

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**Fakulta životního
prostředí**

MALÉ ÚPRAVNY VODY

Bakalářská práce

Filip Rath

Vodní hospodářství

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

© 2024, ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Filip Rath

Vodní hospodářství

Název práce

Malé úpravny vody

Název anglicky

Small water treatment plants

Cíle práce

Jedná se o práci rešeršního typu. Cílem práce je popsat problematiku úpravy vody na vodu pitnou obecně. V praktické části se zaměří na konkrétní typy malých úprav vody.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Výsledné zhodnocení
5. Závěr a přínos práce
6. Použité zdroje
7. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran textu a výkresové přílohy

Klíčová slova

úpravna vody, pitná voda, filtrace

Doporučené zdroje informací

GRÜNWARD, Alexander: Zdravotně inženýrské stavby 40, Úprava vody. Vydavatelství ČVUT, 1997, ISBN 80-0101658-7

CHEREMISINOFF, Nicholas P.: Handbook of water and wastewater treatment technologies. Amsterdam: Elsevier, ©2002. xii, 636 s. ISBN 978-0-7506-7498-0

JUUTI, Petri S., Tapio S. KATKO a Heikki S. VUORINEN. Environmental history of water – global views on community water supply and sanitation. 1st pub. London: IWA, 2007. xi, 627 s. ISBN 978-1-84339-110-4.

PITTER, Pavel; VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

SLAVÍČKOVÁ, Kateřina; SLAVÍČEK, Marek; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Vodní hospodářství obcí 1 : úprava a čištění vody*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05390-4.

ŽÁČEK, Ladislav. *Technologie úpravy vody*. Brno: VUTIUM, 1998. ISBN 80-214-1257-7.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2024

Čestné prohlášení

*Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma: „**Malé úpravny vody**“ vypracoval/a samostatně a citoval/a jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil/a které jsem rovněž uvedl/a na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.*

Jsem si vědom/a, že na moji bakalářskou/závěrečnou 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 vědom/a, že odevzdáním bakalářské/závěrečné 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 28.3.

.....
Filip Rath

Poděkování

Dovolte mi rovněž poděkovat Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za odborné vedení práce, poskytnuté materiály a za její čas věnovaný konzultacím.

Velmi si její podpory vážím.

Filip Rath

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku malých úpraven vody, proč jsou pro nás užitečné a na vodu obecně.

Voda je omezený zdroj a voda, která je pitná, na planetě stále ubývá, ale lidé přibývají a města se rozrůstají. Narůstajícím množstvím obyvatel a jejich každodenní činností často dochází ke znečišťování již tak vzácné vody. Také dochází ke změně klimatu a narůstají teplotní výkyvy, které celou situaci rozhodně nezlepšují. Právě proto člověk čelí stále větším výzvám při úpravě vody a musí přicházet se stále novými způsoby, jak dosáhnout požadovaných výsledků. Jedním z mnoha řešení, které člověk vymyslel, jsou malé úpravny vody. Tyto úpravny pokrývají ta místa, kde velké úpravny vody jsou např. zbytečně velké a nevyplátí se finančně, ale i v jiných případech.

Teoretická část této práce začíná od historie, přes malé úpravny vody a čím vším mohou disponovat, jak fungují, jejich výhody, nevýhody až k budoucnosti těchto úpraven. Dále se věnuje problematice „není pitná voda, jako pitná voda“ a rozdílům v pitné vodě.

Klíčová slova: úpravna vody, pitná voda, filtrace.

Abstract

This bachelor's thesis focuses on the issue of small water treatment plants, why they are useful for us, and on water in general.

Water is a limited resource, and the amount of potable water on the planet is continually decreasing, while the population and cities are growing. The increasing number of inhabitants and their daily activities often lead to the pollution of already scarce water resources. Additionally, climate change and increasing temperature fluctuations definitely do not improve the situation. Therefore, humans are facing ever-greater challenges in water treatment and must come up with new ways to achieve the desired results. One of the many solutions invented by humans are small water treatment plants. These facilities cover areas where large water treatment plants are, for example, unnecessarily large and not financially viable, among other cases.

The theoretical part of this work deals with the history, through small water treatment facilities and what they can offer, how they function to their advantages, disadvantages, and the future of these treatments. It also slightly addresses the issue of "non-potable water is not the same as potable water" and the differences in drinking water.

Key words: water treatment plants, drinking water, filtration.

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíl práce	12
3. Teoretická část.....	13
3.1. Historie úpravy vody a malých úprav vody	13
3.1.1. Voda v antice, odkaz Evropy.....	13
3.1.2. Středověk	16
3.1.3. První úpravny vody	16
3.1.4. Zásobování vodou	17
3.2. Normy a legislativa.....	18
3.3. Doporučené limity pitné vody.....	18
3.4. Co jsou malé úpravny vody	19
3.5. Jakost vody	20
3.5.1. Jakost povrchových vod	20
3.5.2. Jakost podzemních vod.....	21
3.6. Balená a kohoutková voda.....	21
3.6.1. Balená voda	21
3.6.2. Balená přírodní minerální voda	22
3.6.3. Balená pramenitá voda	22
3.6.4. Balená kojenecká voda.....	23
3.6.5. Balená pitná voda	23
3.6.6. Je balená voda kvalitnější než voda z kohoutku?.....	23
3.6.7. Nevhodné skladování balené vody.....	24
3.6.8. Místa nevhodné pro skladování balené vody.....	24
3.6.9. Doporučená skladování balené vody.....	24
3.7. Mikroplasty.....	25
3.8. Jak malé úpravny vody fungují.....	27
3.8.1. Snížený a zvýšený obsah vápníku a hořčíku - „tvrdost“ vody	27
3.8.2. Odstranění železa a manganu	28
3.8.3. Odstraňování dusičnanů a ostatních forem dusíku	28
3.8.4. Odkyselování	29
3.8.5. Odstraňování radioaktivních látek.....	30
3.8.6. Odstraňování organických látek.....	30
3.8.7. Dechlorace.....	31

3.8.8.	Deionizace a demineralizace	31
3.9.	Filtrační materiály.....	31
3.9.1.	Křemičitý písek (vodárenský písek).....	32
3.9.2.	Dolomitický vápenec a polovypálený dolomit.....	32
3.9.3.	Aktivované filtrační náplně	33
3.9.4.	Iontoměničové náplně	34
3.10.	Typy filtrů	34
3.10.1.	Diskové filtry.....	35
3.10.2.	Membránové filtry.....	36
3.10.3.	Charakteristika membránových procesů	36
3.10.4.	Tlaková filtrace.....	38
3.11.	Dávkování chemikálií	38
3.11.1.	Běžně používané a dávkované chemikálie	38
3.11.2.	Dávkovací čerpadla	39
3.11.3.	Ruční dávkování.....	40
3.12.	Technologie, kterými malé úpravný vody disponují.....	40
3.12.1.	Provozdušňování vody	40
3.12.2.	Dezinfekce pomocí UV záření	41
3.12.3.	Kdy se UV záření využívá?	41
3.12.4.	Výhody UV dezinfekce vody	41
3.12.5.	Nevýhody UV.....	42
3.13.	Využití malých úpraven vody	42
3.13.1.	Využití pro menší komunity	42
3.13.2.	Využití pro průmysl	42
3.13.3.	Využití pro jednotlivé domácnosti	43
3.13.4.	Využití ve stavebnictví	43
3.14.	Výhody a nevýhody malých úpraven vody.....	43
3.15.	Budoucnost malých úpraven vody.....	44
3.15.1.	Grafénové filtry	45
3.15.2.	Flexibilní úpravný	45
3.15.3.	Nanotechnologie.....	46
4.	Diskuse	47
5.	Závěr a přínosy práce.....	49
6.	Zdroje.....	50
	Internetové zdroje:	51

Ústní sdělení:.....	54
Legislativní zdroje a normy:	54
Seznam obrázků:	54

1. Úvod

Ve světě, kde je čistá a bezpečná voda stále vzácnějším zdrojem, nabývá téma malých úpraven vody na významu. Tato práce se zaměřuje na to, co malé úpravny vody jsou, jak fungují a pomáhají a jaký je jejich význam pro naši společnost.

Se stoupajícím množstvím obyvatel na planetě Zemi vzniká i více odpadu, který tito lidé produkují svojí činností, stoupá i míra znečištění vody, zároveň je čím dál těžší zajišťovat s rozrůstajícím počtem obyvatel Země vodu, proto lidé musí vymýšlet stále nová řešení, jak vodu upravit, aby splňovala hygienická kritéria a byla pitná.

Voda je pro člověka životně důležitá, bez vody by nebyl život. Jsme přibližně z 60 % tvořeni vodou. Vodu potřebujeme každý den, na to abychom pili a vůbec mohli fungovat, ke svému životu člověk denně potřebuje 2–3 l vody denně, z toho vyplývá, že takové množství vody denně i nízká koncentrace škodlivých látek ve vodě mohou způsobit závažné problémy. Navíc voda kontaminovaná choroboplodnými zárodky byla v lidské historii nejčastější příčinou epidemií, které usmrtily tisíce lidí. Bez vody prosté infekčních agens - člověk nepřežije. Čistá voda je základní stavební kámen každé civilizace. Na pití ale potřebujeme vodu, která není ničím kontaminována a znečištěna.

2. Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce je představit čtenáři výhody a nevýhody malých úpraven vody, jejich fungování, technologie, kterými úpravný disponují a také v krátké kapitole nastínit historii čištění vody, a jak naši předci s vodou nakládali.

V první části se práce zaměřuje na historii zásobování vodou a úpravy vody. Tato část je klíčová pro pochopení, jak dlouho už se lidé pokouší vodu upravovat, také nám ukazuje, že žádná velká civilizace nemohla existovat bez systémů, které by ji zásobovaly čistou vodou a zároveň hospodařily s vodou znečištěnou. Poté následuje legislativa, zákony, obecný popis toho, co malé úpravný jsou a jakost vody. Dále se práce věnuje i popisu, jak ve vyspělém světě, kde nám teče pitná voda z kohoutku, vlastně tato voda není až tak čistá, jak se nám může zdát. Může představovat mnoho rizik, které nám doposud nejsou plně známy. To samé platí i o balené vodě, o které se práce také zmiňuje.

Další důležitou částí jsou i kapitoly, které se věnují technologiím, a jak malé úpravný vody fungují. Zde práce přibližuje fungování úpraven vody, čím disponují, co vše dokážou, a také se zde zmiňuje filtry a používané chemikálie.

V poslední části se práce zaměřuje na využití úpraven vody. Využití úpraven vody může být široké a tato kapitola se ho snaží přiblížit. Také jsou v závěru přiblíženy výhody a nevýhody malých úpraven vody, které jsou pro čtenáře klíčové.

Závěrem práce pojednává o budoucnosti malých úpraven vody. Které nové a možná klíčové technologie a změny nás pravděpodobně čekají.

3. Teoretická část

3.1. Historie úpravy vody a malých úpraven vody

Historie úpravy vody sahá tisíce let zpět. Voda je život a všechnen život na zemi je s vodou spojen. Naše existence je na vodě závislá. Naše civilizace je postavená na používání vody.

Přibližně před 50 000 lety byl člověk rozšířený po celém světě. Jeho způsob života byl kočovný, a tak mu nevadilo, že čas od času natrefil na špatnou vodu, která v sobě měla různé patogeny nebo zapáchala. Ale přibližně před 10 000 lety přestali lidé žít kočovným životem a začali žít spíše usedlým životem. Začal rozvoj zemědělství a různých řemesel a změnil se jeho vztah s vodou. Města byla často stavěna v blízkosti jezer a řek. Aktivita člověka, jako například zemědělství, po nějakém čase vodu znečistily. Proto lidé začali řešit problém, který trvá dodnes – jak zajistit pitnou vodu pro lidi a dobytek, a jak šetrně nakládat s odpadem, aby voda nebyla kontaminována. Odebírání vody z řek, potoků, jezer, studní vždy byl téměř denní úkol pro lidské bytosti. Jedny z prvních zmínek o nakládání s vodou máme ze starověkých civilizací, jako jsou například Egypt, Sumer, Čína a jiné. (Juuti, Petri S., 2007)

Již Římané používali systém akvaduktů a stok ve svých městech. Také používali studny a fontány. Během středověku šla úroveň hospodaření s vodou dolů. Většinou byla voda nošena lidmi, pro které nošení vody bylo zaměstnání. Nosili vodu primárně z kašen a studní. Takovýto systém přetrval až téměř do industrializace, kdy se voda začala dopravovat pomocí potrubního vedení a byla stavěna kanalizace pro rozrůstající se komunity. (Juuti et al. 2007)

3.1.1. Voda v antice, odkaz Evropy

V antice nebyly dostupné žádné dnes nám známé technologie, proto se za pitnou vodu považovala voda, která byla na pohled čistá, neměla chuť ani žádný odér. (Juuti et al. 2007)

Nejvíce informací o zásobování vodou se dochovalo od římských autorů Vitruviuse a Frontinuse. Dále z archeologických nálezů bylo zjištěno mnoho informací. Římané jsou především známí díky svým akvaduktům, které přiváděly velké množství vody do měst.

Může se spekulovat, zdali Římané používali akvadukty k přivádění pitné vody nebo je využívali pouze na přivádění vody do svých lázní. Podle římského autora, senátora, vojenského velitele a státního úředníka Frontinuse, shledal vodu z Římských akvaduktů jako pitnou. Voda přiváděná akvadukty byla často filtrována přes kameny. Takto se z vody dostaly ty nejhrubší mechanické nečistoty. (Juuti et al. 2007)

Starověká města musela především spoléhat na vodu ze studní a cisteren, ne z akvaduktů. Voda z akvaduktů byla v římském světě používána na zásobování lázní, kašen, domů, hospod a dalších malých podniků. (Juuti et al. 2007)

Kanalizace v některých římských městech byly udělané velmi dobře, například v Římě. Ale většina měst kanalizaci vůbec neměla. Proto se pravděpodobně používala voda z akvaduktů, která splachovala odpad z ulic. Velmi populární v antických městech byly lázně, kam se přiváděla voda z akvaduktů. (Juuti et al. 2007)

Díky znalostem antických Římanů o nakládání s vodou, byli schopni stavět tak obrovská města. Zaostávali v zacházení s odpadní vodou, to bylo jedno z velkých nebezpečí antického světa pro zdraví člověka. (Juuti et al. 2007)



Obr.1 Pont du Gard (The editors of Encyclopaedia Britannica)

Během počátků impéria města často vznikala v okolí nebo přímo z vojenských pevností. Toto bylo ovlivněno tím, že s armádou cestovalo mnoho dalších lidí kromě vojáků. Každá tato pevnost měla svůj zdroj vody, ale jak se pevnost měnila v město, tak vznikl i problém

s vodou. V pozdní fázi impéria se přešlo na jiný způsob. Armáda se přesouvala už do existujících měst, kde byl zdroj vody zajištěn. V této fázi impéria i malé pevnosti na obranu hranic byly vybaveny svým vlastním zdrojem vody. Priority byly nastaveny tak, že na prvním místě bylo dobré obranné položení pevnosti a hned na druhém místě byl zdroj vody. Většinou se jednalo o prameny nebo studny. (Juuti et al. 2007)

Podle Vitruviuse se Římané vybírali vhodné místo na město nebo vojenský tábor po sérii testů. Tímto testem bylo obětování několika kusů dobytka, kterému následně byla zkoumána játra, aby se našla známka nemoci ve vodě. Vitruvius také napsal, jak nalézt vodu, a jak postavit studny a akvadukty. Také doporučoval používat hliněné trubky před olověnými. (Juuti et al. 2007)

Římané se snažili nevyužívat vodu z řek, které měli písčité nebo bahnité dno. Občas ale museli přistoupit i na toto, díky rozrůstajícím se městům. V takovýchto případech Římané stavěli usazovací nádrže, kde se nečistoty usadily na dně nádrže a voda následně mohla být použita. Také věděli, že voda může být vyčištěna pomocí síranu hlinitého, ale tuhle možnost spíše nevyužívali. (Juuti et al. 2007)

Dobrý příklad římského vodního inženýrství je město Konstantinopol (dnešní Istanbul). Jako většina měst se i toto město rozrostlo až po svém založení. Proto Římané museli přijít na způsob, jak město zásobit vodou, která bude stačit pro desetitisíce až statisíce obyvatel a nespočet zahrad, nemocnic, parků a lázní. První římské řešení bylo postavení akvaduktů, ale ty během letních měsíců nestačily. Proto Římané vybudovali stovky cisteren na vodu. Nejznámější a stále dochovaná je cisterna Bazilika, která je schopná pojmout osmdesát tisíc metrů krychlových vody. Podle dostupných údajů se však ve městě nacházela ještě větší cisterna pro královský palác. (Juuti et al. 2007)

Z dochovaných údajů bohužel nevíme, jak Římané dokázali udržet vodu v cisternách čistou. Podle odhadů voda neustále proudila, a tak se zamezilo jejímu zkažení. (Juuti et al. 2007)

Pro Římany bylo nesmírně důležité podrobovat si okolní národy pomocí vojenských tažení. Proto jejich taktika musela být velice dokonalá. Logistika těchto tažení byla přesně naplánovaná a měla svá pravidla. V hledání vody na římském tažení měli hlavní roli průzkumníci, kteří byli vysíláni před hlavní armádou, aby našli bezpečný zdroj vody. Římané měli i přísný zákaz se vyprazdňovat v táboře, aby nepropukla nemoc. Pro tyto účely kopali speciální latríny mimo svůj tábor. (Juuti et al. 2007)

I když se nám dnes můžou některá tyto pravidla a opatření zdát zaostalá, tak musíme uznat, že na svoji dobu byla naprosto přelomová. Po pádu Římské říše se mnoho těchto vědomostí ztratilo. (Juuti et al. 2007)

3.1.2. Středověk

Po pádu Římské říše šla úroveň nakládání s vodou dolů. Akvadukty se rozpadly a většina středověkých měst spoléhala pouze na studny a kašny. Hrady a kláštery měly svoje vlastní zdroje vody, také studny a cisterny. Oproti antickým městům byla ta středověká menší a o hodně špinavější. I když se mnoho středověkých měst nacházelo u vodních zdrojů, tyto zdroje byly často zanesené odpadem. Lidé byli limitováni čistým vodním zdrojem a s tím spojenými nákazami. Změny začaly přicházet až na konci středověku, kdy začal největší rozvoj univerzit. (Juuti et al. 2007)

(dostupné online: <https://angelwater.com/blog/history-water-treatment/#>)

3.1.3. První úpravny vody

První malá úpravna vody, ve smyslu systému navrženého pro systematické čištění a dezinfekci vody pro veřejné použití, má své kořeny v 19. století. Je zaznamenáno, že první známá úpravna vody na světě byla postavena v Paisley, Skotsko, v roce 1804 Robertem Thomem. Tento systém používal pískovou filtrační metodu. Dále v Anglii, James Simpson postavil první úpravnu vody v Chelsea, Londýn, v roce 1829. Tato úpravna také používala pískovou filtraci. V USA byly první úpravny vody navrženy v polovině až konci 19. století, přičemž jedna z prvních byla navržena v Poughkeepsie, New York, v roce 1872. (dostupné online: <https://cityofpoughkeepsie.com/378/History>, <https://www.strath.ac.uk/alumni/connectednetwork/alumnusalumnaoftheyearaward/alumniinhistory/robertthom/>, <https://www.wiki.sanitarc.si/1829-james-simpson-introduced-filtration-london-water-supply-esthetic-reasons/>)

Ve všech případech byly úpravny primárně navrženy pro odstranění částic a nečistot z vody, nikoliv pro chemickou a biologickou dezinfekci, která se stala běžnou až později, po objevu

germ teorie a pochopení role mikroorganismů v šíření nemocí. (dostupné online: <https://angelwater.com/blog/history-water-treatment/#>)

Použití chloru jako dezinfekčního prostředku v úpravnách vody se zavedlo až ve 20. století, což představovalo zásadní krok vpřed v technologii úpravy vody a veřejném zdraví. První veřejné vodovodní systémy využívající chloraci byly zavedeny v USA a Velké Británii v prvních dekádách 20. století. (dostupné online: <https://angelwater.com/blog/history-water-treatment/#>)

3.1.4. Zásobování vodou

Historie zásobování vodou je stará, jako první pokusy o úpravu vody. Sahá do dávných civilizací, kde voda hrála klíčovou roli pro přežití, i pro rozvoj společnosti. Naši předci vyvinuli řadu inovativních metod, které dávají základy modernímu vodohospodářství. (Juuti et al. 2007)

První akvadukty a kanály pro zavlažování zemědělských polí byly vybudovány v Mezopotámii kolem 4000 př. n. l. Ve starověkém Egyptě se využíval Nil pro zavlažování a transport. Civilizace v údolí Indu postavila rozsáhlé zavlažovací a kanalizační systémy např. v městě Harappa kolem 2600 př. n. l. Také v Číně vyvinuli rozsáhlé kanály a přehrady pro zavlažování a kontrolu povodí, včetně slavného systému Dujiangyan, který trpěl rozsáhlými záplavami, byl postaven v 3. století př. n. l. (Juuti et al. 2007), (dostupné online: <https://www.travelchinaguide.com/attraction/sichuan/chengdu/dujiangyan.htm>)

V Evropě antické Řecko stavělo vodovody, jako je Peisistratův akvadukt v Athénách. Od antického Řecka mnoho věcí převzali Římané. Včetně stavby akvaduktů, kterými přiváděli vodu ze vzdálených zdrojů do měst a lázní. Římské inženýrství v oblasti vodohospodářství dosáhlo vysoké úrovně, s výstavbou akvaduktů jako Aqua Appia a Aqua Claudia. (Juuti, Petri S., 2007), (dostupné online: <https://hydriaproject.info/en/case-studies/the-peisistratos-aqueduct-of-athens/waterworks>)

Po pádu Římské říše se mnoho vědomostí ztratilo. Ve středověku v Evropě byly primárně využívány studny. V islámských zemích se dál využíval systém podobný římským akvaduktům. Tyto kanály přiváděly vodu z hor do nížin. (Juuti et al. 2007)

Značný rozvoj začal až v novověku. V 17. a 18. století začaly v Evropě a Severní Americe vznikat první veřejné vodovody, které zásobovaly města čistou vodou. V 19. století díky průmyslové revoluci začala vznikat první parní čerpadla, která umožnila rozšíření vodovodních a kanalizačních systémů např. Londýnský kanalizační systém. Ve 20. století probíhal rozvoj technologií pro úpravu vody, jako je chlorace a filtrace, také se objevily první zákony a regulace týkající se kvality a nakládání s vodou. (dostupné online: <https://angelwater.com/blog/history-water-treatment/#>)

3.2. Normy a legislativa

Norma ČSN 75 0150

V kapitole „5 Úprava vody“ najdeme následující:

- 5.1.1. Úprava vody – souhrn technologických procesů k dosažení požadované jakosti vody.
- 5.1.2. úpravna vody, vodárna – soubor objektů a zařízení s technologií pro úpravu vody nebo pouze se zařízením na zdravotní zabezpečení vody bez technologie úpravy vody.

Vyhláška 252/2004 Sb. – Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). (Slavičková, Slaviček, 2013)

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změnách některých zákonů. (Slavičková, Slaviček, 2013)

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 37/2001 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

3.3. Doporučené limity pitné vody

Vyhláška 252/2004 nám určuje tyto limity: hořčík (Mg – 20-30 mg/l), vápník (Ca – 40-80 mg/l), vápník + hořčík (Ca + Mg tvrdost vody – 2-3,5 mmol/l). Teplotu stanovuje na 8-12 °C. Dále nezávadný je i vyšší obsah chloridů (limit 100 mg/l), pokud je obsah způsoben

geologickým prostředím. Hodnoty obsahu chloridů se až do 250 mg/l považují za vyhovující. Stejně je to i u obsahu manganu (limit 0,05 mg/l) a železa (limit 0,20 mg/l). (Vyhláška 252/2004 Sb.)

Ačkoliv pach a chuť vody přímo neohrožují zdraví, měly by být pro konzumenty vody přijatelné. Existuje situace, kdy pitná voda splňuje všechny hygienické normy, avšak stále může mít nežádoucí pach, chuť nebo vzhled. Tyto nevýhody se mohou objevit i po chemické dezinfekci vody. Proto voda musí podstoupit další úpravu, aby se tohoto zbavila. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.4. Co jsou malé úpravny vody

Malé úpravny vody jsou takové úpravny, které se využívají pro menší komunity, průmyslové podniky, jednotlivé domácnosti. Jejich účel je poskytnout uživateli takovou kvalitu vody, kterou požaduje. Tyto úpravny jsou menšího rozsahu než velké vodárny. Jejich využití je pestré. Může se jednat o využití pro menší komunity, průmysl, stavebnictví nebo jednotlivé domácnosti.

Disponují širokou škálou technologií, které v menším mohou konkurovat velkým úpravnám vody, a dokonce je v určitých ohledech mohou i překonat. Jsou také vysoce flexibilní a mohou pomáhat s úpravou vody v místech, kde by běžná velká úpravna vody nebyla možná.



Obr. 2 Malá úpravná vody (WATERLife, 2023)

3.5. Jakost vody

Jakost vody je termín, který se používá při popisu fyzikálních, chemických, biologických a estetických vlastnostech vody, které ovlivňují její vhodnost pro různé použití, včetně pitné vody, rekreace, zavlažování atd. Jakost je důležitá pro zdraví lidí, pro životní prostředí a ekonomiku. Bývá ovlivněna mnoha faktory, včetně přítomnosti kontaminantů, jako jsou mikroorganismy, chemické látky, těžké kovy atd. (Slavičková, Slaviček, 2013)

3.5.1. **Jakost povrchových vod**

V České republice představují povrchové vody klíčový zdroj pro získávání pitné vody z hlediska jejich objemu. Kvalita těchto vod se posuzuje na základě fyzikálních, chemických a biologických charakteristik. Kvalita povrchové vody v daném okamžiku je ovlivněna několika faktory, mezi které se řadí úroveň znečištění z konkrétního zdroje, objem protékající vody, teplota vody, síla přírodních procesů a zásahy do vodních toků. (Slavičková, Slaviček, 2013)

Vodní toky jsou kategorizovány do třech, které jsou využívány jako zdroje pitné vody, a do ostatních toků. Pro povrchové vody jsou legislativně stanoveny limity koncentrací látek, které by neměly být překročeny při vypouštění odpadních vod. (Malá, Malý, 2000)

3.5.2. Jakost podzemních vod

Klíčovým prvkem, který určuje kvalitu podzemní vody, je míra, jakou je daný zdroj nebo pramen využíván. Používání vrtů nebo pramenišť může v čase měnit kvalitu podzemní vody a to díky procesům jako biochemická nebo chemická oxidace železa a manganu, rozpouštění nebo vysrážení uhličitánu vápenatého, či jiným dalším reakcím. Při čerpání vody mohou být z pórovité skály v okolí vrtu sraženy nečistoty přímo do extrahované vody, což je obzvláště patrné u trubních a jehlových studní. (Slavíčková, Slavíček, 2013)

Kvalita podzemní vody je ovlivněna geochemickými procesy, které se odehrávají v průběhu dlouhého časového období. Organické materiály přítomné v povrchových vodách, které slouží jako jejich zdroj, jsou během svého průtoku skrze půdu a horniny rozkládány mikroorganismy na minerály. Podzemní vody obvykle neobsahují kyslík a v některých případech mohou mít zvýšené hodnoty volné kyseliny uhličitě, železa a manganu. Tyto složky je třeba odstranit před použitím vody pro pitné účely. (Malá, Malý, 2000)

3.6. Balená a kohoutková voda

V ČR a Evropě jsou hlavní dva zdroje pitné vody – voda z kohoutku, která je zde pitná, nebo voda balená. Voda balená nebývá zpravidla dále upravována. Voda kohoutková může být i díky malým úpravnám vody dále upravována a je jen na nás, jak se ji rozhodneme upravit. Nicméně je důležité zmínit, že většina dnešního světa nemá pitnou vodu z kohoutku.

3.6.1. Balená voda

Obvykle na tuto vodu narazíme ve formě plastových nebo skleněných láhví. Tato voda může pocházet z různých zdrojů, jako jsou prameny, podzemní studny nebo obyčejná úprava vody.

Balená voda může být klasifikována jako přírodní nebo upravená. Zatímco přírodní balená voda pochází přímo z přírodních zdrojů, jako jsou prameny a je typicky podrobena jen filtraci a dezinfekci k zachování její přirozené čistoty a obsahu minerálů, upravená balená voda se čerpá z obecnějších zdrojů, jako je například městský vodovod, a proto musí projít komplexním zpracováním, aby vyhověla stanoveným normám a kvalitám. (Zelinka, Formánek, 2005), (Michek, Daříčková, 2007)

Aby balená voda mohla být považována za bezpečnou a zdraví prospěšnou, musí splňovat specifické normy a standardy určené pro kvalitu pitné vody, jak jsou definovány vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 275/2004 Sb. Existují různé kategorie balených vod, včetně minerálních vod, vod určených pro kojence, pramenitých vod a pitných vod, přičemž pro každou z těchto skupin platí v rámci zmíněné vyhlášky vlastní sada kritérií a požadavků. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.6.2. Balená přírodní minerální voda

„Jedná se o výrobek z přírodní minerální vody získané ze zdroje přírodní minerální vody, o kterém bylo vydáno osvědčení nebo certifikát podle zvláštního právního předpisu. Z našich minerálních vod toto splňuje např. Mattoni, Korunní, Ondrášovka, Hanácká kyselka a další. Všechny vody na našem trhu, které jsou takto označeny, musí příslušné osvědčení nebo certifikát mít.“ (Zelinka, Formánek, 2005)

3.6.3. Balená pramenitá voda

„Je výrobek z kvalitní vody z chráněného podzemního zdroje, která může být upravována pouze způsobem uvedeným ve vyhlášce. Tato voda je vhodná k trvalému požívání dětmi i dospělými.“ (Zelinka, Formánek, 2005)

3.6.4. Balená kojenecká voda

„Je výrobek z kvalitní vody chráněného podzemního zdroje, která nesmí být upravována žádným způsobem, s výjimkou ozařování UV zářením podle vyhlášky. Tato voda je vhodná pro přípravu kojenecké stravy a k trvalému přímému požívání všemi skupinami obyvatel.“
(Zelinka, Formánek, 2005)

3.6.5. Balená pitná voda

Tento výrobek musí splňovat požadavky na pitnou vodu. Tato voda je vhodná k trvalému požívání dětmi i dospělými. (Zelinka, Formánek, 2005), (Míček, Daříčková, 2007)

3.6.6. Je balená voda kvalitnější než voda z kohoutku?

Kojenecká voda v láhvi se považuje za vodu vyšší kvality, která se výrazně liší od běžné kohoutkové vody. Při výběru jiných typů balené vody, jako jsou pramenitá nebo pitná voda, je doporučeno ověřit si jejich původ a chemické složení. Balená voda, která se získává z hlubokých vrtů, především z pískovcových území, a která je určena speciálně pro balení, bývá lepší a kvalitnější než kohoutková voda, hlavně kvůli absenci chlóru. (Zelinka, Formánek, 2005)

U ostatních balených vod dostupných na trhu, zejména těch, které neuvádějí jasně výrobce, zdroj vody nebo její složení, nelze automaticky předpokládat, že jsou lepší než voda z kohoutku, v některých případech to může být dokonce opačně a mohou být horší kvality. (Zelinka, Formánek, 2005)

Co se týče zahraničních balených vod, které bývají na našem trhu dražší, ty jsou obvykle vysoce kvalitní a pocházejí převážně z ledovcových oblastí, jako jsou Alpy, s minimální nebo žádnou přirozenou mineralizací. Jedná se o dokonale čistou a velmi kvalitní formu dešťové vody, která je zcela bezpečná pro uživatele. Tyto vody jsou ale o poznání dražší. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.6.7. Nevhodné skladování balené vody

Nevhodné skladování balené vody může vést k řadě potenciálních rizik, které mohou ovlivnit její kvalitu a bezpečnost.

3.6.8. Místa nevhodné pro skladování balené vody

Přímé sluneční světlo – UV záření může urychlit degradaci plastových láhví a uvolňování chemických látek, jako je např. bisfenol A do vody.

Vysoké teploty – skladování v horkém prostředí např. v autě nebo vedle topení, může způsobit uvolňování škodlivých chemikálií z plastu do vody.

V blízkosti škodlivých chemikálií – voda může absorbovat potenciálně toxické látky z okolního prostředí.

Venkovní prostory nebo místa s extrémními teplotními výkyvy – tyto podmínky mohou způsobit kondenzaci uvnitř láhve, což může vést k růstu bakterií nebo plísní.

(dostupné online: <https://bottledwater.org/bottled-water-storage/>), (dostupné online: https://www.linkedin.com/pulse/dangers-plastic-bottled-water-how-prevent-them-henry-rosas?trk=articles_directory)

3.6.9. Doporučená skladování balené vody

Uchovávání v chladu a suchu, dále je vhodné i temné prostředí. Pro lepší cirkulaci vzduchu a prevenci případné kontaminace je vhodné umístit vodu na police, palety nebo jiné podložky, aby balená voda nestála přímo na zemi. Dále je velice důležité kontrolovat datum spotřeby, i když se sama o sobě voda nezkazí, plastové obaly mohou časem degradovat a ovlivňovat kvalitu vody.

Skladování balené vody vyžaduje pozornost k prostředí, ve kterém je uchovávána, aby se předešlo potenciálním rizikům a zajistila se její bezpečnost a kvalita.

(dostupné online: <https://bottledwater.org/bottled-water-storage/>), (dostupné online: https://www.linkedin.com/pulse/dangers-plastic-bottled-water-how-prevent-them-henry-rosas?trk=articles_directory)

3.7. Mikroplasty

Mikroplasty v balené vodě i ve vodě kohoutkové

S rozvojem naší civilizace došlo k rozsáhlému používání plastových výrobků. Značná část těchto výrobků bývá na jedno použití nebo mají velmi krátkou životnost. Proto tvoří velkou část odpadu. Spousta tohoto odpadu se následně dostane do řek a moří.

Plasty se časem rozkládají, ale nikdy nemohou zmizet. Rozpadají se na menší části až do okamžiku, kdy se z nich stávají mikroplasty a mikroskopické nanoplasty. Mikroplasty jsou úlomky plastu menší než 5 mm. Nacházejí se v každém ekosystému na Zemi a skládají se z mikrokuliček, mikrovláken a rozpadlých částí plastu. (dostupné online: <https://extension.psu.edu/microplastics-in-our-waters-an-unquestionableconcern#:~:text=Are%20we%20consuming%20microplastics%3F,Mason%2C%20a%20Penn%20State%20researcher>)

Mikrokuličky jsou drobné částice z polyethylenu, které se nacházejí v kosmetice a zubní pastě. Jejich výskyt ve výrobcích se začal po světě omezovat (např. v USA), avšak stále v různých výrobcích po světě nacházejí a je jimi kontaminována voda. (dostupné online: <https://extension.psu.edu/microplastics-in-our-waters-an-unquestionableconcern#:~:text=Are%20we%20consuming%20microplastics%3F,Mason%2C%20a%20Penn%20State%20researcher>)

Mikrovlákna jsou drobné kousky nití a vláken, které odpadávají z oblečení. Oblečení vyrobené z těchto vláken (nylon, polyester) se zbavuje těchto vláken při každém praní. Tyto mikrovlákna a mikrokuličky následně putují s odpadní vodou do kanalizace. Čistírny

odpadních vod nebývají navrženy tak, aby všechny tyto částice zachytily. Proto mohou být tyto mikroplasty vypouštěny do vodních toků prostřednictvím odpadních vod. Pokud se však tyto mikroplasty podaří odstranit během procesu čištění, mohou zůstat v kalu, který se následně může využít jako hnojivo na zemědělských polích. I tak však mohou kontaminovat vodní toky přes vodu, která stéká ze zemědělských pozemků. Mikrovlákna se také vyskytují ve vzduchu a prostřednictvím poklesu prachu a následného deště, tak mohou opět vstoupit do vodních toků. (dostupné online: <https://extension.psu.edu/microplastics-in-our-waters-an-unquestionableconcern#:~:text=Are%20we%20consuming%20microplastics%3F,Mason%2C%20a%20Penn%20State%20researcher>)

Bohužel jsou mikroplasty přítomny, jak ve vodě kohoutkové, tak ve vodě balené. Podle Sherri Masonové, výzkumnice z Penn State, studie ukázala, že v litru balené vody bylo nalezeno 325 plastových částic oproti 5,5 plastových částic na litr vody ve vodě kohoutkové. Mikroplasty jsou konzumovány vodními živočichy a dostávají se do potravního řetězce. Mikroplasty také konzumujeme např. v mořských plodech, ale i v mase jiných zvířat. Rizika mikroplastů dosud nejsou úplně známa. Stále probíhají výzkumy, které se snaží zjistit jejich riziko pro lidské zdraví. (dostupné online: <https://extension.psu.edu/microplastics-in-our-waters-an-unquestionableconcern#:~:text=Are%20we%20consuming%20microplastics%3F,Mason%2C%20a%20Penn%20State%20researcher>)

Vyšší koncentraci ve vodě balené než vodě kohoutkové si lze vysvětlit tím, že stárnutím a zahřáním plastové láhve dochází k uvolňování mikroplastů do vody. Plastové láhve jsou obvykle vyrobeny polyethylentereftalátu (PET), který může pod vlivem tepla uvolňovat mikroplasty. Může to být způsobeno zahříváním láhve, nebo pouze jen necháním láhve v horkém autě, nebo když je láhev ponechána na přímém slunci. Avšak nejde jen o plast, pod vysokou teplotou se mohou měnit chemické vazby plastu a může docházet k uvolňování dalších látek, které se používají při výrobě PET láhví. Dále může docházet k uvolňování mikroplastů v případě starší nebo opakovaně použité PET láhve. (dostupné online: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2020/10/19/925525183/study-plastic-baby-bottles-shed-microplastics-when-heated-should-you-be-worried#:~:text=via%20Getty%20Images,A%20new%20study%20shows%20that%20plas>

[tic%20baby%20bottles%2C%20when%20heated,release%20microplastics%20into%20the%20liquid.&text=Microplastics%20are%20tiny%20fragments%20of,re%20created%20as%20plastic%20degrades](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135422013586))

Voda kohoutková podle zjištění obsahuje nižší koncentraci mikroplastů, než voda balená. Neznamená to, že je lepší. Tato voda vedle vysokého obsahu chloru má i další rizika, jako jsou např. ženské hormony z antikoncepce, které jsou v Evropě velký problém. (dostupné online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135422013586>)

3.8. Jak malé úpravní vody fungují

Malé úpravní vody mají mnoho funkcí, díky kterým jsou schopny upravovat vodu. Vždy záleží jen na požadavcích, které na danou vodu jsou a na míře znečištění vody.

3.8.1. **Snížený a zvýšený obsah vápníku a hořčíku - „tvrdost“ vody**

Správné množství a poměr vápníku a hořčíku vodě dodávají příjemnější chuť. Voda bohatá na tyto minerály je obecně označována jako „tvrdá“, zatímco voda s nízkým obsahem těchto prvků je známá jako „měkká“. Tvorba usazenin na stěnách varných konvic nebo praček je jedním z indikátorů tvrdosti vody. Jejich míru stanoví vyhláška. V případě Ca a Mg se jedná o jediné dva parametry, jejichž minimální limit je stanoven. U ostatních parametrů bývá stanovený maximální limit. (Zelinka, Formánek, 2005)

I když nižší příjem vápníku a hořčíku z pitné vody není pro člověka přímým ohrožením, jelikož tyto minerály získáváme také z jídla, jejich umělé snižování může zvyšovat rizika pro spotřebitele v dlouhodobém čase. Nadlimitní obsah vápníku a hořčíku způsobují řadu technických problémů, mezi které patří například tvorba kotelního kamene na stěnách kotlů, potrubí. (Slavičková, Slaviček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)

Částečně lze obsah vápníku a hořčíku snižovat termickou dekarbonizací, dekarbonizací kyselinou, dekarbonizací sražením nebo zcela odstranit pomocí reverzní osmózy. Zvyšování obsahu těchto látek je složitější a je závislé na celkové skladbě chemismu vody. Nicméně

existuje i celá řada dalších možností, jak se zbavit těchto látek. Lze využít mikrofiltraci, sražení hydroxidem sodným a další. (Grünwald, 1997), (Zelinka, Formánek, 2005), (Slavičková, Slaviček, 2013)

3.8.2. Odstranění železa a manganu

Železo a mangan patří mezi běžně se vyskytující nežádoucí prvky ve vodě. Tyto prvky mohou způsobovat tvorbu nevzhledných usazenin na kuchyňských a jiných domácích spotřebičích, dále vedou k zabarvení oblečení a mohou negativně ovlivňovat chuť a barvu vody. Tyto látky samy o sobě nepředstavují značné zdravotní riziko a spadají do skupiny faktorů ovlivňující organoleptické vlastnosti vody - tedy chuť a vůni. Vyšší úrovně těchto prvků ve vodě se považují za nežádoucí. (Grünwald, 1997), (Zelinka, Formánek, 2005), (Slavičková, Slaviček, 2013), (Michek, Daříčková, 2007)

Existence železa a manganu ve vodě může nabývat různých forem, což ovlivňuje způsob jejich odstraňování. Obvykle jsou tyto prvky ve vodě přítomny ve svých rozpuštěných formách díky specifickým hydrogeologickým charakteristikám dané oblasti. Pro jejich odstranění se často využívají oxidační metody, jako například při dezinfekci vody. Možnosti pro odstranění železa jsou různé, může se jednat provzdušnění vody, odželezování ozonem nebo chlorem, existují i další formy. V případě manganu lze také zvolit způsob provzdušňování, dále koagulací, pískovou filtrací a mnoho dalších. Odželezovat a odmanganovat lze i biologickou cestou pomocí různých bakterií. (Grünwald, 1997), (Zelinka, Formánek, 2005), (Slavičková, Slaviček, 2013), (Michek, Daříčková, 2007)

V případě manganu, který bývá složitější odstranit, zejména pokud je pH vody nižší než 7, se často upřednostňují kombinované metody, zahrnující aplikaci chemikálií ke zvýšení pH vody a použití oxidantů. Je důležité vybrat správný typ aktivovaného filtračního materiálu pro dosažení optimálních výsledků. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.8.3. Odstraňování dusičnanů a ostatních forem dusíku

Dusík, klíčový prvek pro živé organismy, se v přírodních vodách vyskytuje hlavně jako dusičnany, dusitany, amonné ionty a v elementární formě. Jeho koloběh je ovlivněn mnoha

přírodními procesy, které také reflektují kvalitu podzemní vody. Obsah dusičnanů je běžným ukazatelem pro podzemní vody, přičemž pro pitnou vodu existují regulační limity: 50mg/l pro běžnou vodu a 15mg/l pro vodu kojeneckou, což ukazuje odlišný poměr dusičnanů mezi oběma typy vody. (Zelinka, Formánek, 2005)

K odstranění dusičnanů, zejména v menších vodních úpravkách, se často používá metoda iontové výměny. Smyslem této metody je filtrace přes iontoměnič umístěný ve filtračním zařízení, který vyžaduje pravidelnou regeneraci. Během procesu zachytávání dusičnanů iontoměnič uvolňuje chloridy, a po dosažení maximální kapacity záchytu se iontoměnič regeneruje roztokem solanky, což je vhodný roztok kuchyňské soli. (Slavíčková, Slavíček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)

Iontová výměna přináší řadu výhod, včetně vysoké účinnosti a spolehlivosti, bez změny dalších parametrů vody a ekonomické výhodnosti díky použití solanky. Jako nevýhoda se může jevit situace, kdy již vysoká přirozená úroveň chloridů ve vodě stoupá ještě více díky chloridům uvolněným během odstraňování dusičnanů. V takovém případě je možné zvolit reverzní osmózu, která rovněž odstraňuje dusičnany z vody. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.8.4. Odkyselování

Proces odstranění agresivního oxidu uhličitého z vody se nazývá odkyselování. Důvodem pro tento postup je skutečnost, že voda s obsahem oxidu uhličitého může poškozovat kovové a betonové struktury, potrubí a armatury, což činí odkyselování klíčovým krokem při úpravě podzemní vody pro pitné nebo technologické účely. Tento proces je často kombinován s odstraněním železa a manganu, které jsou také častými látkami v podzemních vodách. (Slavíčková, Slavíček, 2013), (Grünwald, 1997)

Existují dva hlavní přístupy k odkyselování: chemický a mechanický. Mechanické odkyselování, obvykle pomocí rozprašování, se doporučuje pro vody bohaté na vápník a hořčík, které také obsahují oxid uhličitý. Účinnost tohoto procesu závisí především na rozloze styčné plochy mezi vodou a vzduchem. Na druhé straně, chemické odkyselování využívá reakce oxidu uhličitého s látkami, které reagují bazicky, ke snížení jeho koncentrace ve vodě. Může se jednat o odkyselování vápnem, které je neúčinnější a současně levné, dále

odkyselování mramorem a polovypáleným dolomitem. (Slavíčková, Slavíček, 2013), (Grünwald, 1997)

3.8.5. Odstraňování radioaktivních látek

Radon, radioaktivní plyn, je přirozenou součástí geologických struktur. V České republice, která se vyznačuje geologickou rozmanitostí, se obzvláště v oblastech s žulovými formacemi může objevovat radon rozpuštěný ve vodě. S tímto plynem je možné účinně manipulovat. Jelikož se jedná o plyn rozpuštěný ve vodě, jeho odstranění z vody je efektivní pomocí metod jako je provzdušňování, koagulace nebo iontová výměna. (Slavíčková, Slavíček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)

3.8.6. Odstraňování organických látek

Sloučeniny uhlovodíků, které patří mezi nejkompexnější látky vyskytující se ve vodním prostředí, mají jak přírodní, tak lidský původ. Různorodost těchto uhlovodíků, sahající od chlorovaných uhlovodíků jako je toluen, pesticidů až po ropné produkty jako benzin a nafta, může proniknout do vody v důsledku činnosti člověka. Normy dané vyhláškou pro organické látky v pitné vodě poukazují na význam, který je přikládán jejich koncentracím, z důvodu potenciálních závažných zdravotních rizik spojených s konzumací vody s nevhodným množstvím těchto látek. (Zelinka, Formánek, 2005)

Existují dva hlavní způsoby odstranění těchto látek z vody. Jedním je proces oxidace, který umožňuje snížení množství organických látek během dezinfekce vody, stejně jako při odstraňování železa a manganu, a to vše může probíhat v jediném kroku. Tento postup zahrnuje aplikaci oxidantu před samotnou filtrací přes aktivovanou filtrační náplň. Jako potenciální nevýhodu lze uvést možnost vzniku sekundárních produktů dezinfekce při nedostatečné oxidaci. (Zelinka, Formánek, 2005)

Druhá metoda spočívá ve využití absorpce na aktivním uhlí, což je technika efektivně odstraňující složité uhlovodíky, včetně sekundárních produktů dezinfekce, a zároveň i rozpuštěný chlór. Tato metoda je považována za spolehlivou ve své schopnosti zachytávat a eliminovat široké spektrum organických látek. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.8.7. Dechlorace

Některé mikroorganismy přetrvávají ve vodě i za běžných koncentrací chloru. V tomto případě se musí provést dechlorace, protože taková voda se nemůže ke spotřebiteli dostat. Používá se např. zrněné aktivní uhlí. (Slavičková, Slaviček, 2013), (Žáček, 1998)

3.8.8. Deionizace a demineralizace

Deionizace je proces, který odstraňuje ionty, včetně kationů (jako jsou sodík, vápník a železo) a anionů (jako jsou chloridy, sírany) z vody pomocí iontové výměny, což vede k produkci chemicky čistější vody, prakticky bez iontů. (Slavičková, Slaviček, 2013)

Demineralizace je širší proces, který odstraňuje téměř všechny minerální soli z vody, a to buď pomocí iontové výměny, reverzní osmózy nebo destilace. Cílem je odstranit jak ionty rozpuštěné ve vodě, tak i organické látky a mikroorganismy, v závislosti na použité metodě. Demineralizovaná voda je často používána v laboratořích, v průmyslových procesech, kde je požadována vysoká úroveň čistoty vody, a pro některé lékařské aplikace. (Slavičková, Slaviček, 2013)

3.9. Filtrační materiály

Filtrační materiál může být definován jako cokoli, co vytváří bariéru pro tok vody. V kontextu vodní úpravy se termín "filtrační materiály" obvykle vztahuje na granulované materiály různých velikostí a složení, které jsou vrstveny uvnitř tlakových nádob tak, že veškerá voda určená k úpravě musí procházet skrze tyto materiály. Důležité je správně zvolit velikost filtru, aby byl schopen odstranit všechny cílené nečistoty během průtoku vody. Klíčovými faktory pro určení jsou návrhový průtok vody a optimální rychlost filtrace. (Zelinka, Formánek, 2005)

„Pro návrh filtru a pochopení jeho funkce je nutné znát následující údaje:

- *Pro účinnou filtraci je rozhodující filtrační plocha – průměr filtrační nádoby (D),*
- *výška filtrační náplně (H) bývá řádově 1-2m, se vzrůstajícím průtokem příliš nevzrůstá, zvětšuje se průměr filtru,*
- *filtrační rychlost (v) se podle zachycovaných látek a druhu filtračního materiálu pohybují od 5 do 20 m/h,*
- *protože zachycované látky se postupně akumulují, je nutné je po nějaké době odstranit – vyprat filtr. V tento moment voda protéká filtrem opačně a odtéká do odpadu. Praní trvá řádově 20 minut a po praní probíhá ještě fáze tzv. zafiltrování, kdy voda protéká opět jako při filtraci, ale odtéká ještě do odpadu. Praní filtru se provádí v denních až týdenních intervalech,*
- *s vodou vzniklou při praní je nutné nakládat jako s odpadní, musí odtékat do septiku nebo kanalizace.“ (Zelinka, Formánek, 2005)*

3.9.1. Křemičitý písek (vodárenský písek)

Písek je tradiční filtrační materiál, využívaný pro svou schopnost mechanicky odstraňovat nerozpustné částice, které nemohou projít skrze mezery mezi pískovými zrny kvůli své velikosti a tvaru. Tento materiál efektivně simuluje přírodní filtrační procesy a je obzvláště účinný v zachycování látek vzniklých v dřívějších fázích úpravy vody. Například, po aeraci vody, která obsahuje rozpuštěné železo a mangan, tyto prvky vytvoří kal, který je pak pískovým filtrem účinně odchycen. Čištění pískového filtru se provádí pouze s využitím vody, což je spolu s nízkými náklady na pořízení hlavní výhodou ve srovnání s aktivovanými filtračními materiály. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.9.2. Dolomitický vápenec a polovypálený dolomit

Při procesu filtrace vody hrají mletý dolomitický vápenec, mramor, nebo tepelně zpracovaný, částečně vypálený dolomit klíčovou roli ve stabilizaci chemického složení vody. Tyto materiály slouží k odstraňování agresivního oxidu uhličitého z vody a zároveň

přispívají k obohacení vody o minerály vápník a hořčík díky jejich rozpouštění. (Zelinka, Formánek, 2005)

Částečně vypálený dolomit se ukazuje jako nejefektivnější pro přidání vápníku a hořčíku do vody a také vyniká ve schopnosti odstraňovat železo a mangan. Tento proces ovšem mírně omezuje možnost dalšího uvolňování vápníku a hořčíku, což může ovlivnit jeho využití v odželezňování, kde je aplikován jen v omezené míře. (Zelinka, Formánek, 2005)

Mytí filtrů z vápence a mramoru se provádí výhradně vodou, ale je třeba brát v úvahu postupné snižování filtračních schopností těchto materiálů, které je způsobeno jejich postupným rozpouštěním ve vodě a uvolňováním vápníku a hořčíku. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.9.3. Aktivované filtrační náplně

„V situacích, když už nepostačují vlastnosti křemičitého písku nebo nepotřebujeme do vody uvolňovat vápník a hořčík, jsou k dispozici tzv. aktivované filtrační náplně. Jedná se o komerční výrobky specializovaných firem, které jsou určeny pro různé účely, nejčastěji však pro zachycení větších koncentrací manganu a železa nebo pro zachycení organických látek.“ (Zelinka, Formánek, 2005)

„GFH – Jde o relativně zajímavý filtrační materiál, který není v principu ničím jiným než granulovaným železem. Má výborné zachycující a absorpční schopnosti na arsen, fosforečnany a těžké kovy. Z tohoto filtračního materiálu nelze arsen ani těžké kovy odstranit vypráním. Po vyčerpání kapacity GFH se musí tento materiál vyměnit a zlikvidovat.“ (Zelinka, Formánek, 2005)

„Birm, Magnese Greensand, Filtrasorb – Filtrační materiály s výbornou schopností zachycovat železo a mangan. Jedná se o přírodně těžené, ale i upravené zeolitové materiály. Tyto aktivované filtrační náplně se používají především při koncentracích vstupního železa a manganu nad 1mg/l. Při jejich provozu se využívá i dávkování manganistanu draselného, nebo se používá při praní přidáváním k prací vodě. Jedná se o nejčastěji používané

aktivované filtrační náplně pro domácí úpravny vody.“ (Zelinka, Formánek, 2005)

„Granulované aktivní uhlí – Aktivní uhlí je velice účinný absorpční filtrační materiál. Vyrábí se buď z kokosových skořápek, nebo z kvalitního antracitového uhlí. Ačkoliv je již vžitý termín GAC (Granular Activated carbon), pro filtraci vody se používá spíše pro zrněné aktivní uhlí. Mimochodem živočišné uhlí je blízkým příbuzným aktivního uhlí. Na aktivním uhlí lze velice účinně zachycovat především širokou škálu organických látek (včetně pesticidů), odstraňovat chlor, zachycovat železo, mangan a celou řadu těžkých kovů.“
(Zelinka, Formánek, 2005)

Aktivní uhlí má určitou životnost, po skončení životnosti není možné uhlí proprat, se musí vyměnit. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.9.4. Iontoměničové náplně

V tomto případě dochází k využití komplexnějších chemických reakcí. Iontově výměnné materiály, které mohou být ve formě granulí nebo keramických perel, disponují schopností selektivně vázat určité chemické látky prostřednictvím chemických vazeb. (Zelinka, Formánek, 2005)

Jedním z omezení iontové výměny je potřeba zpracování vody, která vzniká během vyplachování filtru. V některých situacích může být koncentrace chloridů, ač obvykle neškodných, natolik vysoká, že by mohla negativně působit na procesy čištění ve vodních čistírnách. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.10. Typy filtrů

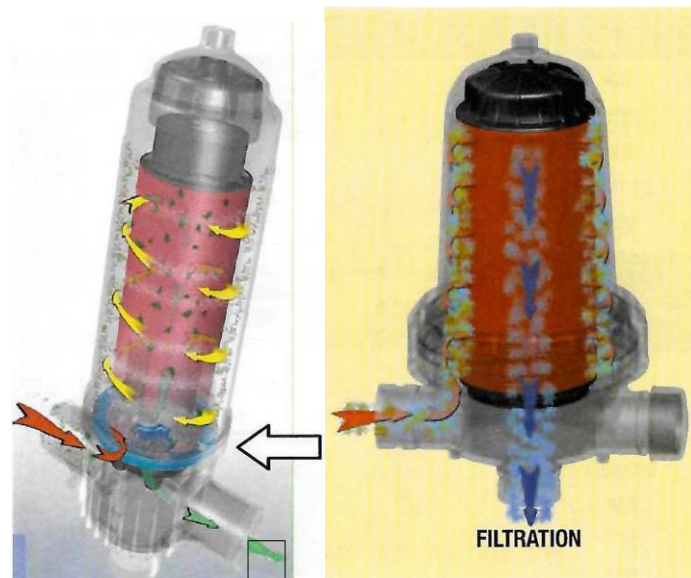
V úpravně vody se dají využít hlavní dva typy filtrů. Membránové a diskové. Tyto dva typy se mohou i kombinovat. Záleží jen na kvalitě vody, kterou chceme upravovat a jaké kvality vody chceme docílit. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

3.10.1. Diskové filtry

Tyto filtry se užívají na odstranění pevných částic z kapalin. Obecně platí, že diskové filtry mohou odstraňovat částice do velikosti několika mikrometrů. Některé moderní diskové filtry mohou dosáhnout filtrace částic velkých přibližně 10-20 mikrometrů. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

Fungují na principu disků. Jedná se o vysoký sloupec na sebe naskládaných disků, které na povrchu mají malé drážky. Voda protéká mezi těmito disky a nečistoty se zachytávají o drážky. Čištění probíhá automaticky nebo mechanicky. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

Tyto filtry nejsou vhodné pro ultra-jemnou filtraci, jako je například odstranění virů a bakterií. Proto se tyto filtry používají např. v kombinaci s membránovými. Samostatně bývají používány například v zemědělství nebo při zavlažování, kdy není nutné docílit úplně čisté vody bez bakterií, virů a jiných chemikálií. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)



Obr.3 Diskové filtry (katalog AZUD)

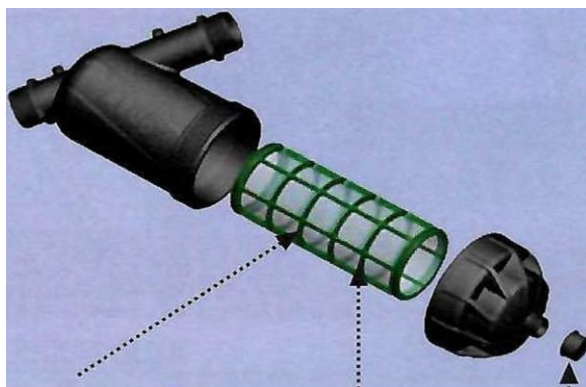
3.10.2. Membránové filtry

Membránová filtrace představuje pokročilou technologii úpravy vody, která využívá semipermeabilní (polopropustné) membrány k zachycení a odstranění nechtěných prvků z vody. Tato metoda se aplikuje v různých oblastech, od procesů desalinace, kde dochází k odstraňování solí a minerálů, přes eliminaci bakterií, virů a dalších mikroorganismů pro výrobu pitné vody, až po odstraňování organických materiálů a barviv z odpadních vod v průmyslu. (Moulik et al. 2022)

Ačkoli tradiční metody úpravy pitné vody, jako je koagulace, sedimentace a písková filtrace, byly dlouhodobě považovány za spolehlivé a účinné, narazily na své meze při čelbě moderním typům znečištění, jako jsou pesticidy a farmaceutika, která nebyla zohledněna při jejich původním návrhu. S narůstajícím množstvím těchto kontaminantů se proto stále více obrací pozornost k membránovým technologiím, včetně mikrofiltrace a ultrafiltrace. Tyto metody se vyznačují schopností efektivně vyčišťovat vodu od širokého spektra znečišťujících látek. (dostupné online: <https://www.asio.cz/cz/news/membranova-filtrace-pro-upravu-pitne-vody.44>)

3.10.3. Charakteristika membránových procesů

Membránová filtrace, která je poměrně novou a vysoce účinnou metodou, poskytuje možnost fyzikální dezinfekce vody. Tento proces odstraňuje organismy, ale i jiné částice, jejichž velikost přesahuje velikost pórů na membránách, zatímco menší částice jsou schopny membránami projít. Membrány lze efektivně kategorizovat na základě jejich pórovitosti a specifického využití do různých skupin. (Slavičková, Slaviček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)



Obr. 4 Síťová filtrace (katalog AZUD)

Mikrofiltrace je metoda, která účinně zadržuje bakterie, parazity, řasy a prvoky, zároveň snižuje množství organických materiálů ve vodě. Často se využívá v domácích úpravách vody nebo v přenosných vodních filtrech pro outdoorové aktivity. (Slavičková, Slaviček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)

Ultrafiltrace, podobně jako mikrofiltrace, dokáže odstranit bakterie a viry a slouží jako metoda dezinfekce díky významnému snížení obsahu organických látek. Běžně se používá jako přípravný krok před dalšími úpravami vody a zachovává minerály jako hořčík a vápník. Ultrafiltrace může být použita, jako alternativa za chlor. (Slavičková, Slaviček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)

Nanofiltrace se specializuje na odstranění extrémně malých částic, včetně virů a bakterií, a je využívána pro změkčení vody, přičemž částečně zachovává hořčík a vápník. Často předchází procesu reverzní osmózy a je schopna odstranit různé chemické látky, včetně herbicidů, pesticidů a léčiv. (Slavičková, Slaviček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)

Reverzní osmóza je proces, který pod tlakem odstraňuje široké spektrum nečistot, včetně solí, minerálů a organických sloučenin, prostřednictvím polopropustných membrán. Tato metoda se používá například pro desalinaci mořské vody nebo úpravu minerálně bohaté vody a nachází uplatnění v mnoha průmyslových a laboratorních procesech. Voda z reverzní osmózy je vhodná k pití, ale může postrádat určité minerály, proto se v některých případech po reverzní osmóze provádí remineralizace, aby byla voda vhodnější k dlouhodobé konzumaci. (Slavičková, Slaviček, 2013), (Zelinka, Formánek, 2005)

3.10.4. Tlaková filtrace

Tlaková filtrace je proces úpravy vody, při kterém se voda filtruje pod tlakem v ocelové nádobě, tato nádoba může být buď vertikální, nebo horizontální v závislosti na dostupném prostoru. Médium použité v tlakovém filtru je obvykle písek nebo kombinace médií, známé také jako multimedialní filtry. Tyto multimedialní filtry oproti pískovým mají vyšší účinnost při zachycování nečistot. Využívá více vrstev filtračních médií (antracit, písek) místo jedné vrstvy písku. Tato metoda umožňuje efektivnější odstranění nečistot a prodlužuje dobu provozu filtru před jeho zpětným proplachem. (Grünwald, 1997)

Smyslem tlakové filtrace je efektivní odstranění suspendovaných pevných látek z vody, čímž se zlepšuje její kvalita pro různá využití. Tento typ filtrace se používá, když je potřeba zachytit a odstranit z vody velké množství nečistot, a je zvláště užitečný pro aplikace, kde je potřeba zachovat konstantní tlak a průtok vody. (Grünwald, 1997)

3.11. Dávkování chemikálií

Cílem je aplikovat přesně takové množství chemikálií, které je nezbytně nutné – ani více, ani méně, aby se zabránilo potencionálně negativním dopadům. Při chemické úpravě vody je využíváno široké spektrum chemikálií, které mají různorodý efekt nejen na konečnou jakost vody, ale také na chemikálie jsou kladeny specifické požadavky. Tyto požadavky na chemikálie jsou zmíněny vyhláškou č. 37/2001 Sb. (Zelinka, Formánek, 2005)

3.11.1. Běžně používané a dávkované chemikálie

Běžně používané a dávkované chemikálie jsou:

- Chlór – dezinfekce vody,
- chloritan sodný/chlornan sodný – jedná se o alternativní dezinfekční prostředek k chloru,
- koagulanty – používají se k srážení a odstranění částic,
- síran hlinitý – odstraňování suspenze a alkaloidů,
- síran železitý – odstraňování fosfátů a těžkých kovů z vody,

- hydroxid sodný, vápenatý a uhličitan sodný – úprava pH vody, důležitá pro navazující procesy,
- fluorizace (fluorid sodný) – používá se k posílení zubní skloviny, zejména bývá používána v případě, kdy přirozený fluor ve vodě má nízkou hladinu, nicméně dnes se již moc nevyužívá,
- manganistan draselný a chlornan sodný – oxidace manganu a železa.

(Zelinka, Formánek, 2005), (Vostrčil, Hubáčková, Štamberková, 2005), (Slavičková, Slaviček, 2013)

Toto jsou jen některé příklady chemikálií, které bývají dávkovány do vody v malých úpravárnách vody. Zvolení vhodných chemikálií vždy závisí na prvotní analýze vody a na tom, jaké vody chceme pomocí úpravy dosáhnout. Tyto chemikálie mohou být dávkovány do vody mnoha různými způsoby.

3.11.2. Dávkovací čerpadla

Chemikálie jsou dávkovány pomocí dávkovacího čerpadla, které na základě měření průtoku vody dávkuje dostatečné množství chemikálií. Tento způsob je plně automatický a naprogramovaný. Dávkovací čerpadlo vyžaduje připojení k elektřině, nicméně nezabírá mnoho prostoru. Jedná se o malé zařízení obdélníkového tvaru, které bývá umístěno na vhodné místo, aby bylo lehce dosažitelné. Bývá připevněné na zásobník s chemikáliemi. Tento zásobník je nejčastěji ve formě plastové nádoby různých rozměrů a objemů. Nastavení dávkovacího čerpadla není složité. Jedná se o nastavení frekvence dávkování a velikost dávky podle průtoku vody. Bývá nastaveno odborníky. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)



Obr. 5 Automatické dávkovače na chemii (WATERLife, 2023)

3.11.3. Ruční dávkování

V menších úpravnách vody, kde např. není úpravna tak vytížená je možné dělat i ruční dávkování chemikálií. Nicméně, i když se jedná asi o nejméně nákladný způsob, je to také nejsložitější způsob. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

3.12. Technologie, kterými malé úpravny vody disponují

3.12.1. Provzdušňování vody

Aerace vody, prováděná za použití atmosférického kyslíku, přináší řadu významných přínosů. Tento proces umožňuje odstranění nežádoucích plynů, jako jsou oxid uhličitý a sirovodík, které mohou vodě dodávat nevhodnou chuť nebo zápach. Dále dochází k precipitaci železa a manganu z jejich rozpustné formy do nerozpustné, což umožňuje jejich

následné odstranění. Aerací se také zvyšuje obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě, což je klíčové pro určité biologické procesy a podporuje další úpravy vody. Kromě toho tento proces napomáhá odstranění určitých organických látek přítomných ve vodě. (Zelinka, Formánek, 2005), (online zdroj: <https://www.mivalt.cz/terminologie/provzdusnovani>)

3.12.2. Dezinfekce pomocí UV záření

Metoda dezinfekce vody pomocí ultrafialového záření spočívá ve vystavení mikroorganismů UV světlu. Tento přístup je účinný, jelikož ultrafialové záření inhibuje schopnost mikroorganismů se rozmnožovat, čímž je činí neškodnými pro lidi. (Michek, Daříčková, 2007), (Zelinka, Formánek, 2005)

3.12.3. Kdy se UV záření využívá?

UV dezinfekce se využívá jak v domácnostech, tak v komunitních zařízeních a vodárenských společnostech k zajištění kvality pitné vody. Tato technologie nachází uplatnění rovněž ve velkých vodních úpravárnách, potravinářském a farmaceutickém průmyslu, kde jsou na čistotu vody kladeny vysoké požadavky. Kromě toho se UV záření používá i v bazénech jako alternativa k tradičnímu chlorování vody. (dostupné online: <https://www.bkg.cz/uv-zareni-430>)

3.12.4. Výhody UV dezinfekce vody

UV dezinfekce vody přináší několik významných výhod, které z ní činí atraktivní metodu pro čištění vody. Jednou z klíčových předností je, že tento proces nevyžaduje použití žádných chemických látek, což eliminuje potřebu jejich dávkování. Kromě toho je UV dezinfekce schopna dosáhnout svých účinků výrazně rychleji než tradiční metody, a to bez jakýchkoli změn v chemickém složení vody, pokud je správně použita. Zajímavé je také, že podle současných znalostí, UV dezinfekce účinněji působí proti formám parazitů, které jsou rezistentní vůči běžným chemickým dezinfekčním metodám. (dostupné online: <https://www.bkg.cz/uv-zareni-430>)

3.12.5. Nevýhody UV

Nicméně, UV dezinfekce má i své nevýhody. Oproti chemickým metodám, jako jsou chlor nebo ozon, není možné během praktické aplikace přímo měřit dávku UV záření, což může být limitující pro některé aplikace. Dále je účinek UV dezinfekce omezen pouze na místa, kde dojde k ozáření vody a nezajišťuje trvalou ochranu proti mikroorganismům v celém vodovodním systému. Tyto faktory je třeba zvážit při rozhodování o nevhodnější metodě dezinfekce vody. (dostupné online: <https://www.bkg.cz/uv-zareni-430>)

3.13. Využití malých úpraven vody

Malé úpravny vody mají širokou škálu využití a jsou zvláště užitečné v situacích, kde velké, centralizované úpravny vody nejsou praktické nebo ekonomicky proveditelné. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

3.13.1. Využití pro menší komunity

Tyto úpravny lze použít pro vesnice, menší města nebo např. rekreační oblasti, kde není k dispozici voda z veřejného vodovodu, nebo nedosahuje požadované kvality. Nejčastěji využívají vodu z lokálních zdrojů, jako jsou vrty nebo studny. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

3.13.2. Využití pro průmysl

V průmyslu se úpravny vody využívají k dosažení specifických účelů daného průmyslu. Může se jednat o dosažení např. vody demineralizované vody nebo vody vhodné pro chlazení. Tyto úpravny následně umožňují podnikům kontrolovat a optimalizovat využití vody ve svých operacích. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

3.13.3. Využití pro jednotlivé domácnosti

Malé úpravny vody mohou být nainstalovány přímo v domácnostech. Zejména v místech, kde není k dispozici voda z veřejného vodovodu nebo dosahuje nízké kvality. Může být připojena přímo na studnu, kterou domácnost disponuje. (Robert Horký, školitel, ústní sdělení, Brno, 2022)

3.13.4. Využití ve stavebnictví

Jedná se často o mobilní řešení, kde je potřeba docílit specifických standardů pro danou činnost. Jako příklad se dá uvést potřeba vody pro razicí stroje na vytěžení zeminy. V odlehlé oblasti, kde nebyl dostatek kvalitní vody pro těžbu, se zvolila možnost malé úpravny vody, která z dostupných vodních zdrojů (kde voda nebyla vhodná k užívání) čistila vodu, která se následně dala použít k daným účelům. (Tomáš Laichter, Projektant, ústní sdělení, Praha, 2023)

Voda se musela upravit, protože by jinak zanesla těžební stroje. Ne zvolila se možnost použití pitné vody z blízkých úpraven vody vesnic, protože tato možnost by byla velmi nákladná a ani na ni nebyla kapacita. (Tomáš Laichter, Projektant, ústní sdělení, Praha, 2023)

3.14. Výhody a nevýhody malých úpraven vody

Jak již bylo zmíněno. Malé úpravny vody slouží hlavně k zajištění vody v místech, kde se běžné centralizované úpravny vody nevyskytují nebo nevyhovují z různých důvodů. Malé úpravny vody mohou být zvláště užitečné v rozvojových zemích nebo odlehlých oblastech.

Výhody malých úpraven vody

- **Přístup k čisté vodě** - malé úpravny vody umožňují přístup k bezpečné a pitné vodě v oblastech bez centralizované infrastruktury.
- **Flexibilita** - každá úpravna vody je svým způsobem jedinečná. Navrhují se tak, aby vyhovovaly specifickým požadavkům, které na ně jsou.

- **Nízké počáteční náklady** - oproti velkým úpravnám vody vyžadují mnohem menší kapitálové investice.
- **Snížení dopravních nákladů** - tím, že jsou blíže uživatelům, snižují se náklady a energetická náročnost spojené s distribucí vody.
- **Podpora rozvoje** - mohou hrát důležitou roli v rozvojových zemích.
- **Jsou přenosné** - i malou úpravnu vody lze navrhnout tak, že ji uživatel přenesou sebou do nepřístupných lokalit, kde není čistý zdroj vody.

Nevýhody malých úpraven vody

- **Omezená kapacita** - tyto úpravný nejsou vhodné pro městské oblasti, kde je potřeba větší množství vody.
- **Vyšší provozní náklady** - menší měřítko může znamenat vyšší jednotkové náklady na ošetření vody.
- **Potřeba odborného dozoru** - správný provoz malých úpraven vody vyžaduje kvalifikovaný personál a pravidelnou údržbu.
- **Kvalita vody** - v závislosti na použité technologii může být kvalita vody nestabilní.

3.15. Budoucnost malých úpraven vody

Jaká je budoucnost úpravy vody? Jaké nové technologie se vyvíjejí? Jaká je budoucnost úpraven vody? Čím budou disponovat? Bude se to lišit oproti malým úpravnám vody? A jaká je budoucnost malých úpraven vody? V jakých nových situacích budou lidé moci používat malé úpravný vody? Jaké nové technologie budou tyto úpravný mít? Jak tyto technologie budou fungovat? Vyvíjí se již dnes něco konkrétního, co by mohlo v úpravě vody udělat revoluci? Co to je?

Technologie úpravy vody se neustále vyvíjejí a nabízejí nové možnosti pro zajištění čisté a bezpečné pitné vody pro lidstvo. Integrace pokročilých technologií je klíčová pro řešení výzev spojených s vodními zdroji. Budoucnost úpravy vody nejspíš bude velice rozmanitá a inovativní.

3.15.1. Grafénové filtry

V současnosti, kdy se planeta potýká s globálním oteplováním, dochází v mnoha oblastech ke snižování dostupných zdrojů vody. Tento fakt způsobuje rostoucí zájem o technologie sloužící k odsolování mořské vody, které je na Zemi relativně hojně k dispozici. Výzkumníci z Manchesterské univerzity přinášejí nadějně zprávy, že jsme blízko k praktickému využití nových metod, které by mohly poskytnout čistou pitnou vodu milionům lidí, kteří se denně potýkají s jejím nedostatkem. Tyto poznatky navazují na předchozí studie ukazující, že membrány vyrobené z oxidu grafěnu mají vynikající schopnosti separovat plyny. Grafénové membrány se navíc ukázaly být extrémně účinné při filtrování nanočástic, organických molekul a dokonce i solných molekul, což otevírá nové možnosti pro výrobu pitné vody. (zdroj online: <https://www.osel.cz/9332-grafenove-nanosito-udela-z-morske-vody-pitnou.html>)

3.15.2. Flexibilní úpravy

Tím, že malé úpravy vody mohou být navrženy v různých velikostech, se nám otevírá mnoho možností v budoucnosti. Úpravna tudíž může být přenosná. Taková úpravna by mohla pomáhat lidem v odlehlých místech, kde není možná větší úpravna. Dále při různých expedicích nebo při přírodních katastrofách, kdy pitná voda není dostupná. Možností využití je mnoho. Tato zmenšená úpravna sice není tak výkonná, jako její větší sourozenci, ale jejich možnosti jsou naprosto rozdílné. (Horký, Robert, školitel, ústní sdělení, Brno, 20.7.2022)



Obr. 6 Přenosná úpravna vody (WATERLife, 2023)

3.15.3. Nanotechnologie

V budoucnu bude na vývoj technologií pro čištění vody zásadně působit rozvoj nanotechnologií a membránových technik. Díky pokrokům v oblasti nanofiltrace a dalších pokročilých metod dojde k vylepšení procesů čištění vody, což umožní efektivnější odstranění menších částic a nečistot, které doposud odstranit nešly, jako jsou např. pesticidy, těžké kovy.

(zdroj online: <https://www.watercare.co.uk/the-future-of-water-treatment-technology-what-will-it-bring/#:~:text=Water%20purification%20technologies%20of%20the,quality%20and%20calcium%20treatment%20units>)

Výhled do budoucnosti čištění vody slibuje zajištění čistější a bezpečnější pitné vody pro lidi po celém světě, přičemž snadnější dostupnost této vody by měla být samozřejmostí. Pokračující pokrok v technologii dává naději na vznik nových, inovativních řešení, která řeší výzvy spojené s kvalitou vody a podporují zdravější životní prostředí pro budoucí generace.

(zdroj online: <https://drinkprime.in/blog/emerging-trends-in-water-purifier-technology-2023/#:~:text=Nanotechnology,even%20smaller%20particles%20and%20contaminants>)

4. Diskuse

Proč si pořídit malou úpravnu vody domů? Hlavní výhodou je, že malá úpravna vody u nás doma může být navržena podle našich vlastních představ a požadavků. Jako první musí být proveden rozbor vody, abychom zjistili, s jakou vodou pracujeme.

Pokud chceme, aby voda obsahovala nějaké konkrétní minerály, tak si je můžeme do vody díky úpravně doplnit. V dnešní době se ceny vodného a stočného pouze zvyšují, a ne vždy tomu odpovídá i zkvalitnění služeb. Disponujeme-li vlastním zdrojem vody např. studnou, kde ale voda není upravována, můžeme díky takovéto domácí úpravně vody ušetřit nemalé prostředky.

Úpravna vody nemusí být vždy složitá, může se jednat o zcela jednoduchou úpravnu, kdy můžeme např. jen upravovat vodu užitkovou, kde například budeme chtít vyfiltrovat pouze nějaké větší částice z vody. Dále můžeme vodu změkčovat. Mnoho lidí má problémy s tvrdostí vody, kdy se může ve varné konvici, v pračce tvořit vodní kámen. Malá domácí úpravna vody nám může vodu z řádu změkčit.

Také se jedná o ekologický přístup, protože používáním domácí úpravny vody můžeme snížit svoji závislost na balené vodě a tím přispět k ochraně životního prostředí, tím že snížíme množství plastového odpadu, kterého je v dnešní době mnoho a špatně se s ním nakládá.

Na vlastní domácí úpravnu vody není potřeba žádné povolení, je potřeba provést rozbor vody a kontaktovat specializovanou firmu, která na základě provedeného rozboru a našich představ následně navrhne vhodné řešení.

Dle článku „*The Challenges of Small Water Treatment Facilities*“ jsou hlavní problémy úpraven vody limitované rozpočty a z toho vyplývající omezené technologie a nedostatek kvalifikované pracovní síly. Toto může vyústit v následnou sníženou kvalitu upravené vody. (dostupné online: <https://www.watercolormanagement.com/the-challenges-of-small-water-treatment-facilities/>)

V tomto případě je jen na každém z nás, zdali budeme preferovat levnější cenu vody, nebo dáme přednost kvalitnější, ale také dražší možnosti. Já osobně bych raději preferoval dražší, ale kvalitnější vodu, protože vodu potřebujeme k životu, pijeme ji každý den, umýváme se

s ní a potřebujeme ji na řadu dalších činností. Proto si myslím, že kvalitní a čistá voda je základem. Pokud bychom se dali na cestu levnější varianty, musíme také počítat s nižší kvalitou vody. Nemusí to znamenat, že voda nebude vhodná ke spotřebě, ale z dlouhodobého hlediska může mít negativní dopad na náš organismus, zvláště v případech, kdy voda levnější bude obsahovat pesticidy, mikroplasty nebo různé hormony.

Dále se v článku zmiňuje nedostatek kvalifikované pracovní síly. Bohužel se stále více setkávám s nedostatkem pracovní síly ve vodním hospodářství, ať se jedná o projektanty nebo technické pracovníky ve vodohospodářské firmě. Z konkrétních řešení mě napadá zvýšení povědomí veřejnosti o vodním hospodářství nebo různé spolupráce se školami. Tento problém bude komplexnější a nebude ho snadné vyřešit.

5. Závěr a přínosy práce

Tato práce se podrobně zabývala malými úpravami vody, historií úpravy vody, jejich technologiemi, fungováním, využitím, budoucností. Skrze čtenářovo prozkoumávání bylo zjištěno, že malé úpravny vody hrají klíčovou roli ve zlepšování přístupu k pitné a bezpečné vodě v různých oblastech, nebo pomáhají získat vodu tam, kde na ni jsou nějaké konkrétní požadavky.

Základním zjištěním je, že malé úpravny vody přinášejí flexibilitu, efektivitu a dostupnost v oblastech, kde velké úpravny vody nejsou praktické nebo ekonomicky proveditelné. Inovace v technologiích úpravy vody, jako je například používání nanomateriálů ve filtraci, otevírá nové možnosti pro zlepšení kvality a efektivitu malých úpraven vody.

Jedním ze zjištění je také to, že udržitelnost a ochrana životního prostředí jsou neoddělitelnou součástí designu malých úpraven vody. Výzvy, jako je energetická efektivita, minimalizace odpadu a ekologické stopy, jsou stále více zohledňovány při vývoji nových systémů a řešení.

Závěrem lze říct, že malé úpravny vody hrají nezastupitelnou roli v globálním úsilí o zajištění dostupnosti čisté vody pro všechny. Pokračující výzkum a inovace v této oblasti jsou klíčové pro řešení budoucích výzev spojených s vodními zdroji a jejich udržitelným využíváním. Tato práce poskytuje ucelený přehled o důležitosti a možnostech malých úpraven vody.

Malé až domácí úpravny vody jsou pro lidstvo obrovská výhoda. Jejich využití je opravdu široké, ať už jde o domácí potřeby nebo průmysl. I díky této technologii má dnes vodu ve vyspělém světě téměř každý.

6. Zdroje

- Grünwald, Alexander. Zdravotně inženýrské stavby 40, Úprava vody. Vydavatelství ČVUT, 1997, ISBN 80-0101658-7
- Juuti, Petri S. Environmental history of water - global views on community water supply and sanitation. 1.vydání London : IWA, 2007. ISBN 978-1-84339-110-4. Spoluautoři Katko, Tapio S., Vuorinen, Heikki S.
- MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN isbn80-86020-13-4
- Michek, Václav a Daříčková Anita. *Upravujeme vodu doma a na chatě*. Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN 978-80-247-1546-9
- MOULIK, Siddhartha, Aditi Mullick a Anirban Roy. *Sustainable Water Treatment*. Wiley Global Headquarters, USA, 2022. ISBN 978-1-119-47998-7
- Slavíčková, Kateřina a Slavíček, Marek. *Vodní hospodářství obcí 1 Úprava a čištění vody*. Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006, 2013, ISBN 978-80-01-05390-4
- VOŠTRČIL, Josef, Jana HUBÁČKOVÁ a Marta ŠTAMBEROVÁ. *Jakost surových vod a jejich upravitelnost ve vodárnách ČR: (s využitím zahraničních zkušeností)*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2005. ISBN 80-85900-55-6

- Zelinka, Zdeněk a Formánek, Zdeněk. Stavíme úpravný vody. 1. vydání. ERA group spol. s r.o. 2005, ISBN 80-7366-036-9
- Žáček, Ladislav. Technologie úpravy vody. Nakladatelství Vutium, 1998, ISBN 80-214-1257-7

Internetové zdroje:

- Angel Water Inc., © 2024: What Is the History of Water Treatment? (online) [cit. 2023.11.16], dostupné z < <https://angelwater.com/blog/history-water-treatment/#> >
- University of Strathclyde, Glasgow, Robert Thom – Inventor of water filtration system (online), [cit.2024.1.13] dostupné z < <https://www.strath.ac.uk/alumni/connectandnetwork/alumnusalumnaoftheyearaward/alumniinhistory/robertthom/> >
- Historia Sanitaria, 1829 – James Simpson introduced filtration for the London Water supply(online) [cit. 2024.1.13], dostupné z < <https://www.wiki.sanitarc.si/1829-james-simpson-introduced-filtration-london-water-supply-esthetic-reasons/> >
- City of Poughkeepsie, History (online) [cit. 2024.1.13], dostupné < <https://cityofpoughkeepsie.com/378/History> >
- Jodi Sulpizio, 26.8.2022, Microplastics in Our Waters, an Unquestionable Concern (online) [cit. 2023.12.7], dostupné z <<https://extension.psu.edu/microplastics-in-our-waters-an-unquestionable-concern#:~:text=Are%20we%20consuming%20microplastics%3F,Mason%2C%20a%20Penn%20State%20researcher> >

- Maria Godoy, 19.10.2020, Study: Plastic Baby Bottles Shed Microplastics When Heated. Should You Be Worried? (online) [cit. 2023.12.7], dostupné z < <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2020/10/19/925525183/study-plastic-baby-bottles-shed-microplastics-when-heated-should-you-be-worried#:~:text=via%20Getty%20Images-.A%20new%20study%20shows%20that%20plastic%20baby%20bottles%2C%20when%20heated,release%20microplastics%20into%20the%20liquid.&text=Microplastics%20are%20tiny%20fragments%20of,re%20created%20as%20plastic%20degrades> >
- Ing. Musil Petr, Membránová filtrace pro úpravu pitné vody (online) [cit. 2023.11.26], dostupné z < <https://www.asio.cz/cz/news/membranova-filtrace-pro-upravu-pitne-vody.44> >
- BKG Úprava vody, UV záření (online) [cit. 2023.2.25], dostupné z < <https://www.bkg.cz/uv-zareni-430> >
- Rosas Henry, 25.8.2019, The Dangers of Plastic Bottled Water and How to Prevent Them (online) [cit. 2023.12.7], dostupné z < https://www.linkedin.com/pulse/dangers-plastic-bottled-water-how-prevent-them-henry-rosas?trk=articles_directory >
- IBWA, Bottled water storage (online) [cit. 2024.2.18], dostupné z < <https://bottledwater.org/bottled-water-storage/> >
- Mihulka Stanislav, 4.4.2017, Grafenové nanosíto udělá z mořské vody pitnou (online) [cit. 2024.2.25], dostupné z < <https://www.osel.cz/9332-grafenove-nanosito-udela-z-morske-vody-pitnou.html> >

- Marianna Ciślak, Izabela Kruszelnicka, Joanna Zembrzuska, Dobrochna Ginter-Kramarczyk, 25.11.2022, Estrogen pollution of the European aquatic environment: A critical review (online) [cit. 2024.2.18], dostupné z < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135422013586> >
- Hydria Virtual Museum, Greece, Athens, The Peisistratos Aqueduct of Athens (online) [cit. 2024.3.17], dostupné z < <https://hydriaproject.info/en/case-studies/the-peisistratos-aqueduct-of-athens/waterworks> >
- Gabby, Li, naposledy upraveno 18.10.2023, Dujiangyan Irrigation System (online) [cit. 2023.1.13], dostupné z < <https://www.travelchinaguide.com/attraction/sichuan/chengdu/dujiangyan.htm> >
- DRINKPRIME, ©2023, Emerging Trends in Water Purifier Technology: 2023, (online) [cit. 2024.3.17], dostupné z < <https://drinkprime.in/blog/emerging-trends-in-water-purifier-technology-2023/#:~:text=Nanotechnology,even%20smaller%20particles%20and%20contaminants> >
- WaterColor Management, ©2021, The Challenges of Small Water Treatment Facilities (online) [cit. 2024.3.17], dostupné z < <https://www.watercolormanagement.com/the-challenges-of-small-water-treatment-facilities/> >
- Watercare, The Future Of Water Treatment Technology: What Will It Bring? (online) [cit. 2024.3.17], dostupné z < <https://www.watercare.co.uk/the-future-of-water-treatment-technology-what-will-it-bring/#:~:text=Water%20purification%20technologies%20of%20the,quality%20and%20calcium%20treatment%20units> >

Ústní sdělení:

Horký, Robert, školitel, Brno, 20.7.2022

Laichter, Tomáš, projektant, Praha, 14.11.2023

Legislativní zdroje a normy:

ČSN 75 0150 - Vodní hospodářství - Terminologie vodárenství 05/2008

Vyhláška č. 252/2004 Sb. - Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 37/2001 Sb. - Vyhláška Ministerstva zdravotnictví o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

Zákon č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Zákon č. 274/2001 Sb. - Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Pont du Gard (The editors of Encyclopaedia Britannica, Pont du Gard, Roman bridge-aqueduct, Nîmes, France (online)), dostupné z

< <https://www.britannica.com/topic/Pont-du-Gard> >

Obrázek 2: Malá úpravna vody (Water Life, 2023)

Obrázek 3: Diskové filtry (katalog AZUD)

Obrázek 4: Sít'ová filtrace (katalog AZUD)

Obrázek 5: Automatické dávkovače na chemii (Water Life, 2023)

Obrázek 6: Přenosná úpravna vody (Water Life, 2023)