuje závažné fekální znečištění. Koliformní bakterie se stanovují pomocí aktivity enzymu β -D-glukuronidázy. Proběhla změna metodiky, která přinesla spoustu benefitů hlavně v přesnějších výsledcích, které jsou dokonce vyhotovené za dvacet čtyři hodin (Baudišová, Mlejnková 2017)

Intestinální enterokoky se ve vodě málokdy množí a jsou náchylné vůči vnějším vlivům. Oproti koliformním bakteriím, jsou odolnější vůči dezinfekci chlorem nebo jiné dezinfekci. Je tedy možné, díky intestinálním enterokokům detekovat nepostačující dezinfekci, i když například chlor zničil koliformní bakterie. Přítomnost intestinálních enterokoků se zkoumá při úplném rozboru pitné vody (Baudišová, Mlejnková, 2017).

Spóry *Clostridium perfringens* jsou přítomné v odpadní vodě i v půdě a jsou odolné vůči chemickým a fyzikálním faktorům. Přežijí ve vodě velmi dlouhou dobu, proto může být díky nim zjištěno starší nebo opakované znečištění vody. Když je nalezen tento indikátor ve vodě, měla by být přezkoumána technologie úpravy a zdroj vody (Kožíšek 2007).

Prioritou je zajistit kvalitní a zdravotně nezávadnou vodu, která bude udržitelná po celé cestě systémem zásobování až ke spotřebiteli. Dříve byl spotřebitel upozaděn. Běžný spotřebitel se o kvalitu vody zajímal jen málo. Tento pohled se ale postupem času změnil. A otázka kvality vody zajímá čím dál více lidí. Ze zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného práva a z prováděcí vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., v platném znění, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody vyplývá, že spotřebitel musí být detailně informován o kvalitě vody a o způsobu její úpravy (Kožíšek 2005). Společnost Pražské vodovody a kanalizace a.s. uvádí na svých webových stránkách aktuální stav kvality vody (viz Příloha č. 1).

Kvalita vody závisí i na materiálu a technickém stavu potrubí. Ke kontaminaci vody může dojít v potrubí, kde se usazují různé nežádoucí částice, které mohou způsobit znečištění vody. Jak materiál potrubí, tak i vnitřní ochrana povrchu trub má vykazovat takovou kvalitu, aby nebyla ovlivněna kvalita vody. Potrubí musí být vodotěsné, odolné vůči přetlakům vody v potrubí a s protikorozní ochranou. Používá se materiál kovový či nekovový, a to litina, ocel, plasty (polyethylen PE, polyvinylchlorid PVC, polyethen PE-X) a sklolaminát (Hasík 2007).

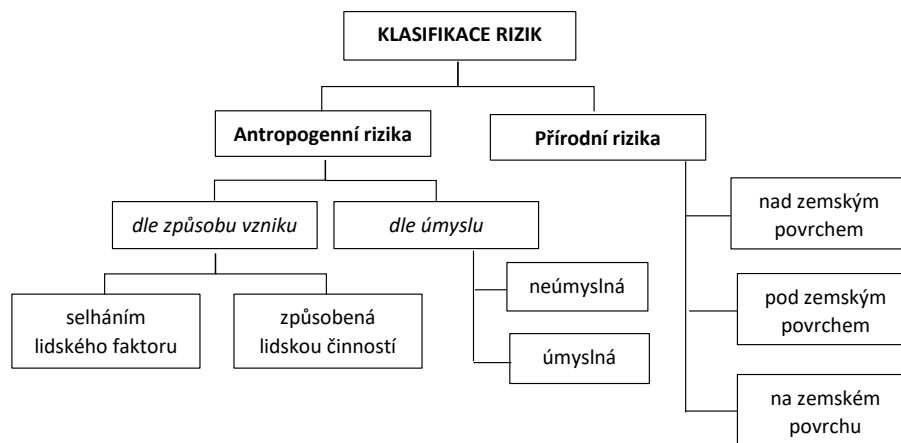
Další riziko sekundární kontaminace vody je při její akumulaci. Může zde docházet k usazování částic z potrubí z vody. Toto znečištění představuje problém hlavně z hlediska kvality vody. Mohlo by docházet k množení mikroorganismů v kalech, a k degradaci kvality vody. Stavby sloužící k akumulaci vody pracují bez

obsluhy. Jsou zde prováděny pouze kontroly, které mohou být v mnoha případech nedostatečné. A mohou být příčinou sekundárního znečištění pitné vody. Další bariérou k zamezení sekundární kontaminace vody, je provádění kontinuální dezinfekce vody ve vodojemech. Kontinuální dezinfekce je prováděna dochlorováním nejčastěji chlornanem sodným (Novák a kol. 2003). Znečištění v akumulacích způsobuje i vandalství (rozbití oken u nádrží, následuje kontaminace vzduchem). Je zapotřebí, aby byly akumulacní nádrže pravidelně čištěny. Hrozí riziko, že by se drobné částice mohly zachytávat i na stěnách nádrže, kde se budou opět množit organismy, a tak by mohlo opět dojít ke znečištění pitné vody v nádrži (Říhová Ambrožová 2010).

Problémem úpravy vody je neustále se zvyšující znečištění surové vody důsledkem lidské činnosti ať už jde o průmysl, zemědělství nebo splaškové vody z domácností, kde se objevuje zátěž z léčiv, pracích prostředků či pesticidních látek.

8. Vlivy ohrožující kvalitu pitné vody

Kvalita vody je ovlivňována přírodními procesy (zvětrávání minerálů podloží, atmosférické procesy, změny klimatu) trvalého charakteru, nebo i přirozeně se vyskytující mimořádné události (např. povodně). K dalšímu ovlivnění kvality vody dochází díky vlivu činnosti člověka. Mezi takové antropogenní vlivy je možné zařadit používání pesticidních látek a hnojiv v zemědělství a lesnictví, bodové znečištění z odpadních vod (fosfor a dusík způsobující eutrofizaci vod), mikroplasty, metabolity léčiv a další chemikálie. Vyrobít kvalitní pitnou vodu se stává díky působení těchto faktorů náročnější finančně i technologicky (Khatri, Tyagi 2015). Veškerá rizika vodárenského systému je tedy vhodné důsledně charakterizovat, analyzovat, následně je pak možné je lépe eliminovat (Obr. 1).



Obrázek 1 Klasifikace rizik ve vodárenském systému upraveno dle (Teichmann, Kuda 2018)

V našich podmínkách ovlivňuje kvalitu vody pro vodárenské využití zejména měnící se klima, ať už se mění vlivem člověka nebo přírodními cyklickými změnami, které se dlouhodobě v historii Země opakují. Problémem jsou teplotní extrémy, periody extrémního sucha. Klimatická změna způsobuje nárůst teploty vody, prodlužuje vegetační období (Brázdil a kol. 2015).

Kvalitu vody ve zdrojích pitné vody silně ovlivňuje působení člověka zejména hospodařením s vodou v zemědělství. Stále se zvyšující množství obyvatel potřebuje vyšší produkci potravin. To s sebou nese masivní použití hnojiv s vysokým obsahem dusíku a fosforu i látek na ochranu užitkových plodin (pesticidní látky) a dále též větší intenzitu umělého zavlažování, která představuje zásah do přirozeného koloběhu vody (Hildebrant a kol. 2008).

Průmyslová výroba může negativně ovlivňovat vodní zdroje prostřednictvím nedokonale odstraněných škodlivých látek vypouštěných do ovzduší a do odpadních vod. Ke znečištění vody může dojít kontaminací pesticidními látkami a dusičnany nebo také nesprávným odváděním odpadních vod, které mohou obsahovat zbytky léčiv a různých chemikálií. Tento problém se týká hlavně malých obcí.

Dlouhodobá snaha odborníků i státní správy použít nové technologie pro detekci a odstranění škodlivých látek z průmyslu přináší v posledních letech naději na zlepšení stavu vodních zdrojů v krajině.

8.1 Vliv změny klimatu na stav kvality vody

Sucho je velkým tématem poslední doby. Zvyšující se teploty a nerovnoměrně rozdělené srážky v průběhu roku mají za následek pokles hladiny podzemní vody i poklesy hladin ve vodních tocích.

V roce 2017 byl úhrn srážek průměrný a to 683 mm/rok. Avšak s ohledem na deficit hladin toků a sníženou vydatnost pramenů z předchozích let (hlavně 2015 a 2016) nebyl tento úhrn srážek dostačující. V roce 2018 byl úhrn srážek nižší a to 522 mm/rok. Tato hodnota je pouhých 76 % hodnoty dlouhodobého srážkového úhrnu (1981–2010). Teplotně byl rok 2018 nadprůměrný. Teplota vzduchu byla vyšší o 1,7 °C oproti teplotnímu normálu. A překonal tak doposud nejteplejší roky 2014 a 2015 v krátké historii (ČHMÚ 2017).

Negativní dopady vzrůstajícího sucha zapříčinily například i havárie vodního potrubí (při enormním vysychání půdy dochází k pohybu půdních vrstev, které způsobí narušení potrubí). Ani do budoucna nelze vyloučit, že periody sucha budou převládat a že i následující rok bude srážkově podprůměrný. Tím pádem by došlo k dalšímu zvyšování deficitů (ČHMÚ 2017).

Velké sucho ovlivňuje i kvalitu vody, vzhledem k větší koncentraci nežádoucích látek v ní. Díky hydrologickému suchu dochází ke snížení průtoku v korytech a řekách nebo jejich úplnému vysychání. Nejen, že se snížením objemu vody dochází ke zhoršení kvality vody, ale také může sucho zapříčinit problémy se samotnou distribucí pitné vody ke spotřebiteli (Brázdil a kol. 2015). Nikdo neví, zda budou sucha pokračovat, klima je velmi těžké předpovědět. Velkým problémem se stává podzemní voda, u které klesá její vydatnost i kvalita (viz Příloha č. 2). Podzemní vody stále nejsou zásobeny po suchu z předešlých let. Deště nestačí na doplnění sucha z poslední doby. Problémem jsou nepravidelné srážky a časté přívalové deště, které působí škody a z hlediska vsaku jsou málo významné. Nedochozí k vsaku v krajině a voda odtéká. Toto má za následek nedostatek vody v půdě, tedy sucho zemědělské. Bylo by třeba snažit se vodu v krajině zadržet. Zavést přírodě blízká opatření a zvýšit retenci vody. Na mnoha místech v České republice je hladina vody nejnižší za posledních dvacet let. Loňské problémy se suchem zapříčinily mnoho problémů i běžným obyvatelům; vznikly komplikace například s vysychajícími studněmi. Vydatnost podzemních vod není dostačující v mnoha regionech například v oblasti Východních Čech. Pro zmírnění dopadů sucha je třeba interdisciplinární přístup, monitoring a zavedení preventivních opatření (Černochoch 2017).

Extrémní sucho zcela jednoznačně ovlivňuje kvalitu vody. Tento problém je velmi aktuální, a proto byla provedena novelizace vodního zákona, aby byl problém

sucha zohledněn i v něm. V novele zákona je zohledněn monitoring a kontrola sucha. Jsou zde zpracovány plány, jak zvládat následky sucha a nedostatku vody (Finfrlová 2009).

Jak již bylo řečeno, extrémní sucha jsou problémem a přirozené zásoby podzemní vody se ztenčují a nebudou stačit. Lidská populace musí být připravena na řešení problémů se suchem a s dalšími extrémními počasí jako jsou například povodně. (Chen 2017). Řešením by mohla být technologie umělé infiltrace

Metoda umělé infiltrace není žádnou novinkou, ale byla v posledních letech opomíjená. Jde o technologický proces, který je vhodný pro řešení problémů s extrémním suchem a povodněmi. Při procesu dochází k zasakování povrchové vody do podzemí. Umělá infiltrace je metodou, která má mnoho výhod. Pro použití umělé infiltrace je nutný kvalitní zdroj vody a lokalita s pískovým podložím. A také vhodné prostory pro akumulaci vody. Před použitím umělé infiltrace je nutná předúprava vody ze zdroje, aby nedocházelo k zanášení vsakovacích zón. Pokud by došlo k zanešení infiltrační plochy docházelo by ke snížení vsakovací schopnosti. Proto čím lépe upravíme vodu před použitím metody, tím bude proces méně nákladný (Skalický 2015).

Umělá infiltrace vytváří zásobu vody, se kterou se dá překlenout kratší období nedostatku vody, například sucha. Poté se musí zásoby vody opět obnovit. V České republice se umělá infiltrace začala používat v roce 1968 na úpravně vody Káraný, kde se umělá infiltrace dodnes využívá nejvíce v České republice. Jedná se o areál, kde se nachází 15 vsakovacích nádrží ocelkové ploše 70 050 m³, 24 spuštěných studní a 254 vrtaných trubních studní (Biela 2015).

Před samotnou umělou infiltrací voda projde předúpravou na pískových otevřených rychlofiltrech a následně se pomocí čerpání dopraví do vsakovacích nádrží. Kolem řeky je postaven studňový řad ve vzdálenosti padesát až dvě stě metrů. Plynulou dodávku vody řeší moderní způsob umělé infiltrace. Upravená povrchová voda se čerpá do vsakovacích nádrží odkud proniká vrstvou zeminy k soustavě jímacích studní. Získaná voda má rovněž kvalitu podzemních vod a její množství je možné regulovat dle potřeby. Metoda je unikátní spojením vodního hospodářství a ochrany životního prostředí. Ale i proces umělé infiltrace má nevyřešené problémy (Hrkal 2016).

Zásobování obyvatel ve velkých městech není problémem. Nedostatkem vody jsou nejvíce ohroženy malé obce zejména do 1000 obyvatel, s vlastním zdrojem zásobování, které nejsou napojeny na veřejný vodovod. Řešením by bylo efektivní zadržování vody v krajině a tím i zvýšení zásob surové vody (Datel a kol. 2016).

Mnoho obcí je nuceno žádat obyvatele o šetření s vodou z veřejného vodovodu, jako opatření proti suchu. Krátkodobým řešením nedostatku vody pro obce je dovážení vody do akumulačních nádrží. Dovážení vody je samozřejmě finančně náročné. Do budoucna by bylo potřeba navýšit zdroje vody. Provádí se hydrogeologický průzkum, který má za úkol najít nové vrty a napojit je na vodovod. Hospodáři jsou nuceni řešit nedostatek vody dokonce i vlastními vrty. Vedení obcí vydává v období extrémního

sucha opatření obecné povahy. To pro obyvatele znamená zákaz například napouštění bazénů nebo mytí aut a často i omezení zalévání (Wanner a kol. 2016).

8.2 Pesticidní látky ve vodě

Vlivem intenzifikace zemědělství se naše krajina mění. Moderní industriální zemědělství nahrazuje tradiční zemědělství, ubývá tak tradiční zemědělská krajina a je nahrazována velkými monokulturami. Zemědělství je stále jedním z hlavních zdrojů znečištění vod. Produkce plodin musí být větší, jelikož populace stále roste a nároky na její užití rostou. Použití průmyslových hnojiv negativně ovlivňuje stav půdy a kvalitu podzemních vod. Intenzifikace zemědělství je díky zvyšující se populaci zapotřebí, ale bohužel se zvýšilo množství nežádoucích vedlejších produktů z použití hnojiv v zemědělství (Kotal a kol. 2017).

Průmyslové techniky ničí půdu a mění strukturu krajiny. Problém vzniká s použitím herbicidů, pesticidů a dalších chemikálií. Půda je zdecimována neustálým pěstováním plodin. O půdu není dostatečně pečováno a její kvalita se zhoršuje. To samozřejmě také souvisí s kvalitou vody. Při hospodaření s chemickými postřiky a průmyslovými hnojivy dochází k vyplavování pesticidních látek hlavně do podzemních vod a tím k jejich kontaminaci (Hildebrant a kol. 2008).

Východiskem by bylo omezení používání pesticidních látek. Omezení je ale velmi složité, kvůli zabezpečení množství produkce. Ekologické zemědělství, které pesticidní látky zakazuje, může být jednou z cest k udržitelnosti a zlepšení stavu vod a dalších dopadů na lidskou populaci. Ekologické zemědělství však pravděpodobně není schopné zajistit produkci v tak velkém množství pro stále se zvyšující velikost populace.

V poslední době se více sleduje množství pesticidních látek ve vodě. Podle Zprávy o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2017 byly pesticidní látky detekovány v 70 % vodovodů (SZÚ 2018). Také vyvstává problém s látkami, které byly používány hlavně při pěstování plodin pro produkci biopaliv. V České republice se ve vodě nalézají metazachlor, metolachlor a zakázané látky alachlor a atrazin (viz Příloha č. 3). Látky alachlor a atrazin, byly před více než deseti lety zakázány, přesto jsou ve vodě detekovány. Toto poukazuje, že rezidua pesticidních látek jsou velmi odolná (Kožíšek 2014).

Vyhláška 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, označuje jako pesticidy organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, nematocidy, akaricidy, algicidy, rodenticidy, slimicidy, příbuzné produkty, mimo jiné regulátory růstu, a jejich relevantní metabolity. Dle vyhlášky je stanovena limitní hodnota pro pesticidy v pitné vodě 0,1 µg/l odebraného vzorku. Tato hodnota bývá v posledních letech mnohdy překračována. Vhodnou metodou pro odstranění pesticidních látek, herbicidů a léčiv, je sorpce na aktivním uhlí, reverzní osmóza, UV záření, membránová filtrace, či

ozonizace. Většina těchto metod je velmi nákladná a jsou zapotřebí velké investice do modernizace úpraven pitné vody. Koncentrace pesticidních látek ve zdrojích vody s sebou nese mnoho problémů, je zcela nevyhnutelné, aby se problematika pesticidních látek začala více řešit a začalo se více regulovat jejich množství použití (Kotal a kol. 2017).

Vydání novely zákona o ochraně ovzduší je významné i z pohledu pesticidních látek pro vodní hospodářství. Po zjištění negativ, které souvisí s produkcí biopaliv 1. generace není produkce podporována Evropskou unií jako dříve. Produkce biopaliv ani není vhodným krokem na snížení emisí produkované dopravou. Novela zákona popisuje i důsledky produkce biopaliv na kvalitu vody. Důsledky se týkají například toho, že při samotném pěstování plodin je třeba velkého množství vody a to 2 500 litrů na výrobu jednoho litru biopaliva (Vlasák 2019).

Podle hydrometeorologického ústavu se pesticidy vyskytují v České republice v podzemních vodách více v zemědělských oblastech. Při pravidelném odebrání vzorků se ukázalo, že se pesticidní látky vyskytují více než v polovině podzemních vod v České republice. Koncentrace je vyšší v zemědělských oblastech, například Polabí, Pomoraví, Podýjí. Je to dáno množstvím chemických prostředků, které jsou využívány k pěstování v zemědělství. Hlavně k pěstování cukrové řepy, kukuřice a řepky olejně. Nadlimitní koncentrace pesticidních látek se vyskytuje ve 40 % podzemních vod. Dříve se pesticidní látky neukazovaly jako problém, z důvodu úzkého rámce jejich sledování a horším analytickým metodám. Častější monitoring a lepší analytické metody ukázaly překročení limitních hodnot (Havel 2017).

8.3 Fosfor a dusík

Zemědělská činnost (a rovněž nedostatečné čištění odpadních vod) ovlivňuje kvalitu povrchových i podzemních vod i z hlediska dalších polutantů. Výrazným problémem jsou splachy z polí, které ve svém důsledku zvyšují eutrofizaci vodních toků (zvyšuje se obsah dusíku a fosforu). Zemědělství je stále jedním z hlavních zdrojů znečištění vod. Produkce plodin musí být větší, jelikož populace stále roste a nároky na její užití rostou. Použití průmyslových hnojiv negativně ovlivňuje stav půdy a kvalitu podzemních vod. Intenzifikace zemědělství je díky zvyšující se populaci zapotřebí, ale bohužel se zvýšilo množství nežádoucích vedlejších produktů z použití hnojiv v zemědělství. Tato skutečnost znamená, že k vyprodukování jednoho kilogramu potravin je třeba dvakrát až třikrát více dusíkatých hnojiv, než tomu bylo dříve (Kotal a kol. 2017).

Eutrofizace, která je způsobena vysokou koncentrací dusíku a fosforu ve vodě, má mnoho negativních účinků na vodní nádrže. Eutrofizace vody vede k přemnožení sinic a řas. Eutrofizace dále zhoršuje organoleptické vlastnosti vody. Vodní květ, který je viditelný na první pohled je jasným ukazatelem eutrofizace vod. Může produkovat nežádoucí toxické látky. Metabolické produkty sinic cyanotoxiny, jsou toxické, a tudíž velmi nebezpečné nejen pro člověka (Kočí 2000). Sinice a řasy produkují další toxické sloučeniny fykotoxiny, které jsou velmi toxické pro ostatní organismy, řasy a sinice

tyto toxické látky vylučují, aby nedošlo ke kolonizaci vodního prostředí jiným organismem. (Vacek a kol. 2009). Výskyt těchto látek ve vodě je podpořen lidskou činností. Eutrofizace vody znemožňuje použití vody pro rekreaci, průmysl, zemědělství a samozřejmě ztěžuje nebo zcela znemožňuje úpravu vody pro pitné účely. Přemnožení sinic a řas, které spotřebovávají velké množství kyslíku, způsobuje úhyn vodních živočichů. Dalším negativem eutrofizace je, že pokud dojde k nedostatečnému odstranění metabolických produktů sinic a řas, tak při hygienickém zabezpečení vody dojde k tvorbě trihalogenmetanu, který je vedlejším produktem chlorace vody. Látky jsou toxické a mohou tak představovat zdravotní riziko. Sinicový květ ohrožuje i celou úpravu vody. Ve světě jsou zaznamenány případy, kdy musela být kvůli vysoké koncentraci sinic úpravna vody zavřena. Dalším rizikem je, že sinice zhoršují odstraňování jiných mikropolutantů například pesticidů z vody (Carpenter a kol. 1998).

Mezi další rizikové polutanty, které ohrožují kvalitu povrchových i podzemních vod patří dusičnany. Dusičnany se do vod dostávají hlavně kvůli intenzivní zemědělské činnosti z hnojiv a únikem z odpadních vod. Vyhláška 252/2004 Sb., připouští maximální obsah dusičnanů v pitné vodě 50 mg/l a 0,5 mg/l dusitanů, které vznikají redukcí dusičnanů. Problém s dusičnany v pitné vodě byl zaznamenán hlavně v zemědělských oblastech (viz Příloha č. 4). Hodnoty, které přesahují limity, byly naměřeny většinou v malých obcích, ve kterých žije do 1 000 obyvatel (SZÚ 2018).

Ochranu vod před kontaminací dusičnany zajišťuje směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Směrnice je u nás implementována do zákona č. 253/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Dále do nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu a do zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Největší riziko je v případě, že dojde na přeměnu dusičnanů na dusitany. Dusitany přerušují přenos kyslíku v krvi. Zdravotní riziko je největší pro kojence do tří měsíců, těhotné ženy a pro obyvatele s poruchami metabolismu (Kožíšek a kol. 2015).

8.4 Mikroplasty

Znečištění plasty je v poslední době často probíraným tématem. Plast začíná být problémem ve všech složkách životního prostředí. Problém plastů je, že se nerozkládají, ale pouze se degradují na menší částice tzv. mikroplasty. V médiích je téma mikropastů často zaměňováno s problémy s plastovým odpadem. Průnik plastů do oceánu působí velké problémy vodním živočichům. Stává se, že plast pozrou, a i touto cestou se mnou dostat do organismu člověka (Treibskorn a kol. 2019).

Jako mikroplasty označujeme syntetické polymery menší než 5 mm. Mikroplasty rozdělujeme na primární (přidatná látka například v kosmetických

produktech) a sekundární (vznikající rozkladem výrobků z plastů). Mikroplasty se nacházejí v arktickém ledu i v dešťové vodě. Obvykle je zdrojem nebo cestou mikroplastů do ekosystému prach z oděru pneumatik, odpadní vody z čistíren, větrná eroze. Do odpadních vod se tyto částice dostávají z kosmetiky při sprchování, při praní syntetického prádla apod. Plastové částice se nacházejí i v surové vodě). Mikroplasty mohou být pohlcovány biotou. Mají schopnost na sebe vázat škodlivé látky. I když jsou plasty inertní mohou na svém povrchu nést škodlivou látku (Triebkorn a kol. 2019). Zda jsou škodlivé pro lidský organismus nebylo dosud prokázáno. Do organismu člověka se mikroplasty mohou dostat buď požitím (vody, potravin) nebo při dýchání. Zdravotní rizika tak malého množství, které se ve vodě nachází, se ukazují jako velmi nízká. Je ale třeba provést intenzivní výzkum. Samozřejmě existují technologie, které umí velmi dobře odstranit mikroplasty ze surové vody. Jednou z nich je membránová filtrace. Membránové technologie se zdají být budoucností pro úpravu pitné vody. Podle Světové zdravotnické organizace není třeba zařadit mikroplasty mezi sledované ukazatele vody (Kožíšek a kol. 2019).

9. Nástroje na udržení kvality pitné vody

Dlouhodobá rizika je důležité sledovat, aby je bylo možné procesem vhodné úpravy minimalizovat. Ovšem existují i mimořádná rizika, před kterými je nutné rovněž vytvořit systém ochrany tak, aby nebyl vodárenský systém ohrožen. Taková rizika mohou být, stejně jako dlouhodobá, přírodního i antropogenního původu.

Jednoduchým nástrojem, který umožňuje ochranu vodárenského systému je jednak analýza rizik, a také důsledný monitoring vodárenského systému. Riziková analýza umožňuje nejen stanovení míry pravděpodobnosti výskytu mimořádné události, ale také i předpokládá míru škody, které tato událost může způsobit (Teichmann, Kuda 2018).

9.1 Monitoring

V České republice monitoring vody probíhá v celé distribuční síti až ke kohoutku spotřebitele. Kontrola vody podléhá víceúrovňovému procesu. V rámci monitoringu vody se kontrolují nejen chemické a fyzikální látky, ale také druhová skladba živých organismů, jak se tato skladba mění a jak se odchyluje od přirozeného stavu společenstva. Systém kontroly vody určuje, že odběry probíhají na stálých odběrových místech, ale také na náhodně vybraných místech. Zprávy o kvalitě pitné vody jsou vydávány každoročně od roku 1996. Do roku 2003 pouze na základě výsledků z 30–35 vybraných krajských a okresních měst. Monitoring kvality vody za celou Českou republiku je novým trendem od roku 2004 (SZÚ 2017).

Kvalita vody je sledována nepřetržitě během celého roku. O kvalitu pitné vody se na území Prahy starají Pražské vodovody a kanalizace. Výsledky monitoringu kvality pitné vody v pražské distribuční síti jsou spotřebiteli zpřístupněny na webových stránkách Pražských vodovodů a kanalizací (viz Příloha č. 1).

9.2 IS PiVo – registr kvality pitné a rekreační vody

Informační systém IS PiVo byl uveden v činnost v roce 2004. Jeho správcem je Ministerstvo zdravotnictví. Za pomoci tohoto nástroje, se sleduje kvalita vody na celém území České republiky. Systém slouží ke zpracování výstupů k posouzení kvality vody. A dále je navrženo řešení a náprava objevených nedostatků, aby byla zlepšena kvalita vody. Tímto způsobem se monitorují pitné i rekreační vody. Na základě údajů z tohoto registru, je každoročně zpracována zpráva o kvalitě vody.

Od roku 2004 jsou zdrojem dat pro monitoring rozborů, které zhotovují provozovatelé, podle podmínek v platné legislativě (četnost, rozsah monitoringu). Data musí provozovatel předat v elektronické podobě orgánu ochrany veřejného zdraví nebo sám vložit do systému IS PiVo (UZIS 2019).

9.3 Riziková analýza

Směrnice EU 98/83/ES udává minimální požadavky na jakost pitné vody, které si členské státy mohou rozšířit a zpřísnit. Činí tak většina členských států včetně České republiky. Je to vhodné legislativní opatření, které usnadní řešení problémů.

Riziková analýza byla v roce 2018 přidána do novely vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. Zavedením rizikové analýzy do procesu úpravy pitné vody byla dokončena novelizace legislativy týkající se pitné vody. Jedná se o preventivní nástroj zavedený Světovou zdravotnickou organizací, který má zajistit bezpečnou pitnou vodu. Je zde podrobně sepsán celý systém zásobování, jaké riziko může vzniknout a jaké kontroly je potřeba provádět pro udržení dobré kvality vody. Dále je zde vypracován plán, jak postupovat v případě havárie či závady (Pumann a kol. 2016).

Výběr vhodné metody pro rizikovou analýzu je daný místními podmínkami, charakterem vstupních dat, dostupností informací, dostupným SW či charakterem lidských zdrojů. Příkladem analýzy rizik náročné na kvalitní databázi vstupních dat je Analýza selhání a jejich dopadů (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis), která definuje možné poruchy a význam vlivu havárie na provoz. Dalším příkladem analytické metody je i SWOT analýza., která definuje faktory vnitřní (slabé a silné stránky provozu) a faktory vnější (příležitosti a hrozby). Toto hodnocení vodárenského systému, nebo jeho dílčí části pak umožňuje poukázat na problémy, které mohou nastat, samotná metoda však rizika neřeší (Teichmann, Kuda 2018).

10. Diskuze

Pokrok ve vodárenství, který má za úkol zajistit pro obyvatelstvo zdravotně nezávadnou pitnou vodu, je značný. Problém s udržení kvality vody je v obcích, které mají méně než pět tisíc obyvatel, a ještě obtížnější je udržení kvality v obcích, které mají počet obyvatel menší než tisíc. Těchto malých obcí je v České republice velké množství (Datel, Hrabánková 2016). V České republice je 6 258 obcí z toho 4 803 obcí, které mají méně než tisíc obyvatel a žije v nich 1 803 923 obyvatel (ČSÚ 2018).

Přesto, že stejné legislativní požadavky na kvalitu pitné vody platí pro malé i velké obce, mají malé obce na rozdíl od velkých vodárenských společností městských sídel časté potíže se zachováním standardu kvality pitné vody, a to díky kombinaci více faktorů (Datel, Hrabánková 2016). V malých obcích dochází k četnějšímu překračování limitů pro zachování kvality pitné vody. Mnoho venkovských oblastí je zásobováno vodou z místních zdrojů, kde kontrolní monitoring jakosti vody neprobíhá tak často, jak by bylo zapotřebí. Stává se, že je prováděn nedostatečně či neprofesionálním způsobem. I celková údržba vodovodní sítě na mnoha místech zaostává. Může tak dojít k ohrožení obyvatel (Kožíšek 2013). Problém vzniká i díky nedostatečnému právnímu ukotvení problematiky zásobování vodou malých obcí. Podle vodního zákona se ochranná pásma stanovují jen pro zdroje produkující více než 10 000 m³ za rok. Tedy vzniká nedostatečná ochrana menších zdrojů vody. Dále je problémem počet zásobovaných osob, čím menší je, tím více klesají nároky například na četnost rozborů vody a celkový monitoring. Mnohdy bývá problém i v nedostačující technologii úpravy vody a nedostatečně proškoleném personálu. Ani provozovatel často nemá odborné vzdělání. Dalším faktorem je ekonomická stránka věci. Malé obce nemají dostatek financí na zlepšení systému zásobování pitnou vodou a zároveň bohužel nedosáhnou na dotace. Ve finančních prostředcích je ve srovnání s velkými vodárenskými společnostmi markantní rozdíl. Obce nemají finanční prostředky na zlepšení situace a u dotačních programů jsou upřednostněny velké projekty a na menší obce, kde by byla finanční podpora skutečně potřeba je zapomenuto. Nabízí se otázka, jak situace vyřešit, aby byla kvalita vody zachována na celém území stejně. Pro celorepublikové zlepšení a udržení kvality pitné vody by bylo zapotřebí komplexní ochrany vodních zdrojů ve venkovských oblastech. Dále systematické pomoci menším oblastem, a to jak finanční, tak odborné například při zajištění vyškoleného personálu (Kožíšek 2013).

Malé obce nemají problém jen s udržení dostatečné kvality vody, ale také s nedostatkem pitné vody pro obyvatele v období extrémního sucha. Bývá problém s napojením obcí na veřejný vodovod, v tom případě jsou obyvatelé odkázáni na individuální zdroje (Datel a kol. 2016).

Ukazuje se, že antropogenní faktory ovlivňující kvalitu vody postihují i vodní nádrže. Například povodí vodní nádrže Švihov ovlivňují hlavně pesticidní látky z polí,

bodové znečištění díky osídlení a eutrofizace vod. Problém s pesticidy je zde kvůli zemědělské činnosti v povodí vodárny. Intenzifikace zemědělství s sebou nese velká rizika pro kvalitu vody. Nejvíce pesticidů se do vody dostane hlavně v období, kdy dochází k velkému splachu vody z polí. Hlavně byly v povodí naměřeny terbuthylazin, acetochlor, metazachlor a metolachlor (Liška a kol. 2016). Vodní nádrž Klíčava se nenachází na rozdíl od vodní nádrže Švihov v intenzivně zemědělské oblasti, ale spíše v lesnatém prostředí. I přesto zde byly pesticidní látky naměřeny. To poukazuje na skutečnost, že stačí malé množství pesticidních látek na to, aby se dostaly do vodních zdrojů. Dokonce zde byl detekován Antrazin, který byl zakázán v roce 2005 (Liška a kol. 2013). Díky osídlení povodí se do odpadních vod dostávají léčiva a další chemikálie. Nedostatečným čištěním se mohou dostat i do zdrojů vody. Všechny kontaminanty vytváří směs a mohou vzájemně působit. Může docházet k tzv. koktejlovému efektu. Účinky tohoto působení zatím nejsou prozkoumány (Liška a kol. 2016).

11. Závěr

Kvalita vody v České republice v naprosté většině odpovídá limitům a hygienickým požadavkům. Hodnoty kvality vody odpovídají legislativním normám a jejich hodnoty se mění pouze nepatrně v průběhu roku (viz Příloha č. 1). Tím pádem můžeme říci, že jsou tak zcela zachovány nároky na kvalitu vody a její kontrola je dobře prováděna. Celý proces úpravy vody a cesta vody ke spotřebiteli, jsou kontrolovány dle legislativních standardů i nadnárodně Evropskou unií. Problém nastává až v malých obcích, kde často dochází ke zhoršení kvality vody.

Znečištění vody je způsobeno hlavně zemědělstvím, průmyslem, odpadními vodami z měst a obcí a dalšími polutanty, které degradují kvalitu vody. Dále je často diskutován problém vlivu tzv. koktejlového efektu potencionálně toxických látek; pesticidních látek a léčiv na populaci, který se může v budoucnu projevit. Dalšími faktory, které ovlivňují kvalitu vody, jsou sucho a problémy s hospodařením s vodou. Co se týče zemědělství řešením by mohlo být přesunutí pěstování plodin do oblastí, kde není potřeba tak velkých závlah. Je žádoucí zajistit přísnou ochranu vodních zdrojů a snížit chemizaci polí v oblastech ochranných pásem.

K zajištění správné kvality vody je třeba využívat nové technologie a nástroje z více oborů. Proces úpravy vody by měl být neustále aktualizován s nově přichozími hrozbami. Zlepšení situace může přinést riziková analýza. Riziková analýza má zlepšit celý systém zásobování a včas identifikovat a řešit vzniklé hrozby. S vodou by se mělo lépe hospodařit, racionálně využívat stávající vodní zdroje a neplýtvat s draze upravenou pitnou vodou, protože potřeba vody s růstem populace stále stoupá. Je nutné se připravit na budoucnost, kdy bude vody stále větší nedostatek.

12. Přehled literatury a použitých zdrojů

Ansorge L., 2016: Scénáře budoucích potřeb vody v sektoru veřejných vodovodů Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (online). [cit. 20.02.2019]. Dostupné z: <<https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2015/08/5542-VTEI-cislo-3-16.pdf>>.

Babíková J., Fialová T. 2015: Také díky monitoringu vodovodní sítě se ztráty v Praze snížily ze 45 na 17 procent, O vodárenství. cz [online]. [cit. 25.02.2019] Dostupné z: <<http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/take-diky-monitoringu-vodovodni-site-se-ztraty-v-praze-snizily-ze-45-na-17-procent>>.

Baudišová D., Mlejnková H., 2017: Mikrobiální znečištění povrchových vod. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2017, roč. 59, č. 6, str. 12–16. ISSN 0322-8916.

Biela R., Šopíková L. 2013: Netradiční metody dezinfekce pitné vody, TZB-info, (online) [cit.2019.8.3] dostupné z:<<https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9769-netradicni-metody-dezinfekce-pitne-vody>>.

Biela R., 2014: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí: Filtrace s drenážním systémem Triton a její použití při úpravě vody v ČR, (online) [cit.2019.8.3] dostupné z:<<https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/11080-filtrace-s-drenaznim-systemem-triton-a-jeji-pouziti-pri-uprave-vody-v-cr>>.

Bindzar J. a kol., 2009: Základy úpravy a čištění vod, VŠCHT, Praha.

Boslaugh S., Sage Publications., 2008: Encyclopedia of Epidemiology.: SAGE Publications., Los Angeles.

Boulos, P., Schade, T., Baxter, C.W., 2008: Locating Leaks in Water Distribution Systems Using Network Modeling. Journal of Water Management Modeling R228-21. 351-362.

Brázdil, R., Trnka, M. a kolektiv, 2015: Historie počasí a podnebí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i., Brno, 402 s. ISBN 978-80-87902-11-0

Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correl, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., Smith, V. H., 1998: Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8(3): 559-568.

Chen, D. H., 2017: Sustainable water management and technologies. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Cheremisnoff, N. P., 2002: Handbook of water and wastewater treatment technologies. Amsterdam: Elsevier.

Černoch V. 2017: Sucho, nás bude trápit čím dál víc, A / Věda a výzkum. Magazín AV ČR. s. 14-24. Praha: 2/2017.

ČSÚ, 2018: Malý lexikon obcí České republiky - 2018 ČSÚ. Český statistický úřad [online] [cit. 20.01.2020]. Dostupné z: <<https://www.czso.cz/csu/czso/maly-lexikon-obci-ceske-republiky-2018>>.

ČHMÚ 2017: Hydrologie, Hydrologická ročenka České republiky 2017 [online]. [cit. 29.5.2019]. Dostupné z: <<http://voda.chmi.cz/hr17/pdf/kap3.pdf>>.

ČHMÚ, 2019: Aktuální situace: Hydrologická situace: Stav podzemních vod. *Portál ČHMÚ*: [online] [cit. 20.01.2020]. Dostupné z: <<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/hydrologicka-situace/stav-podzemnich-vod>>.

Datel J.V., Hrabánková A., Pištora Z. 2016: Riziko sucha a nouzové zásobování v malých vodárenských systémech. (online) [cit.12.03.2019] dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/14241-riziko-sucha-a-nouzove-zasobovani-v-malych-vodarenskych-systemech>>.

Datel J.V., Hrabánková A., 2016: Specifika místních vodních zdrojů při zásobování obyvatelstva pitnou vodou, VTEI/2016/3.

Dolejš P, Kalousová N., Nogová Z., 2017: Využití membránových procesů při úpravě pitné vody, W&ET Team, Sborník Voda Zlín 2017.

Dolejš P., 2016.: Role adsorpce na aktivním uhlí v současném vodárenství. Sborník konference Pitná voda, s. 97-104. W&ET Team, Č. Budějovice 2016.

Dolejš P., Dobiáš P. 2017: Navrhování rekonstrukcí úpraven pitné vody – co musíme ve 21. století změnit?. Sborník XXI konference „Nové trendy v čistírenství a vodárenství“, s. 33 – 38. ENVI-PUR, s.r.o., Soběslav.

Drbohlav J, Jankovský J. 2002: Vývoj potřeby vody v Praze Hydroprojekt cz a.s., Sborník Voda Zlín 2002.

Finfrlová P., Loskot P., 2009: Hrozba nedostatku vody pro zásobování obyvatel je reálná, SOVAK 10/2009.

Grünvald A. 1997: Zdravotně inženýrské stavby 40: Úprava vody. Praha: České vysoké učení technické.

Hasík, O., 2009: Stavby vodovodů a kanalizací 2. upr. vyd., Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava.

Havel P., 2017: Pesticidy ve vodě – léty tutlaný, ale známý problém – Naše voda. Naše voda [online]. [cit. 26.02.2019]. Dostupné z: <<https://www.nase-voda.cz/pesticidy-ve-vode-lety-tutlany-ale-znamy-problem/>>.

Hendricks, D.W., 2011: Fundamentals of water treatment unit processes: physical, chemical, and biological, Boca Raton: CRC Press.

Hildebrant, A., Guillamon, M., Lacorte, S., Tauler, R., Barcelo, D., 2008: Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain). *Water Research* 42: 3315-3326.

Horáček, Z. 2013: *Vodní zákon. Sondy*. Praha.

Hrkal Z., 2016, Výzkumný ústav vodohospodářský TGM: Řízená umělá infiltrace jako nástroj proti suchu i povodním – její perspektivy v ČR, *tzbinfo* (online) [cit.2019.2.16] dostupné z:<<https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/14163-rizena-umela-infiltrace-jako-nastroj-proti-suchu-i-povodnim-jej-perspektivy-v-cr>>.

Janda V., Strnadová, J., 1982: Vliv chloraminace a předozonizace na tvorbu chloroformu při úpravě huminových vod. *Vod. hosp.* B32.

Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B. 2000: Eutrofizace na přelomu tisíciletí. *Eutrofizace 2000*, 10.10.2000, Praha, str. 3-13.

Kotal, F.; Vavrouš, A.; Moulisová, A. a kol. 2017: Výsledky první etapy národního monitorování pesticidů a jejich metabolitů v pitné vodě v České republice. In: Sýkora, V. a Kujalová, H. (eds.) *Sborník 7. konference HYDROANALYTIKA 2017* (Hradec Králové, 12.–13. 9. 2017). Vydal CSlab s.r.o., Praha 2017. Str. 69–76. 34. Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2016. SZÚ Praha.

Kožíšek F., 2005: Pitná voda a práva spotřebitele, *TEST* č. 3/2005, SZÚ [online]. [cit. 25.02.2019].

Dostupné z: <<http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/dtest01.pdf>>

Kožíšek F., Kos J. A Pumann P. 2007: Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství: učební pomůcka pro získání znalostí nutných k ochraně veřejného zdraví z hlediska prevence nemocí způsobených vodou. Praha: Sovak, 2007.

Kožíšek F., 2008: „Státní zdravotní ústav.“ *Témata zdraví a bezpečnosti* (online).[cit. 14.09.2018.], dostupné

z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/biologicka_hodnota_vody.pdf>.

Kožíšek F, Paul J, Datel J.V., 2013: Zajištění kvality pitné vody při zásobování obyvatelstva malými vodárenskými systémy, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.

Kožíšek a kol. 2014: Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu pro hodnocení relevantnosti metabolitů pesticidů v pitné vodě. SZÚ, Praha 2014. (online) [cit.19.01.2019] Dostupné z: <www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/metodicke-doporuceni-pro-hodnoceni-relevantnosti-metabolitu>.

Kožíšek F., 2015: Jak by měli hygienici přistupovat k návrhům na využití vyčištěných odpadních vod. In: Benáková A., Johanidesová I., Wanner J. (eds). Sborník přednášek a posterových sdělení z 11. Bienální konference a výstavy VODA 2015; str. 9-16. Tribun EU, Brno 2015. (sborník příspěvků z 11. bienální konference a výstavy VODA 2015, konané v Poděbradech, 16.-18.9.2015).

Kožíšek F., Weyessa Gari D., Puklová V., 2015: Státní zdravotní ústav Praha, Expozice obyvatel chemickým látkám z pitné vody, SZÚ [online]. [cit. 21.03.2020].

Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Inform_list_exp_voda_2013.pdf>

Kožíšek F., Kazmarová H. 2019: Mikroplasty v životním prostředí a zdraví — Vodní hospodářství. *Vodní hospodářství* [online]. [cit. 16.03.2020]. Dostupné z: <<http://vodnihospodarstvi.cz/mikroplasty-v-zivotnim-prostredi-a%E2%80%AFzdravi/>>

Král P., 2010: Provozní zkušenosti s odstraňováním triazinových herbicidů na GAU. Sborník konference Pitná voda 2010, s.169-174. W&ET Team, Č. Budějovice 2010.

Kučera T., 2012: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, (online) [cit. 01. 11. 2019.] Dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8568-mozna-rizika-plynouci-z-dezinfekce-pitne-vody>>.

Kučera T., 2013: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Brno.

Kult A., 2010: Tekoucí (povrchová) voda. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha.

Liška M., Forejt K., Koželuh M., Soukupová K., Tajč V. 2013: Problematika výskytu pesticidů v povodích vodárenských zdrojů, Vodní nádrže 2013: 25.-26. září 2013, Brno, Česká republika. KOSOUR, Dušan, ed. Brno: Povodí Moravy, s.p., 2013. Water reservoirs 2013: September 25.-26., 2013, Brno, Czech Republic. KOSOUR, Dušan, ed. Brno: Povodí Moravy, s.p., 2013.

Liška M., Soukupová K., Dobiáš J., Metelková A., Goldbach J., Kvítek T., 2016: VTEI / Aplikovaná ekologie /, Jakost vody ve vodárenské nádrži Švihov na Želivce a jejím povodí se zaměřením na specifické organické látky.

Moulisová A. a kolektiv. Pesticidy a jejich metabolity v pitné vodě — Vodní hospodářství. *Vodní hospodářství* (online). [cit. 25.02.2019]. Dostupné z: <<http://vodnihospodarstvi.cz/pesticidy-a%E2%80%AFjejich-metabolity-pitne-vode/>>.

Nitasha Khatri & Sanjiv Tyagi (2015) Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas, *Frontiers in Life Science*, 8:1, 23-39, DOI: 10.1080/21553769.2014.933716.

Novák J. A kolektiv autorů, 2003: Příručka provozovatele vodovodní sítě, Medim, spol. s.r.o., Praha.

Pitter P., 1983: *Laboratorní metody v technologii vody: Nakladatelství techn. lit.*, Praha.

Pitter P., 2015: *Hydrochemie*, Vysoká škola chemicko-technologická, Praha.

Pumann P., Sládečková A. 2008: Využití hydrobiologického auditu v plánech pro zajištění bezpečnosti pitné vody. *Sborník konference Pitná voda 2008*, s. 379-386. W&ET Team, Č. Budějovice.

Pumann P., Kožíšek F., Jeligová H. 2016: Aktuální přehled rizikové analýzy resp. plánů pro zajištění bezpečného zásobování vodou: obsah, výhody zavedení, odborná podpora a rozšíření. *Sborník konference Pitná voda 2016*, s. 131 - 138 . W&ET Team, Č. Budějovice.

PVK 2018: Aktuální kvalita vody – Pražské vodovody a kanalizace, a.s. Pražské vodovody a kanalizace, a.s. - Pražské vodovody a kanalizace, a.s. [online]. [cit. 26.01.2019] Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/-kvalita-vody/aktualni-kvalita-vody/>.

PVK 2018: Pražské vodovody a kanalizace. (Online) [cit. 20. 08 2018] dostupné z: <<https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/-kvalita-vody/aktualni-kvalita-vody>>.

Quevauviller P. a Kenneth C. T., 2006: *Analytical methods for drinking water*. Chichester: Wiley.

Říhová Ambrožová J., Hubáčková J., Čiháková I., Říha J. 2010: Minimalizace rizik při provozu akumulací s pitnou vodou. *Sborník konference Pitná voda 2010*, s. 253-258. W&ET Team, Č. Budějovice.

Skalický M., 2015: Umělá infiltrace lokality Káraný jako nástroj řešení nedostatku podzemní vody pro vodárenské využití, SOVAK (online) [cit.2019.7.10] dostupné z: <<https://www.sovak.cz/sites/default/files/6Pomf7vyfSRTW75s9/Sovak0615.pdf>>.

SZÚ, Kolektiv pracovníků. 2017: Státní zdravotní ústav. (online) [cit. 17. 10. 2019], dostupné z: <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/monitoring-pitne-vody>>.

SZÚ, 2018: Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2017. SZÚ Praha, 2018.

Teichmann M., Kuda, F., 2018: *Hodnocení a obnova vodárenských sítí*. Professional Publishing, Příbram. 136 s.

Triebkorn R. at all., 2019: Relevance of nano- and microplastics for freshwater ecosystems: A critical review, TrAC Trends in Analytical Chemistry Volume 110, January 2019, Pages 375-392.

UZIS 2019: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. (online) [cit. 01. 11. 2019] dostupné z: <https://www.cz/dalsi-registry-hygienicke-sluzby#pivo>.

Vacek J., Šnóblová M., Klejdus B., 2009: Stručný úvod do problematiky obsahových látek řas a sinic – důkazy o výskytu fenolických metabolitů, Univerzita Palackého v Olomouci, Lékařská fakulta, Ústav lékařské chemie a biochemie 2 Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav chemie a biochemie.

Vostrčil J., Hubáčková J.a Štamberová M., 2005: Jakost surových vod a jejich upravitelnost ve vodárnách ČR.: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka,. Praha.

Vlasák O. 2019: SOVAK ČR: Novela zákona o ochraně ovzduší je významná i pro vodohospodáře – Naše voda. Naše voda [online]. [cit. 25.02.2020]. Dostupné z: <<https://www.nase-voda.cz/novela-zakona-ochrane-ovzdusi-je-vyznamna-pro-vodohospodare/>>.

Vlasák O. 2009: SOVAK ČR k aktuálním údajům z vodního hospodářství [online] [cit. 20.01.2020]. Dostupné z: <<https://www.sovak.cz/cs/clanek/sovak-cr-k-aktualnim-udajum-z-vodniho-hospodarstvi>>.

Wanner J., Hánová K., Hála R., Janda V. 2017: Sucho a jeho dopady na provoz úpraven vody a čistíren odpadních vod. Konference Voda 2017, Poděbrady. www.czwa.cz/voda2017/prispevky/01.pdf (26. 9. 2019).

Žáček L., 1981: Chemické a technologické procesy úpravy vody. Nakladatelství techn. lit.,Praha.

Žáček L., 1988.: Příručka pro kontrolu a řízení provozu úpraven vody.: Nakladatelství techn. lit., Praha.

Legislativní zdroje:

Zákon č. 254/2001 Sb. zákon o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění.

Zákon č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících předpisů, v platném znění.

Zákon č. 274/2003 Sb. zákon, kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví.

Zákon č.274/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 183/2006 Sb. Stavební zákon

Zákon č. 500/2004 Sb. Správní řád.

Vyhláška ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích.

Vyhláška ministerstva zemědělství č. 20/2002 o způsobu a četnosti měření jakosti vody.

Vyhláška ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.

Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 35/2004 Sb., kterou se stanoví náležitosti, forma elektronické podoby a datové rozhraní protokolu o kontrole jakosti pitné vody a vody koupališť, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění pozdějších předpisů.

13. Seznam tabulek

TABULKA 1 HODNOTY PRO URČOVÁNÍ PARAMETRŮ PITNÉ VODY	15
TABULKA 2 UKAZATELE MNOŽSTVÍ LÁTEK V POVRCHOVÝCH VODÁCH	19
TABULKA 3 ROZDĚLENÍ VODNÍCH ZDROJŮ PODLE MOŽNOSTI JEJICH ÚPRAVY	22

14. Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 KLASIFIKACE RIZIK VE VODÁRENSKÉM SYSTÉMU UPRAVENO DLE (TEICHMANN, KUDA 2018)....	29
--	----

15. Seznam příloh

Příloha 1: Přehled naměřených hodnot jednotlivých ukazatelů v průběhu roku 2018

Příloha 2: Stavy hladin podzemních vod

Příloha 3: Mapa zobrazující pesticidy v podzemních vodách

Příloha 4: Mapa zobrazující amonné ionty, dusitany a dusičnany v podzemních vodách

16. Přílohy

Příloha 1 Přehled naměřených hodnot jednotlivých ukazatelů v průběhu roku 2018 (PVK 2018)

A. Mikrobiologické ukazatele

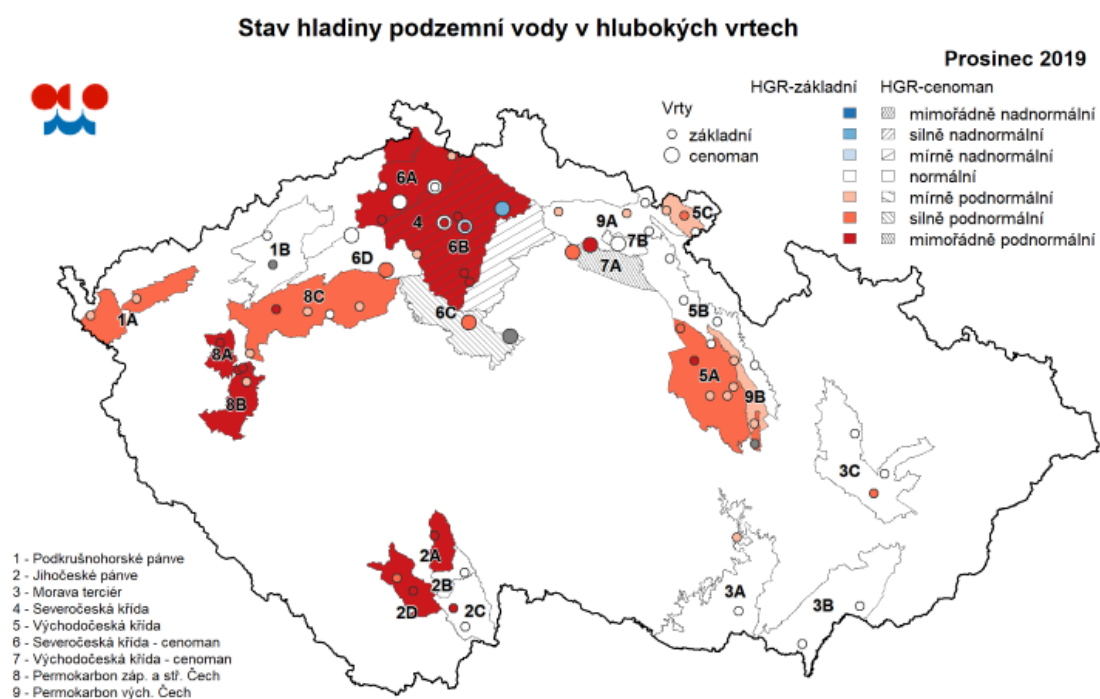
č.	ukazatel	jednotka	PRŮMĚRNÁ STANOVENÁ HODNOTA BŘEZEN AŽ ZÁŘÍ							limit	TYP LIMITU
			3	4	5	6	7	8	9		
1	<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	MH
2	intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	NMH
3	<i>Escherichia coli</i>	KTJ (MPN)/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	NMH
4	koliformní bakterie	KTJ (MPN)/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	MH
5	mikroskopický obraz – abioseston	%	1	2	1	1	1	2	2	10	MH
6	mikroskopický obraz - počet organismů	jedinci/ml	0	0	0	0	0	0	0	50	MH
7	mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	MH
8	počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	12	13	15	12	17	25	21	200	MH
9	počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	2	6	6	4	7	2	13	40	DH
10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/250 ml	-	-	-	-	-	-	-	0	NMH

B. Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

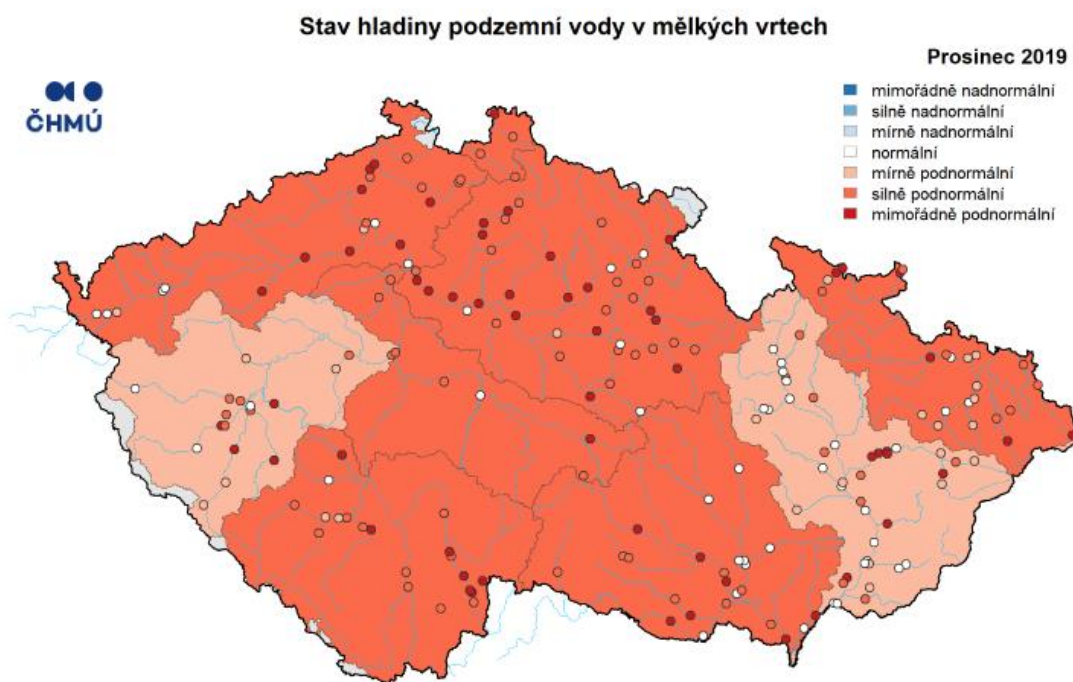
				PRŮMĚRNÁ STANOVENÁ HODNOTA								
				BŘEZEN AŽ ZÁŘÍ								
č.	ukazatel	zkratka	jednotka	3	4	5	6	7	8	9	limit	typ limitu
11	1,2-dichlorethan		µg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	3	NMH
12	akrylamid		µg/l	-	-	-	-	-	-	-	0,1	NMH
13	amonné ionty	NH ₄ ⁺	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,5	MH
14	antimon	Sb	µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	5	NMH
15	arsen	As	µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	10	NMH
16	barva		mg/l Pt	2	2	2	2	2	2	2	20	MH
17	benzen		µg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1	NMH
18	benzo[a]pyren	BaP	µg/l	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,01	NMH
19	beryllium	Be	µg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	2	NMH
20	bor	B	mg/l	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	1	NMH
21	bromičnany	BrO ₃ ⁻	µg/l	0,6	0,6	1,2	0,7	1,1	0,7	0,9	10	NMH
22	celkový organický uhlík	TOC	mg/l	2,51	2,42	2,43	2,3	2,24	2,38	2,34	5	MH
23	dusičnany	NO ₃ ⁻	mg/l	20,3	20,6	20,4	20,4	20,1	18,8	20	50	NMH
24	dusitany	NO ₂ ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5	NMH
25	epichlorhydrin		µg/l	-	-	-	-	-	-	-	0,1	NMH
26	fluoridy	F ⁻	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5	NMH
27	hliník	Al	mg/l	0,024	0,025	0,029	0,029	0,03	0,028	0,028	0,2	MH
28	hořčík	Mg	mg/l	7	7,4		6,8	6,7	7,2	7,2	20-30	DH
29	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	CHSK -Mn	mg/l	1,08	0,91	0,97	0,99	1,01	1	0,95	3	MH
30	chlor volný	Cl ₂	mg/l	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,3	MH
31	chlorečnany	ClO ₃ ⁻	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	200	NMH
32	chlorethen (vinylchlorid)		µg/l	-	-	-	-	-	-	-	0,5	NMH
33	chloridy	Cl ⁻	mg/l	22,7	23,5	22,7	22,2	22	22,4	23,9	100	MH
34	chloritany	ClO ₂ ⁻	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	200	NMH
35	chrom	Cr	µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0005	50	NMH
36	chuť			2	2	2	2	2	2	2	2	MH

37	kadmium	Cd	µg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	5	NMH
38	konduktivita	k	mS/m	36,5	39,4	36,8	37,2	36,1	35,8	39,2	125	MH	
39	kyanidy celkové	CN ⁻	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,05	NMH
40	mangan	Mn	mg/l	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,05	MH
41	měď	Cu	µg/l	5	0,004	0,003	0,004	0,005	0,036	0,004	1000	NMH	
42	microcystin-LR		µg/l	-	-	-	-	-	-	-	1	NMH	
43	nikl	Ni	µg/l	0,001	0,0011	0,0008	0,001	0,001	0,0009	0,0011	20	NMH	
44	olovo	Pb	µg/l	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	10	NMH	
45	ozon	O ₃	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	50	NMH	
46	pach			2	2	2	2	2	2	2	2	MH	
47	pesticidní látky	PL	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	0,1	NMH	
48	pesticidní látky celkem	PLC	ng/l	26,271	16,31	18,675	25,606	18,478	20,579	22,545	500	NMH	
49	PH	pH		7,67	7,65	7,72	7,69	7,72	7,71	7,63	6,5-9,5	MH	
50	polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	0,1	NMH	
51	rtuť	Hg	µg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1	NMH	
52	selen	Se	Hg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	10	NMH	
53	sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	49,1	55,1	50,6	47,9	45,2	45,4	51,1	250	MH	
54	sodík	Na	mg/l	12	12,9	12,4	12,6	12,4	13,4	12,6	200	MH	
55	stříbro	Ag	µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	25	NMH	
56	teplota		°C	6,9	9,5	13	14,6	15,9	16,5	16	8.XII	DH	
57	tetrachlorethen	PCE	µg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	10	NMH	
58	trihalomethany	THM	µg/l	14,395	14,767	14,503	15,223	15,445	15,206	16,825	100	NMH	
59	trichlorethen	TCE	µg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	10	NMH	
60	trichlormethan (chloroform)		µg/l	7,3	7	7,4	7,7	7,9	7,1	8	30	NMH	
61	uran	U	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	15	NMH	
62	vápník	Ca	mg/l	36,3	49,9	40,7	40	37	42,9	48	40-80	DH	
63	vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol/l	1,19	1,55	1,3	1,27	1,2	1,37	1,49	2-3,5	DH	
64	zákal		ZF (n)	0,31	0,3	0,31	0,32	0,3	0,29	0,3	5	MH	
65	železo	Fe	mg/l	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,07	0,2	MH	

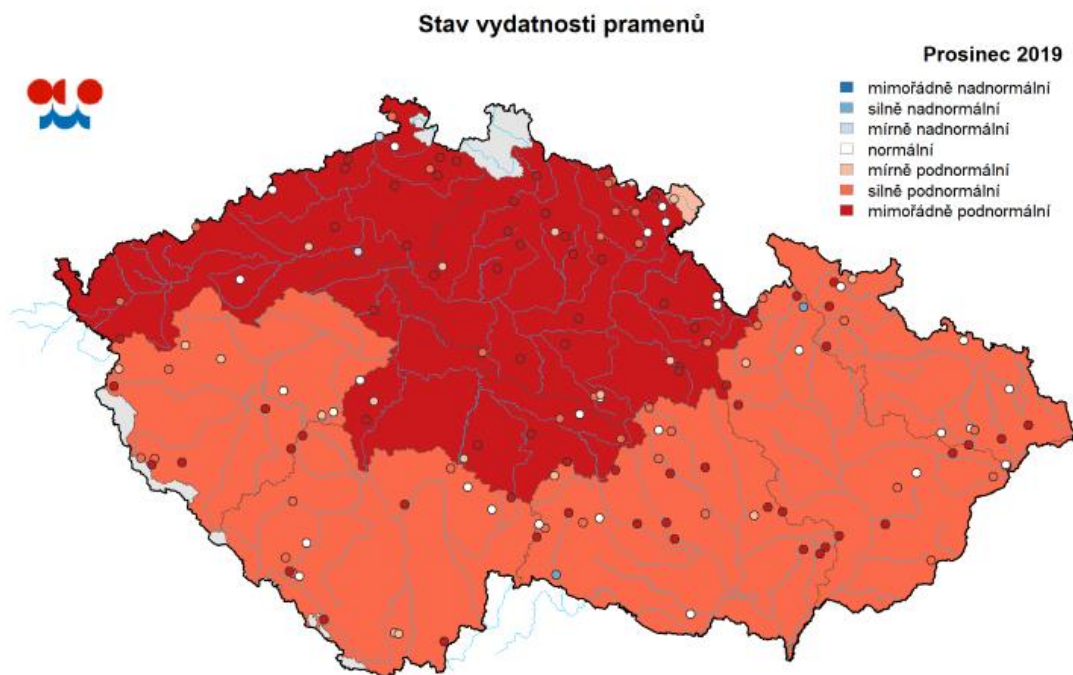
Příloha 2: Stav hladin podzemních vod



Obrázek 2 Stav hladiny podzemních vod v hlubokých vrtech v prosinci 2019 (ČHMÚ 2019)

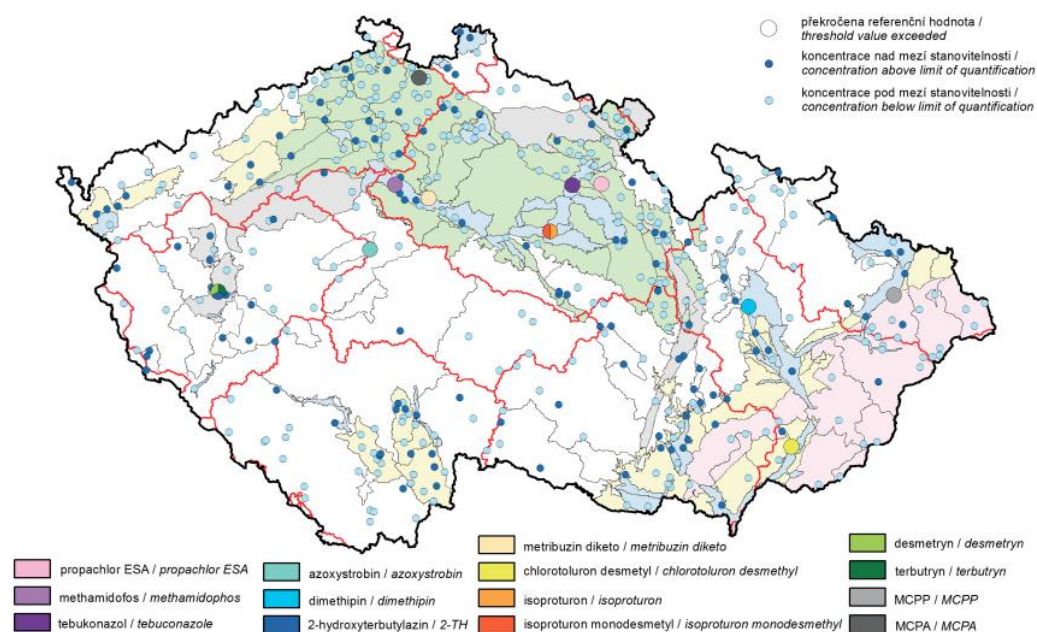


Obrázek 3 Stav hladiny podzemních vod v mělkých vrtech v prosinci 2019 (ČHMÚ 2019)



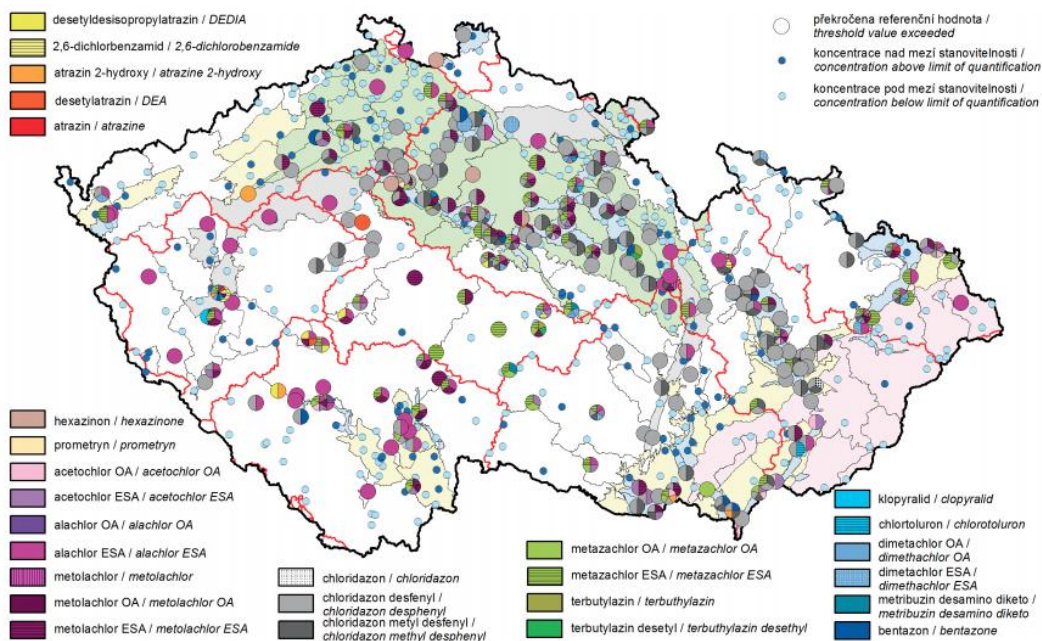
Obrázek 4 Stav vydatnosti pramenů v prosinci 2019 (ČHMÚ 2019)

Příloha 3: Mapa zobrazující pesticidy v podzemních vodách



Mapa III.10 Pesticidy v podzemních vodách v roce 2017 (látky, které překročily referenční hodnotu pouze v 1 objektu monitorovací sítě).
Map III.10 Pesticides in groundwaters in 2017 (substances exceeding groundwater quality standard just in 1 monitoring object).

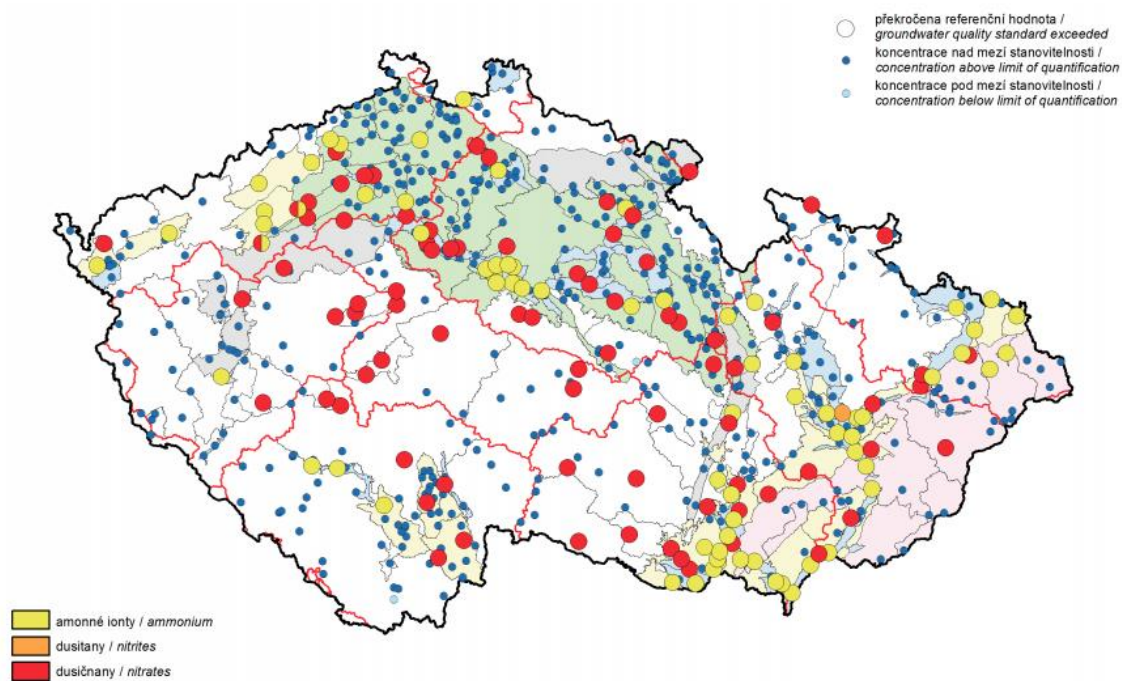
Obrázek 5 Pesticidy v podzemních vodách v roce 2017 (ČHMÚ 2017)



Mapa III.11 Pesticidy v podzemních vodách v roce 2017 (látky, které překročily referenční hodnotu ve 2 a více objektech monitorovací sítě).
Map III.11 Pesticides in groundwaters in 2017 (substances exceeding groundwater quality standard in 2 or more monitoring objects).

Obrázek 6 Pesticidy v podzemních vodách v roce 2017 (ČHMÚ 2017)

Příloha 4: Mapa zobrazující amonné ionty, dusitany a dusičnany v podzemních vodách



Obrázek 7 Amonné ionty, dusitany a dusičnany v podzemních vodách v roce 2017 (ČHMÚ 2017)