

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

DOÚPRAVA PITNÉ VODY V MÍSTĚ JEJÍ SPOTŘEBY

ADDITIONAL TREATMENT OF DRINKING WATER AT THE POINT OF CONSUMPTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LADISLAV HRUBÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Ladislav Hrubý
Název	Douprava pitné vody v místě její spotřeby
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016
V Brně dne 30. 11. 2015	

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 4th ed. New York: McGraw-Hill, c1990, 1194 s. ISBN 0-07-001540-6.
- [2] Water treatment handbook. 7th [English] ed. Rueil-Malmaison, France: Degremont, 2007. ISBN 978-2-7430-0970-0.
- [3] ŽÁČEK, Ladislav. Chemické a technologické procesy úpravy vody. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, c1999, 239 s. ISBN 80-86020-22-3.

Zásady pro vypracování

V bakalářské práci budou řešeny metody dóúpravy vody na domovních vodovodních přípojkách, zejména v ukazatelích, jejichž hodnoty se mohou nepříznivě měnit v průběhu dopravy vody. Práce bude obsahovat rešerši shrnující dostupné metody, filtrační materiály a příklady použití. Dále bude provedena návrhová část, kde student navrhne konkrétní proces dóúpravy vody pro vybrané kontaminanty.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problémem znečištění pitné vody v průběhu její dopravy ke spotřebiteli, zejména pak znečištění těžkými kovy jako olovo a měď a shrnuje metody, kterými by se dali tyto znečišťující látky odstranit a to na domovních přípojkách či vodovodních bateriích. Dále jsou pak popsány jednotlivé filtrační materiály společně s procesy, které při filtraci probíhají. Závěrem byl proveden pokus pro zjištění nejvhodnějšího filtračního materiálu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pitná voda, úprava vody, olovo, měď, filtrace, filtrační materiály

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with problem of pollution in drinking water during its transport towards consumers. It particularly deals issues with heavy metals such as lead, copper and sums up methods which can be used when trying to remove such metals at water connections or taps. Next, particular filter materials are described together with processes that happen during filtration. Finally, a short experiment has been performed for finding out the most appropriate filter material.

KEY WORDS

Drinking water, water treatment, lead, copper, filtration, filter materials

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

HRUBÝ, Ladislav. *Doúprava pitné vody v místě její spotřeby*. Brno, 2016. 55 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22.5.2016

.....
podpis autora
Ladislav Hrubý

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce,
Ing. Tomáši Kučerovi, Ph.D. za ochotu, odborné rady a připomínky.
V neposlední řadě bych také rád poděkoval své rodině za čas a podporu při studiích.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	OLOVO V PITNÉ VODĚ	11
2.1	Historie.....	11
2.1.1	Římské olověné potrubí	11
2.2	Toxikologie	12
2.3	Legislativní požadavky na obsah olova v pitné vodě.....	13
2.4	Zdroje znečištění pitné vody olovem	14
2.5	Olovo jako materiál pro vodovodní systémy	14
2.6	Výskyt olova v pitné vodě v ČR	15
2.6.1	Výskyt olova v pitné vodě ve městě Brně.....	16
2.7	Uvolňování kovů z varných konvic.....	18
2.7.1	Uvolňování kovů z vodovodních baterií	19
2.8	Vliv fosforečnanů na plumbosolvataci	20
2.8.1	Použití fosforečnanů v ČR.....	21
2.9	Dotace na výměnu olověného potrubí v roce 2016	23
3	MĚĎ V PITNÉ VODĚ	25
3.1	Úvod	25
3.2	Historie.....	25
3.3	Toxikologie	26
3.4	Legionella v pitné vodě	27
3.5	Legislativní požadavky na obsah mědi v pitné vodě	27
3.6	Úprava pitné vody mědí	28
3.7	Výskyt mědi v pitné vodě v ČR	28
3.7.1	Ověření obsahu mědi v pitné vodě při reálném použití v rodinném domě	29
4	TVRDOST VODY	31
4.1	Změkčování vody	31
4.2	zDRAVOTNÍ VÝZNAM TVRDOSTI PITNÉ VODY.....	32
5	CHLOR V PITNÉ VODĚ	33
5.1	Historie.....	33

5.2	Negativa chemické dezinfekce pitné vody	33
6	METODY ÚPRAVY PITNÉ VODY NA PŘÍPOJCE	34
6.1	Membránové procesy(reverzní osmóza, nanofiltrace, ultrafiltrace a mikrofiltrace).	34
6.2	Sorpce.....	37
6.2.1	Historie sorpčních procesů.....	37
6.2.2	Mechanismus sorpce.....	37
6.2.3	Fe(OH) ₃	38
6.2.4	CeO ₂	38
6.2.5	Lignit	38
6.2.6	Aktivní uhlí.....	39
6.2.7	BAYOXIDE E33	39
6.2.8	KEMIRA CFH 12.....	39
6.2.9	KDF-Kinetic degradation fluoxin	39
6.3	Příklady filtračních zařízení	40
6.4	Zdravotní rizika domácí úpravy pitné vody	44
7	EXPERIMENT	45
7.1	Průběh experimentu	45
7.2	Výsledky rozboru	46
8	ZÁVĚR	48
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	49
	SEZNAM TABULEK	52
	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	54
	SUMMARY	55

1 ÚVOD

Voda během své přepravy ke spotřebiteli urazí mnohdy velmi dlouhou vzdálenost, při které může dojít k negativnímu ovlivnění kvalitativních vlastností. Příčinou tohoto jevu je zejména kontakt s kovovým potrubím a případná stagnace pitné vody v tomto systému. Mezi hlavní negativně ovlivňující látky můžeme jmenovat například olovo, ze kterého se vyrábělo potrubí již ve starověkém Římě. Po druhé světové válce se olověné vodovodní přípojky přestaly vyrábět, ovšem jejich negativní vliv a dopad na lidské zdraví vlivem uvolňování tohoto těžkého kovu do pitné vody se monitoruje ještě v dnešní době.

Během dopravy ke spotřebiteli projde pitná voda také vnitřními vodovodními rozvody, které jsou občas vyrobeny z mědi. I zde dochází k částečnému ovlivnění kvality vody. Pozornost byla věnována také vodovodním bateriím a rychlovarným konvicím, které také přijdou do styku s pitnou vodou během její konzumace v domácnostech.

Závěrem byly popsány filtrační technologie a materiály, které by tyto polutanty mohly odstranit a zmíněny jsou také vybrané filtrační přístroje, určené k osazení buď na domovní přípojku nebo přímo na vodovodní baterii. Použití těchto filtračních vložek by mělo za následek snížení tohoto znečištění, ať už by se jednalo o kontaminaci těžkými kovy, velkou tvrdost vody či dechloraci. Vhodnost takového přístroje musí být ovšem citlivě posouzena u každého případu individuálně.

2 OLOVO V PITNÉ VODĚ

2.1 HISTORIE

Olovo (plumbum – Pb) je těžký kov, který je znám a lidstvem využíván od starověku. Vzhledem k velmi nízkému bodu tání (327 °C) je totiž dobře kujný a také odolný vůči korozi. Proto se stal oblíbeným a v určitém období i hojně používaným materiálem rovněž ve vodárenství. První použití olověného potrubí pro pitnou vodu v našich zemích je doloženo ze zbraslavského kláštera z roku 1333. Během středověku bylo využíváno jen na koncové přípojky u kašen, ale v průběhu 19. století nastalo jeho plošné využití jak na domovní přípojky, tak na domovní rozvody pitné vody. Vzhledem k pozorovaným zjevným a akutním otravám, k nimž však následně došlo v řadě míst Evropy (tam, kde voda byla velmi korozivní), můžeme zhruba od přelomu 19. a 20. století pozorovat první pokusy o regulaci této oblasti. I když se v průběhu první poloviny 20. století postupně přijímala různá preventivní opatření a nakonec se přestalo olověné potrubí vůbec používat, olověné přípojky a vnitřní rozvody zůstaly na mnoha místech dodnes.[1]

2.1.1 Římské olověné potrubí

Ve starém Římě představovalo olovo celkem běžný kov. Zbývalo ve značném množství jako vedlejší produkt při zpracování stříbrných rud. Odhaduje se, že roční produkce olova se ve starověkém Římě pohybovala kolem 80 000 tun. Kov našel uplatnění především při výrobě nádob a potrubí. Olověné trubky tzv. *fistulae* sloužily například k rozvodu pitné vody ve velkých městech. Římané si zjevně neuvědomovali, že olovo je vysoce toxické a že se z nádob i z vodovodního potrubí dostává do pokrmů, nápojů a v neposlední řadě do pitné vody přiváděné olověným potrubím až do domů. Především lidé z vyšších vrstev tak konzumovali s vodou a pokrmů značné množství toxického kovu. Data mezinárodní skupiny vědců pod vedením Francise Albarèdea z Université Claude Bernard Lyon dokazují, že odpadní voda z římských domácností obsahovala stokrát více olova než voda z místních pramenů sloužících jako zdroje pitné vody. Toto zvýšení koncentrace olova lze jednoznačně připsat na vrub distribuci pitné vody olověným potrubím. O tom, že olovo v usazeninách pochází skutečně z římských vodovodů, svědčí výmluvně i skutečnost, že usazeniny z dob po pádu Říma, kdy došlo k rozsáhlému poškození olověného vodovodního řádu, jsou na olovo výrazně chudší.[3]



Obr. 2-1 Římské olověné potrubí [3]



Obr. 2-2 Římské olověné potrubí v městě Bath [3]

2.2 TOXIKOLOGIE

Olovo se po vniknutí do organismu ukládá hlavně v kostech, játrech, ledvinách a v určitém množství se nachází v krvi. I stopy olova v okolním prostředí a potravě mohou vést při trvalém přísunu do organismu k těžkým onemocněním, protože olovo se v těle kumuluje a vylučuje se jen obtížně. Dětský organismus zachytí cca 50 % přijatého olova, dospělý jen 8 %. Bylo prokázáno, že trvalá expozice i v nízkých dávkách může vést k poškození vyvíjející se nervové tkáně, což se u dětí projevuje zpomalením duševního vývoje, snížením IQ, dyslexií, poruchami koncentrace a jinými poruchami chování. Proto je jeho expozice zvláště nebezpečná pro těhotné ženy a malé děti. Zvyšuje rovněž krevní tlak. [2]

Klinické příznaky akutní otravy olovem (bolesti břicha a kloubů, třes, anémie a známky poškození ledvin) byly popsány např. ještě v roce 1972 ve Skotsku u obyvatel některých farem zásobovaných měkkou agresivní vodou, kde se koncentrace olova vyluhovaného z potrubí pohybovaly od 0,5 do 3,0 mg/l.[1]

2.3 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA OBSAH OLOVA V PITNÉ VODĚ

Jak bylo již zmíněno výše, otravy olovem z expozice pitnou vodou byly v Evropě známy od druhé poloviny 19. století a tak otázka bezpečné koncentrace olova v pitné vodě byla v tuzemské odborné literatuře diskutována již mezi světovými válkami. Prvním závazným předpisem, který v České republice definoval hygienické požadavky na jakost pitné vody, byla až ČSN 56 7900 Pitná voda schválená v roce 1958 s platností od 1.7.1959. Ta požadovala obsah olova maximálně 0,1 mg Pb/litr vody.[2]

Tab. 2-1 Historický vývoj závazných požadavků na obsah olova v pitné vodě v České republice[2]

Předpis	Platnost	Požadavek na obsah olova
ČSN 56 7900 Pitná voda	1959-1964	Maximálně 0,1 mg Pb/litr Poznámka: Limitní hodnota z roku 1959 byla ve shodě s tehdejšími doporučením WHO. (International Standards for Drinking-water. 1st edition. WHO, Geneva 1958.)
ČSN 83 0611 Pitná voda	1964-1974	Maximálně 0,1 mg Pb/litr
ČSN 83 0611 Pitná voda	1975-1990	Nejvýše 0,05 mg/l Pb. Pozn.: Olovo zde bylo zařazeno mezi tzv. „závazné ukazatele“, což by v porovnání se současným stavem znamenalo ukazatel s nejvyšší mezní hodnotou.
ČSN 75 7111 Pitná voda	1991-2000	Nejvyšší mezní hodnota 0,05 mg/l. Poznámka: NMH je odvozena na podkladě přímých toxických účinků a podezření na pozdní účinky tohoto kumulativního jedu; rozsah příjmu vodou 10 až 50 %; kojenci a děti jsou citlivější; žáducí hodnota - nepřítomnost
Vyhláška MZ č. 376/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly	2001-2004	Nejvyšší mezní hodnota 0,025 mg/l.
Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody	2004- 2013	Nejvyšší mezní hodnota 0,025 mg/l (do 24.12.2013).
	2013-dosud	Nejvyšší mezní hodnota 0,01 mg/l

Jak je názorně vidět z tabulky 2-1., povolené limity na obsah olova v pitné vodě jsou za posledních 50 let 10krát nižší.

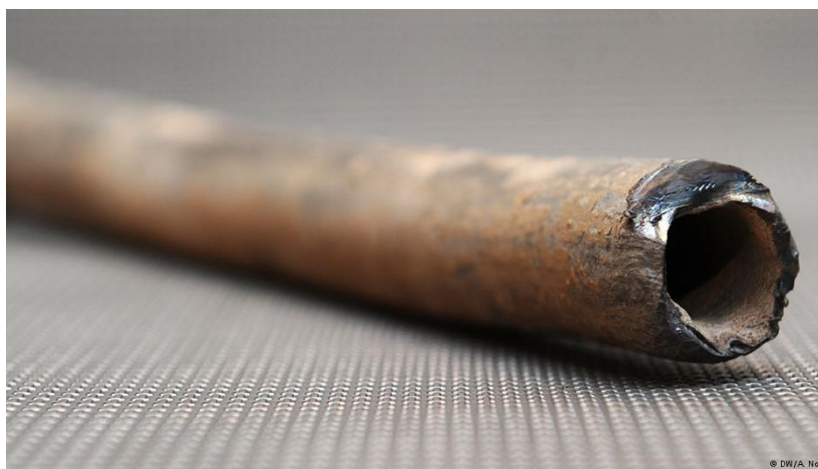
2.4 ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ PITNÉ VODY OLOVEM

Pitná voda může být teoreticky kontaminována olovem kdekoliv během své cesty od zdroje ke spotřebišti. V případě zdrojů by se mohlo jednat o znečištění vlivem rudných ložisek a bývalé těžby, popřípadě by takovéto vody kontaminovali vodu povrchovou. Jedná se však o velice specifické případy a pro kontaminaci pitné vody nejsou rozhodující.

Zdrojem olova v pitné vodě jsou téměř výhradně materiály, se kterými voda přichází do styku během distribuce, především olovené přípojky nebo olovené domovní rozvody, ale i některé starší typy PVC potrubí (olovo se dříve používalo jako stabilizátor při výrobě PVC potrubí) a dosud běžně používané drobné prvky z mosazí nebo červeného bronzu (armatury, vodoměry, spojky, vodovodní baterie apod.), které také mohou obsahovat až 3,5% olova z důvodu zlepšení jejich technických vlastností. Obsah olova ve vodě je určován kvalitou vody (stupněm agresivity vůči oloveným materiálům), dále materiálem potrubí, ze kterého byla vyrobena vodovodní přípojka a domovní instalace, rozsahem a uspořádáním domovní instalace a především chováním odběratele při spotřebě vody (průměrnou dobou stagnace vody v potrubí domovního rozvodu). Obsah olova ve vodě je proto velmi proměnlivý nejen v jedné zásobované oblasti, ale i v rámci jednoho domu a dokonce i jedné domácnosti.[1],[4]

2.5 OLOVO JAKO MATERIÁL PRO VODOVODNÍ SYSTÉMY

Olovo se stalo velmi rozšířeným materiálem v oblasti vodárenství a hojně se využívalo hlavně díky jeho mechanickým vlastnostem a odolnosti vůči korozi. Olovené trubky se běžně vyráběly o vnitřním průměru 10, 13, 20, 25 až 32 mm. První náznaky úpravy olovených přípojek a snahu o zlepšení jeho vlastností lze pozorovat na přelomu 19. a 20. století, kdy se začala aplikovat vnitřní ochranná cínová vrstva o tloušťce 0,5 mm nebo byly dokonce používány olovené trubky pouze uvnitř sítě, bez vnitřní cínové vložky. Význam použití pocínovaných trubek byl však sporný, neboť se nejednalo o čistý cín, ale směs (70-80 % cínu a 20-30 % olova), ze kterého se podle některých uvolňovalo olovo snadněji než z čisté olovené trubky. V průběhu 2. světové války se olovo stalo strategickým nedostatkovým materiálem a místo oloveného potrubí začalo být využíváno potrubí ocelové, krátce po skončení války pak bylo používání čistě olovených materiálů ukončeno (alespoň v českých zemích). Nicméně celá řada starých přípojek i domovních instalací z olovených materiálů je ještě v provozu, což ovšem není české specifikum, ale problém většiny evropských zemí.[2],[6]



Obr. 2-3 Olovené potrubí [5]

2.6 VÝSKYT OLOVA V PITNÉ VODĚ V ČR

Obsah olova v pitných vodách v ČR je systematicky sledován od 50. let 20. století, ale centrálně dostupných informací o nálezech před rokem 1994 existuje bohužel minimálně. Nejvyšší hodnoty, 200 µg/l, byly naměřeny v odběrovém místě v mateřské škole Jaroslavice (okr. Znojmo) a to v roce 1985. V období od roku 1994 do roku 2006 bylo zkontrolováno 39 698 vzorků pitné vody, kde se vyhodnocoval mj. také obsah olova. Získané hodnoty a porovnání s nejnovější nejvyšší mezní hodnotou, tedy 10 µg/l, uvádí následující tabulka. Pokud vezme-me v úvahu aktuální NMH, vyhovělo by z odběrných míst 96,75% míst. 3,25%, tedy 1292, by bylo nevyhovujících.[2]

Tab. 2-2 Výskyt olova v pitné vodě v ČR 1994-2006 (porovnání s limitní hodnotou 10 µg/l)[2]

Počet vzorků	39.698
Počet vzorků (%) s koncentrací pod mezí detekce	31.621 (79,65 %)
Počet vzorků (%) s koncentrací Pb (LoD ≤ Pb ≤ 10 µg/l)	6.785 (17,1 %)
Počet vzorků s koncentracemi Pb vyššími než 10 µg/l	1.292 (3,25 %)

Ministerstvo pro místní rozvoj připravilo a realizovalo program (v letech 2003-2013), který by podporoval výměnu olověných rozvodů pitné vody v nemovitostech. Dle metodiky “Monitoring obsahu olova v pitné vodě ve stavbách pro bydlení“, která určuje způsob odběru vzorků pitné vody a stanovení výsledků v rizikových domech byla hodnocena kvalita vody v různých městech po celé ČR a následně byly objekty zařazeny do 4 kategorií A až D (objekty kategorií C a D jsou doporučeny k výměně vnitřních rozvodů). Následně bylo možné požádat o udělení dotace na základě dané metodiky. Výsledky monitorování jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. 2-3 Přehled objektů podle kategorií dle metodiky pro podporu oprav domovních olověných rozvodů v období 2004-2007.[2]

Město	Kategorie				Celkem
	A	B	C	D	
Brno	0	1	1	2	4
Č.Budějovice	0	0	0	1	1
Hr.Králové	5	1	2	2	10
Jihlava	0	1	0	0	1
K.Vary	0	0	2	2	4
Kolín	0	0	0	1	1
Liberec	5	2	0	10	17
Olomouc	1	0	0	7	8
Ostrava	0	1	1	1	3
Pardubice	0	0	1	0	1
Plzeň	0	9	9	5	23
Praha	6	4	20	38	68

Ústí n.Labem	1	0	1	4	6
Zlín	0	0	0	0	0
Celkem	18	19	37	73	147

Vzhledem k nízké propagaci programu se o dotaci mezi vlastníky domů ví jen minimálně, z čehož pramení nízký zájem. Nicméně lze konstatovat, že ze všech vyšetřovaných olověných přípojek byly zhruba 2/3 v nevyhovujícím stavu.

2.6.1 Výskyt olova v pitné vodě ve městě Brně

Ve městě Brně v roce 1999 provedla společnost Brněnské vodárny a kanalizace a.s. měření, kdy se zjišťoval obsah olova ve vodě na vybraných lokalitách a to pomocí několika metod:

A) Posouzení vlivu vzorků trub starých vodovodních přípojek na kvalitu dopravované vody v laboratorních podmínkách.

B) Posouzení vlivu olověných vodovodních přípojek na kvalitu vody ze vzorků vody, odebraných z výtoků v nemovitostech.

C) Kontrola současného stavu cínových vložek v olověném potrubí starých vodovodních přípojek.

A) Při provádění oprav poruch resp. výměny olověných přípojek při vzniku jejich poruchy se odebralo několik vzorků potrubí, které se v původním stavu (včetně inkrustací) na jednom konci uzátkovali a naplnili pitnou vodou z vodovodní sítě. Voda se nechala v trubkách 8 hod a 24 hod. Cílem bylo simulovat nejnepríznivější stav, kdy se buď přes celou noc nekoná odběr v domě, nebo dokonce přes celý víkend, voda tak stagnuje v přípojce a následně se bez propláchnutí použije ke konzumaci. Tato zkouška byla provedena u tří vzorků trub z různých částí města s následujícím výsledkem.[6]

Tab. 2-4 Množství uvolněného olova po stagnaci vody v potrubí v laboratorních podmínkách[6]

Vzorek č.	Místo odběru vzorku trubky olověné přípojky	Stáří přípojky	Obsah olova ve vzorku vody po 8 hod. stagnace vody v potrubí	Obsah olova ve vzorku vody po 48 hod. stagnace vody v potrubí
		roky	mg/l	mg/l
1	Brno, ul. Na pískové cestě 4	65	14,8	30,7
2	Brno, ul. Králova 5	67	4,76	20,5
3	Brno, ul. Francouzská 65	73	67,4	72,9

Získané hodnoty ze 3 vzorků nemohou reprezentativně zastupovat celek, i myšlenka, kdy by se odběr nekonal po dobu 8 či 48 hodin a následně by došlo k přímé konzumaci, není pravděpodobně úplně správná. I laboratorní podmínky byly do značné míry odlišné od podmínek, kdy byla přípojka uložena v zemině. (např. vyšší teplota stagnující vody v trubce, částečné uvolnění inkrustací v trubce po jejich styku se vzduchem a při dopravě do laboratoře

apod.) Ve zprávě se přesto uvádí, že uvedené hodnoty jsou alarmující a to i přes tehdejší limity koncentrace olova (0,05 mg/l) i přes vyhlídkovou koncentraci (0,025 mg/l), která začala platit až o rok později, tedy od roku 2001. Pokud bychom srovnali koncentrace s dnešní NMH (0,01 mg/l), můžeme konstatovat, že limity byly překročeny řádově stokrát až tisíckrát.

B) Aby se vyhnulo extrémům, jako v předchozím případě a získaly se tak reprezentativnější hodnoty, které by měly větší vypovídající hodnotu o skutečném, reálném stavu koncentrací olova ve vodě, odebral se větší počet vzorků přímo z výtoků v domech v různých částech města a to během jednoho dne (8. 9. 1999), bez nějakého hlubšího zkoumání, jaký režim odběrů vody těsně před odbíráním vzorků předcházela. Výsledky rozborů vzorků jsou následující:

Tab. 2-5 Hodnoty koncentrací olova, získaných při odběrech z výtoků v domech [6]

Číslo místa odběru	Místo odběru vzorku vody v nemovitosti s olovenou přípojkou	Datum odběru vzorku	Obsah olova ve vzorku vody mg/l
1	Brno, ul. Vevří 56	8.9.1999	0,003
		22.10.1999	< 0,001
2	Brno, ul. Nerudova 2	8.9.1999	0,003
		22.10.1999	0,01
3	Brno, ul. Kounicova 42	8.9.1999	0,003
		22.10.1999	0,003
4	Brno, ul. Jílová 18	8.9.1999	0,56
		22.10.1999	0,011
5	Brno, ul. Hluboká 18	8.9.1999	0,034
		22.10.1999	0,053
6	Brno, ul. Teslova 3	8.9.1999	0,1
		25.10.1999	0,01
7	Brno, ul. Vránova 111	8.9.1999	0,005
		25.10.1999	0,03
8	Brno, ul. Výpustky 55	8.9.1999	0,012
		22.10.1999	0,017
9	Brno, ul. Poděbradova 42	8.9.1999	0,042
		22.10.1999	0,283
10	Brno, ul. Myslbekova 12	8.9.1999	0,003
		22.10.1999	0,004
11	Brno, ul. Vymazalova 22	8.9.1999	0,008
		22.10.1999	0,009
12	Brno, ul. Stejskalova 1	8.9.1999	< 0,001
		22.10.1999	0,012
13	Brno, ul. Šmejkalova 45	8.9.1999	0,003
		25.10.1999	0,002
14	Brno, ul. Minská 44	8.9.1999	0,002
		22.10.1999	0,002
15	Brno, ul. M. Stejskalové 6	8.9.1999	0,005
		22.10.1999	0,004

Z uvedené tabulky vyplývá, že hodnoty byly překročeny jen v několika případech (v tabulce zvýrazněny tučným písmem). Nejvyšší překročení došlo ve vzorku č. 4, ulice Jílová 18, a to více než jedenáctinásobně, v místě č. 9, ulice Poděbradova 42, šestinásobně. (porovnání s NMH z roku 1999). V porovnání s dnešní NMH by nevyhovělo celkem 7 vzorků, tedy téměř polovina.

V řadě případů při opakovaných odběrech vzorků ve stejných nemovitostech byly zjištěny zcela odlišné výsledky. Např. vzorek odebraný v nemovitosti na ul. Jílové 18 dne 8.9.1999 vykazoval extrémně vysoký obsah olova a opakovaný vzorek ze dne 22.10.1999 již vyhovoval požadavkům normy. Tyto zcela rozdílné výsledky lze přisuzovat tomu, zda byl odebrán vzorek vody, která jen přípojkou pouze rychle protékla, nebo byla-li odebrána voda, která při průchodu v olovené přípojkce nějakou dobu stagnovala, případně došlo-li v přípojkce k uvolnění inkrustů.[6]

C) Při provádění oprav nebo výměny olovených přípojek se odebralo 12 vzorků potrubí olovených přípojek z různých míst brněnské vodovodní sítě a tyto se nechali laboratorně posoudit ve Vojenském technickém ústavu ochrany v Brně z následujících hledisek:

1. Zda byly použité olovené trubky přípojek vůbec opatřeny předepsanou cínovou vložkou
2. V jakém technickém stavu je cínová vložka v současné době, tedy po mnohaletém provozu
3. Zda cínová vložka je ještě schopná zamezit přímému styku pitné vody s olovenými stěnami potrubí a tím i kontaminaci pitné vody olovem

Ze závěru zprávy z výsledků analýz, které provedla výše uvedená společnost, vyplývá velmi nepříznivé hodnocení. Přítomnost ochranné cínové vrstvy o předepsané tloušťce byla prokázána jen u jediného vzorku, avšak ani ta nebyla úplná. Částečně byla poškozena, zcela chyběla, nebo byla přeměna v oxidy. U dalších vzorků byly zjištěny jen zbytky cínu, ve většině případů byl vnitřní povrch pokryt různě silnou vrstvou oxidů olova. Největší tloušťka oxidů olova byla okolo 500 μm , nejmenší do 50 μm . U větších tloušťkách oxidické vrstvy může docházet k její fragmentaci a odlupování, čímž nastává kontaminace pitné vody olovem. Na několika vzorcích trubek s přítomným cínem bylo prokázáno, že se nejednalo o čistý cín, ale o slitinu cínu s cca 17 % olova.

2.7 UVOLŇOVÁNÍ KOVŮ Z VARNÝCH KONVIC

V posledních letech se v zahraničí, ale i v naší zemi, šířili informace o uvolňování kovů z varných konvic, vodovodních baterií a některých píték. Diskutovány byly hlavně prvky kadmium, zinek, olovo, železo, chrom a nikl, kde právě na nikl směřovali největší podezření z uvolňování do pitné vody. Právě již zmíněné varné konvice jsou běžným vybavením domácností, stagnace vody v těchto nádobách i opětovný var jsou častými jevy. Na možnost vyšších koncentrací niklu i dalších kovů v takto uvařené vodě upozorňují různé starší dokumenty, ale i nedávná skotská studie z roku 2007.[8]

Ve studii, kterou provedl Státní zdravotní ústav [9], byly analyzovány celkem 4 druhy varných konvic běžně dostupných v obchodní síti. Jednalo se o konvice celonerezové (objem 1,3 l), včetně cestovních (0,5 l), plastové s kovovou spirálou (1,4 l) a plastové s nerezovým dnem (1,6 l). Schéma pokusů zohledňovalo různou, ale reálně se vyskytující dobu stagnace při běžném používání konvice během dne, ale i extrémní doby stagnace např. přes celý víkend. Byl zahrnut i vliv opakovaného varu stejného podílu vody. Vzorky vody byly odebrány z různých částí města Ostravy a pokus se prováděl ve dvou etapách, kdy v první etapě se vzala voda z podzemního zdroje s vyšším obsahem vápníku, který měl tendenci k tvorbě vodního kamene, ve druhé etapě byl pak zvolen typ vody z povrchového zdroje s nižším obsahem vápníku. Tento typ vody neměl tendenci k vytváření vodního kamene a teoreticky byl vůči kovovým

materiálům o trochu agresivnější. Celá metodika, postup, dílčí výsledky, grafy a podrobné závěrečné stanoviska jsou vyjádřeny v závěrečné zprávě z tohoto pokusu [9]. [8]



Obr. 2-4 Typy testovaných rychlovarných konvic [9]

Závěr:

Ze závěru zprávy vyplývá, že limitní koncentrace niklu ($20 \mu\text{g/l}$) nebyla nikdy překročena. Co se týče olova, uvádím doslovný závěr: Stanovené koncentrace v obou etapách se pohybovaly většinou pod hodnotou $1 \mu\text{g/l}$. Ojedinelé vzorky tuto koncentraci přesahovaly, avšak celková dosažená maximální koncentrace byla $2,06 \mu\text{g/l}$. Je zajímavé, že byla dosažena v konvicích se spirálou, kde byly dosahovány většinou minimální koncentrace ostatních prvků.[8]

Z tohoto závěru SZÚ lze s velkou mírou jistoty tvrdit, že během používání rychlovarných konvic se žádné olovo do pitné vody nevyučuje. Stejně tak je tomu i u niklu, který se vylučuje jen ve velice minimálním množství, pro člověka nepatrném. Toto resumé platí samozřejmě jen pro testované typy konvic, ale protože se použily levnější typy, lze očekávat příznivou situaci a konstatovat zlepšení oproti minulosti. Jak však ukazují zahraniční zkušenosti, situaci může radikálně změnit typ použité vody. Pokud bude na vaření používána voda demineralizovaná, která je díky absenci minerálů „hladová“ a má nesrovnatelně vyšší korozivní vlastnosti a jejíž používání bývá v ČR také propagováno, mohou být nalézány koncentrace kovů o řád až dva vyšší.[8]

2.7.1 Uvolňování kovů z vodovodních baterií

Ovšem co se týče vodovodních baterií, situace je trochu jiná. Pokud se analyzuje voda u spotřebitele na kohoutku, bývá nikl mezi nejčastěji nalézanými kovy. Hlavním zdrojem jsou vnitřní povrchy poniklovaných a pochromovaných výrobků, především vodovodní baterie.

Aby bylo možné baterie pochromovat, je nutné je nejdříve poniklovat, přičemž se ponikluje i část vnitřního povrchu- a jelikož nikl zde není pevně vázán, vyluhuje se do vody poměrně snadno.[8]



Obr. 2-5 Vodovodní baterie [10]

Ze závěrů SZÚ [8] vyplývá, že koncentrace niklu u vodovodních baterií používaných několik měsíců, kdy voda přes noc v kohoutku stagnovala, se pohybovaly v řádů stovek $\mu\text{g/l}$ (250-600). Tyto hodnoty byly ale zjištěny jen u prvního odběru, tedy prvních odebraných 50 ml vody. Při odběru dalších vzorků byly zjištěné koncentrace dramaticky menší. U nové baterie jsou nálezy niklu ještě daleko vyšší, kdy koncentrace Ni v prvním odebraném vzorku vzrůstá s dobou, kdy voda v kohoutku stagnovala. Nejvyšší koncentrace po noční stagnaci se vyhoupla až na miligramové hodnoty a hodnoty v řádů stovek $\mu\text{g/l}$ se objevují již po stagnaci několika málo hodin.

Na základě zahraničních i SZÚ zjištěných údajů se můžeme domnívat, že po několika měsících dojde k částečnému vyluhování niklu z vnitřních povrchů kohoutku a miligramové hodnoty se již neobjevují ani po noční stagnaci. Nicméně hodnoty 200-500 $\mu\text{g/l}$ (aktuální NMH pro Ni je 20 $\mu\text{g/l}$) se po noční stagnaci objevují ještě řadu let. Týká se to však jen prvního podílu vody o objemu několika set ml. Proto je vhodné, např. při ranním odběru po probuzení, odpustit trochu vody z vodovodní baterie před vlastní konzumací.

2.8 VLIV FOSFOREČNANŮ NA PLUMBOSOLVATACI

Vzhledem ke stále se zpřísnujícím limitů olova v pitné vodě zvolili různé státy různé metody, jak tuto problematiku řešit. Zatímco některé vsadili na výměnu olověného potrubí, jiné vzhledem k vysokým nákladům s tím spojeným přistoupili k centrální úpravě vody, která má minimalizovat plumbosolvatci (uvolňování olova z olověného potrubí do vody). Příkladem je např. Velká Británie, kde při dávkování fosforečnanů při úpravě vod se používá pouze její jedna forma (ortofosforečnany), protože druhá existující forma-polyfosforečnany-má opačné vlastnosti a podporuje korozi olověného materiálu.[7]

2.8.1 Použití fosforečnanů v ČR

V České republice se v posledních 10-15 letech v některých místech začala úprava vody pomocí fosforečnanů také používat, ale jejím účelem není otázka koroze olověných materiálů (plumbosolvatace), ale zmírnění koroze nechráněných ocelových potrubí a tím snížení druhotného zaželeznění vody v distribuční síti (a s tím spojených problémů jako je zákal nebo barva vody). Pro tyto účely jsou vhodné obě existující formy (ortofosforečnany i polyfosforečnany) a proto se obě tyto formy u nás používají. Podle orientačního průzkumu provedeného Státním zdravotním ústavem (SZÚ) v roce 2007 se v ČR orthofosforečnany používaly asi na 28 úpravárnách vody (ÚV) a polyfosforečnany na 18 ÚV; u ostatních vodáren nebyla přesná forma fosforečnanů známa, nebo fosforečnany nebyly používány.[7]

Důvodem použití solí kyseliny fosforečné jsou jejich protikorozní a protiinkrustační účinky: ochrana litinového nebo ocelového vodovodního potrubí před korozí a snížení druhotného zaželeznění (pitné) vody, někdy bývá za důvod označována rovněž prevence proti vzniku vodního kamene. Tyto výhody jsou však vyvažovány určitými nevýhodami.[11]

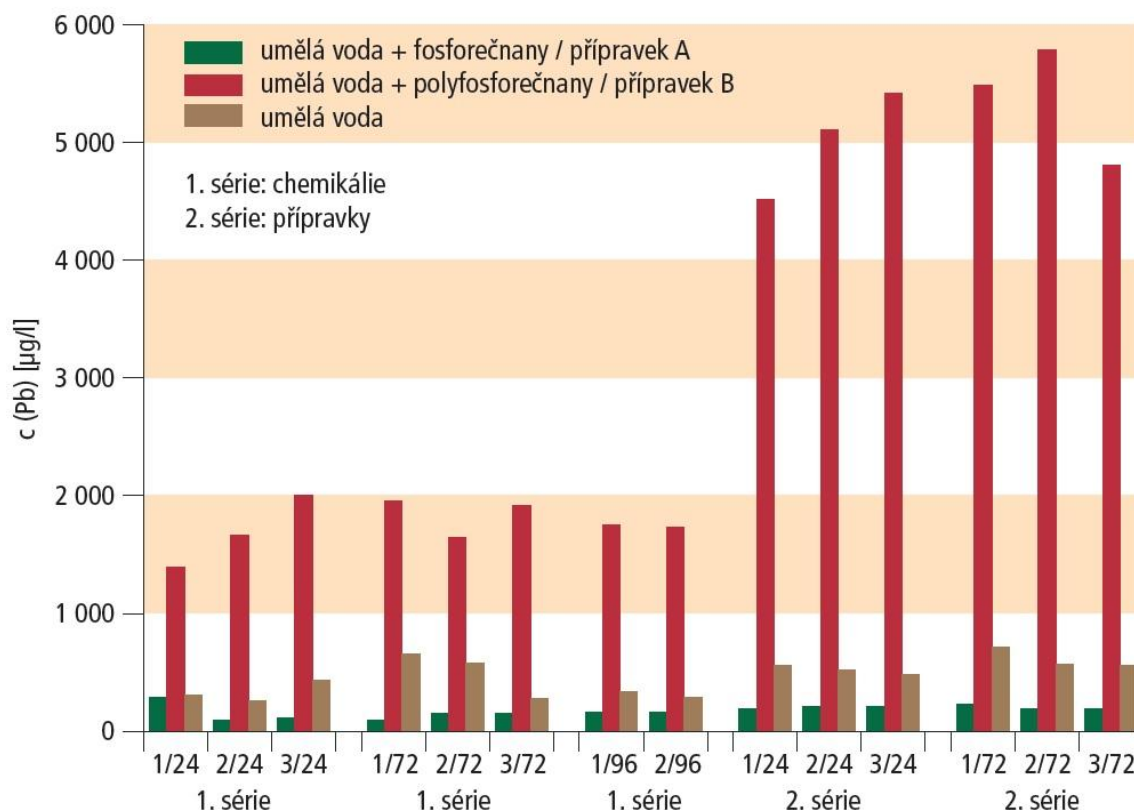
1. Dochází ke snižování biologické stability vody-přidáváním fosforu do vody dochází k přísunu důležitého nutričního zdroje pro některé typy bakterií ve vodě, což může znamenat jejich nežádoucí rozvoj, stejně jako nadměrný rozvoj jimi tvořených biofilmů na potrubí. S ním je spojena vyšší spotřeba dezinfekčního prostředku, možná tvorba pachotvorných látek apod.
2. Jedná se o cizorodou látku v pitné vodě
3. Přítomnost fosforečnanů (především polyfosforečnanů) snižuje vstřebávání vápníku a pravděpodobně také hořčíku z pitné vody, takže dochází k obdobnému efektu jako při změkčování vody, což je nutno při trvalé expozici hodnotit jako zdravotně rizikové a nežádoucí, zvláště tam, kde je voda měkká. Obecně pak platí, že čím je ve stravě více fosforu, tím méně se pak vstřebává vápník.
4. Protože se většinou jedná o sodné soli kyseliny fosforečné, dochází zároveň k zvyšování obsahu nežádoucího sodíku v pitné vodě.
5. Obě formy fosforečnanů (ortofosforečnany i polyfosforečnany) mají rozdílný vliv na plumbosolvataci čili uvolňování olova z olověného potrubí, olověných pájek nebo jiných olovo obsahujících materiálů ve styku s pitnou vodou. Zatímco ortofosforečnany korozi olověného potrubí snižují (tvorbou ochranné vrstvy potrubí na povrchu potrubí), polyfosforečnany ji naopak zvyšují (pravděpodobně se chovají jako komplexní činidlo), což potvrdili i pokusy SZÚ.[11]

Metodika pokusu byla taková, že se použilo nové olověné potrubí o průměru 18 mm a čistotě Pb 99,99 %, vnitřní povrch zcela bez úpravy. Před testováním byly trubky odmaštěny a promývány 1 měsíc vodovodní vodou. Poté byly postupně provedeny dvě série pokusů s dvěma různými vodami a různými formami fosforečnanů. Podrobný popis pokusu, dílčí grafy a výsledky jsou popsány v závěrečné zprávě.[7]

Použité vody pro testování a) pražská vodovodní voda, b) uměle připravovaná voda podle vyhlášky č. 409/2005 Sb. k testování nezávadnosti kovových výrobků. V následujícím grafu je ukázán výluh pouze do uměle upravované vody.

Tab. 2-6 Výsledky koncentrací olova [11]

Výsledky koncentrací olova v jednotlivých výluzích do umělé vody (voda připravená dle vyhlášky 409/2005 Sb.); v první sérii pokusů použity čisté chemikálie, v druhé sérii reálné přípravky k úpravě vody.



Použité formy fosforečnanů-v první sérii byly použity čisté chemikálie (ortofosforečnaný $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ a polyfosforečnaný ($NaPO_3$)_n), zatímco v druhé sérii dva reálné přípravky používané v ČR k úpravě vody: a) přípravek A-směs fosforečnanu sodného (90%) a polyfosforečnanu sodného (10 %), b) přípravek B-polyfosfát sodno-vápenato-hořečnatý.

Kusy trubek o délce 1m byly na jednom konci utěsněny a po okraj naplněny vodou (kontrola), resp. vodou s příslušnou formou fosforečnanu v koncentraci odpovídající 5 mg/l P_2O_5 , což je maximum povolené pro úpravu vody na pitnou. Vzorky byly postupně odebrány po stagnaci 3x24 hodin, 3x72 hodin a 2x96 hodin v 1. sérii., resp. 3x24 hodin a 3x 72 hodin ve 2. sérii.

Výsledky: Přidavkem ortofosforečnanů došlo u obou druhů vod k výraznému snížení výluhu olova do vody o více než 50% v porovnání s kontrolou (výluh do vody bez přidání fosforečnanů). Na druhou stranu přidavkem polyfosforečnanů (čisté chemikálie i komerčního přípravku) došlo k podstatnému nárůstu plumbosolvatace, rovněž u obou druhů vod. Nárůst byl v některých případech několikanásobný. [11]

2.9 DOTACE NA VÝMĚNU OLOVĚNÉHO POTRUBÍ V ROCE 2016

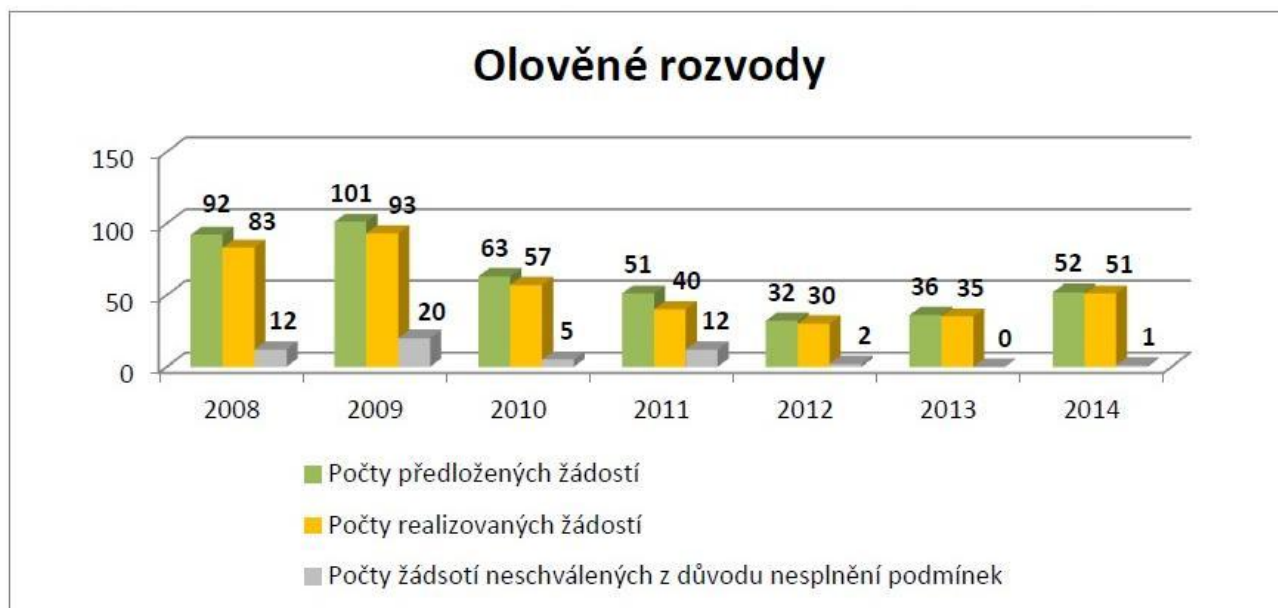
Stejně tak, jako v každém roce, se dotační titul opakuje i v roce 2016. Zažádat může vlastník nebo spoluvlastník domu, který má olověné rozvody. Nejvyšší částka je 20 000 Kč / byt. Podmínky pro udělení dotace jsou následující:

1. V domě s domovními olověnými rozvody vody je zjištěno zvýšené množství olova vyšší než 10 µg olova v litru pitné vody u spotřebitele. Odběry a hodnocení množství olova ve vodě provede autorizovaná nebo akreditovaná laboratoř podle Monitoringu obsahu olova v pitné vodě ve stavbách pro bydlení s olověnými domovními rozvody.
2. Na výměnu olověných rozvodů vody je zpracováno technické řešení oprávněnou osobou, technické řešení zahrnuje rozsah a technologický postup oprav, předběžný položkový rozpočet.
3. Žadatel provede výměnu všech olověných rozvodů v celém domě.

Pro poskytnutí dotace je pak potřeba splnit další náležitosti dle podmínek dotačního titulu 117D0650 Olověné rozvody.

Lhůta pro udělení doručení končí **15. ledna 2016**. [12]

Tab. 2-7 Vývoj objemu požadovaných dotací v porovnání s objemem financovaným v mil. Kč [12]



Jak je vidět z výše uvedené tabulky, ministerstvo pro místní rozvoj uskutečnilo od roku 2008 do roku 2014 celkem 389 žádostí o výměnu olověných rozvodů. V roce 2014 to byly téměř všechny předložené žádosti. Celkem pak bylo poskytnuto téměř 70 mil. Kč a to hlavně v roce 2008, kdy dotace tvořily 1/3 z této sumy.

Tab. 2-8 Vývoj počtu a objemu žádostí v porovnání s realizovanými akcemi [12]



Ve městě Brně je prováděno několik desítek výměn olověných přípojek každý rok. Jak vyplývá ze zkušenosti pana Pavla Dvořáka z BVK, majitelé olověných přípojek často nejsou vůbec o této věci informováni. BVK často mění tyto přípojky v rámci obnovy vodovodní sítě a je i v jejich zájmu, aby tyto přípojky byly odstaveny z provozu. [19]

3 MĚĎ V PITNÉ VODĚ

3.1 ÚVOD

Měď je měkký a ušlechtilý kov načervenalé barvy, který výborně vede elektrický proud. Na vzduchu je měď málo stálá. Působením kyslíku, oxidu uhličitého a vzdušné vlhkosti se pokrývá tenkou vrstvičkou, která se nazývá měděnka ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$). V přírodních podzemních a povrchových vodách se měď obvykle nachází v koncentracích řádově jednotek až desítek $\mu\text{g/l}$. Měď se v životním prostředí vyskytuje přirozeně a lidé ji mohou přijímat jak vdechováním, požitím pitné vody nebo potravy, tak i kožním kontaktem-např. nošením šperků obsahující měď. Nejvyšší koncentrace mědi mohou být zaznamenány v oblastech, kde se tento prvek těží. V domácnostech se spíše dostaneme do kontaktu s kontaminovanou vodou, což je způsobeno instalací měděných vodovodních rozvodů. Měď má výrazné komplexační schopnosti, takže formy jejího výskytu ve vodách mohou být velmi rozmanité v závislosti na jejich složení. Z rozpuštěných forem výskytu jsou kromě volného iontu Cu^{2+} časté hydroxokomplexy a uhličitánové komplexy. Velmi stabilní komplexy tvoří měď s organickými látkami, např. huminovými kyselinami.

Žádný jiný materiál nedosahuje ani přibližně flexibility, jakou nabízí měď se svými možnostmi použití. Její využití je v občanské a průmyslové zástavbě velmi široké. Může se jednat o rozvody teplé, pitné vody, radiátorového, podlahového a stěnového vytápění, rozvody pro plyny, použití v solárních kolektorech a klimatizacích. [13],[15]



Obr. 3-1 Měděné rozvody vody[14]

3.2 HISTORIE

Měděné vodovodní rozvody jak pro studenou, tak pro teplou vodu, byly v ČSR používány od 30. let 20. století. Pro domovní přípojky se měď používala jen zřídka. První technická norma pro měděné a mosazné trubky byla vydána v roce 1932, v Brně pak použití měděných rozvodů bylo povoleno v roce 1935, v Praze o rok později. Tyto rozvody byly používány v lepších hotelech, významných budovách (Pražský hrad), některých nemocnicích, domech movitých lidí apod. Měděné trubky byly rovněž jako ty olověné vyráběny s cínovou vnitřní vložkou, jejímž účelem ale nebyla prevence koroze mědi, ale zajištění hladšího vnitřního povrchu-snížení drsnosti a tedy zlepšení hydraulických vlastností. Tyto trubky měly vynikající životnost a v mnoha případech slouží dosud. Po roce 1950 bylo používání měděných rozvodů omezeno z důvodu nedostatku mědi a k novým instalacím došlo jen zcela výjimečně (např. hotel Intercontinental v Praze) nebo při opravách historických památek (Pražský hrad). Měď se ve větším množství opět objevuje na trhu až po roce 1990, ale jeho širší použití limituje cena. Odhaduje se, že v současné době existuje 5% budov s vnitřními měděnými vodovodními rozvody.[13]

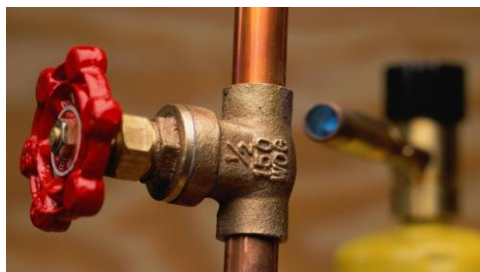
3.3 TOXIKOLOGIE

Primárními zdroji mědi jsou potrava a voda. Denní příjem potravou představuje 1-2 mg, příjem pitnou vodou obvykle v rozmezí 0,1-1 mg. Zvýšené hodnoty mědi mohou způsobit hořkou chuť vody (při koncentraci nad 2,5 mg/l) nebo vyvolat bolest hlavy a břicha, zvracení či průjem a celkovou nevolnost. Nejnižší zaznamenané koncentrace mědi ve vodě nebo nápojích se u těchto hlášených případů otravy podle WHO pohybují v oblasti 3 až 4 mg/l. U dětí, které jsou k toxicitě mědi vnímavější, jsou hodnoty ještě menší, a to okolo 1 mg/l.

Co se týče toxikologie mědi z hlediska perorální expozice, existuje jen velmi málo údajů. Podle posledních závěrů Výboru pro potraviny a výživu Ústavu lékařství USA (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine) nemá dlouhodobý příjem mědi v úrovni 1-10 mg/den pozorovatelný nepříznivý účinek na dospělé osoby bez genetické poruchy metabolismu. Příjem mědi v tomto rozmezí však může mít nepříznivé účinky u osob, nesoucích geny Wilsonovy choroby (tělo nedokáže měď správně zpracovat a ta se pak ukládá ve tkáních) nebo u dětí, které mají genetickou predispozici k syndromu tzv. idiopatické dětské jaterní cirhózy. Potraviny bohaté na měď jsou např. játra, kakao, čokoláda, ořechy, houby, korýši, měkkýši. Na druhou stranu, nedostatek mědi se projevuje anémií (chudokrevností), zpomalením duševního vývoje a zhoršením metabolismu cukrů. Dochází k vypadávání vlasů, k poruše tvorby, kvality kostí a vaziva. Celkově však lze konstatovat, že měď má spíše pozitivní dopad na kvalitu vody v tom smyslu, že brání množení bakterií, hlavně typu legionella, což má význam hlavně u potrubí teplé vody.[13]

Měď je pro své vlastnosti brána jako velmi elegantní materiál pro použití ve vnitřních rozvodech vody. Jedno velké negativum, (prodejci velmi tiše zmiňované) by se přeci jen ale našlo. Tento materiál je velmi náchylný k nízkým hodnotám pH. Dle hygienických požadavků na materiály a výrobky z mědi pro rozvod vod směřjí být tyto prvky vystaveny vodám o hodnotě pH 6,5-9,5, z čehož jasně vyplývá, že měď se lépe vypořádává se zásaditými vodami. Problém může nastat např. tam, kde se majitelé studny s kyselou vodou (např. v blízkosti rašelinišť, studniční voda na Šumavě apod.) rozhodnou napojit a čerpat tuto vodu do vnitřního domovního rozvodu s již stávajícím měděným rozvodem.

Toto tvrzení dokládá i zkušenost pana Jaroslava Krátkého, který v diskusním fóru [17] informuje o svém problému, kdy v domě s měděnými rozvody se po 2 měsících používání takto kyselé vody o hodnotě pH 6 vytvořil ve vaně po použití mýdla vysrážený modrý nádech vody. Vyřešit takto vzniklý problém, kdy do vrtu byly vloženy nemalé finanční prostředky, lze např. vložením filtrační nádoby s drceným vápencem. Ten působí zásaditě, upraví pH vody tak, že se stane neutrální až mírně alkalickou. Tento filtrační materiál v praxi dobře funguje, jen se musí čas od času doplňovat. [17], [16]



Obr. 3-2 Vnitřní měděné rozvody[16]

3.4 LEGIONELLA V PITNÉ VODĚ

Díky svým antimikrobiálním vlastnostem snižuje měď možnost vzniku biofilmu a množení bakterií. V posledních letech se mluví hlavně o bakteriích typu legionella, kde se rozumí celkem 40 bakterií, z nichž je 20 opravdu nebezpečných. K nákaze dojde při vdechnutí bakterie do plic. Původcem onemocnění je tedy bakterie, nacházející se vodním prostředím, zvláště pak v sanitárních zařízeních, které produkují vodní tříšť a mlhovinu (sprchy, sauny, atd.). Rozmnožování uvedených bakterií podporují tři faktory: rozsah teploty vody mezi 25 až 45 °C, přítomnost organických příměsí a sedimentů a stagnace vody. Legionářská nemoc způsobuje především infekci plic. Její benigní (lehká) forma je podobná chřipce a odezní bez léčby během 2 až 5 dnů, často dříve, než je Legionářská nemoc rozpoznána. Těžká forma onemocnění legionellou postihuje osoby se sníženou imunitou (silní kuřáci, lidé s chronickým plicním onemocněním, starší lidé, atd.) V 10 % případů je Legionářská nemoc smrtelná; v ostatních případech se mohou projevit její pozdní následky do pěti let od nákazy. Jako prevence proti vzniku těchto bakterií je měď ideálním kandidátem. Není náchylné k vytváření biofilmů, má oligodynamické účinky, v případě potřeby je možné provést tepelnou desinfekci, jelikož měď není náchylná na přehřátí. [18]

3.5 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA OBSAH MĚDI V PITNÉ VODĚ

Otázka bezpečné koncentrace mědi v pitné vodě byla v tuzemské odborné literatuře diskutována již mezi světovými válkami v souvislosti se začátkem používání měděných rour jako vodovodních přípojek i domovních rozvodů. V otázce nejnižšího obsahu, který může vyvolat poškození zdraví, tehdy nepanovala shoda – různí zahraniční autoři uváděli koncentrace od desítek do tisíců mg/l.

Tab. 3-1 Historický vývoj závazných požadavků na obsah mědi v pitné vodě v České republice[15]

Předpis	Platnost	Požadavek na obsah mědi
ČSN 56 7900 Pitná voda	1959-1964	Maximálně 3,0 mg /litr
ČSN 83 0611 Pitná voda	1964-1974	Maximálně 3,0 mg /litr
ČSN 83 0611 Pitná voda	1975-1990	Nejvýše 0,05 mg/l Cu; při potlačování rozvoje řas sloučeninami mědi přechodně nejvýše 1 mg/l Cu. Pozn.: Měď zde byla zařazena mezi tzv. „stanovené ukazatele“, což by v porovnání s současným stavem znamenalo ukazatel s mezní hodnotou.
ČSN 75 7111 Pitná voda	1991-2000	Mezná hodnota 0,1 mg/l. Poznámka: Při potlačování rozvoje řas mezní hodnota (MH) přechodně nejvýše 1 mg/l; trvalé překračování MH není přípustné vzhledem k podezření na embryotoxické účinky mědi.

Vyhláška MZ č. 376/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly	2001-2004	Nejvyšší mezná hodnota 1,0 mg/l. Poznámka: Limit je stanoven na základě toxického působení mědi. Při koncentracích nad 0,1 mg/l může docházet ke změnám organoleptických vlastností vody.
Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody	2004 – dosud 2013-dosud	Nejvyšší mezní hodnota 1000 µg/l. Poznámka: Limitní hodnota je stanovena na základě toxického působení mědi a platí pro vzorek pitné vody odebraný odpovídající metodou vzorkování z kohoutku tak, aby vzorek byl reprezentativní pro průměrné jednot denní množství požití spotřebiteli. Při koncentracích nad 100 µg/l může docházet ke změnám organoleptických vlastností vody.

Jako velmi zajímavé se jeví razantní, šedesátinásobné snížení hodnoty v roce 1975. Pravděpodobným důvodem snížení tohoto limitu mohli být sovětské studie na zvířatech sledující embryotoxické účinky. [15]

3.6 ÚPRAVA PITNÉ VODY MĚDÍ

Zatímco v minulosti byl síran měďnatý používán jako prostředek pro kontrolu nadměrného rozvoje řas na některých vodárenských nádržích, v současné době se z důvodů ekologických již tato praxe u nás nevyskytuje. Jedinou výjimkou je úpravna vody Kárané, kde se síran měďnatý dává (v koncentraci 0,10 mg /l Cu) ve vegetačním období (cca IV.-X.) jako součást algicidního preparátu za účelem inhibice růstu zejména vláknitých řas a larev hmyzu. Přípravek se dává do vsakovacích nádrží umělé infiltrace, o dávkování se rozhoduje dle biologického obrazu vody v nádržích. Síran měďnatý je ve vegetačním období dávkován 24 hodin denně. Jak vyplývá z analýzy dat upravené vody za období let 2004-2006, dávkování síranu měďnatého se nijak neprojevuje na koncentraci mědi v upravené vodě, protože všechny nálezy byly pod mezí detekce (< 0,02 mg/l). [15]

3.7 VÝSKYT MĚDI V PITNÉ VODĚ V ČR

Díky ustanovení zákona o ochraně veřejného zdraví jsou výsledky všech rozborů pitné vody provedených podle tohoto zákona povinně vkládány do informačního systému PiVo (IS PiVo), provozovaného Ministerstvem zdravotnictví ČR. Data jsou dodávána od provozovatelů vodovodů i od hygienické služby. Výsledky nálezů mědi v pitné vodě ukazuje souhrnně následující tabulka. [15]

Tab. 3-2 Přehled výsledků stanovení mědi v pitných vodách České republiky v období let 2006 až 2009 [15]

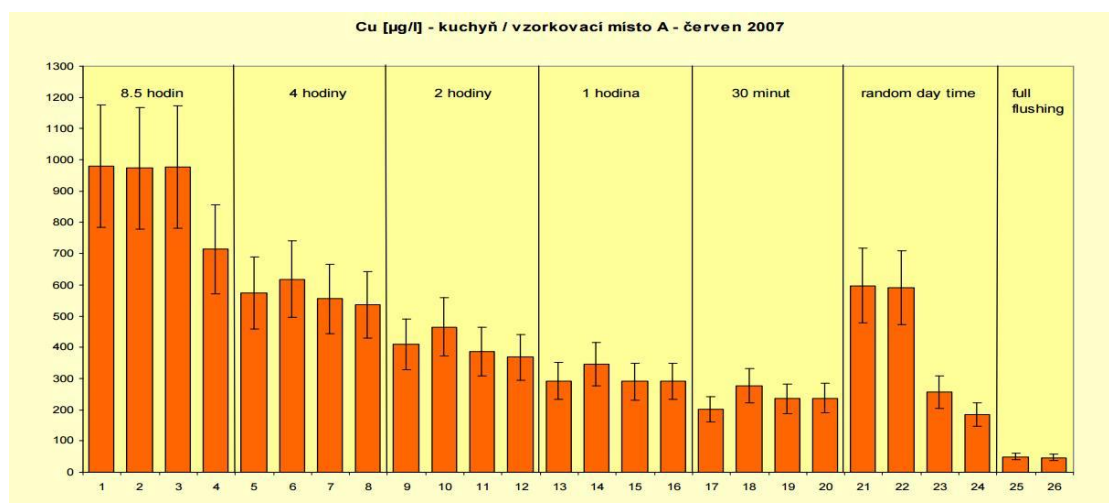
	2006	2007	2008	2009
Aritmetický průměr (µg/l)	10,93	10,14	10,14	9,90
Median (µg/l)	7	7	5	5
Minimum (µg/l)	≤0,005	<0,01	<0,01	<0,007
Maximum (µg/l)	549	916	690	1530
Počet vzorků	5581	5351	5743	5659
Počet nálezů nad limit (NMH)	0	0	0	1

Zjištěné výsledky dokumentují velmi nízké nálezy v pitné vodě, vysoké koncentrace se nálezají jen ojediněle.

3.7.1 Ověření obsahu mědi v pitné vodě při reálném použití v rodinném domě

Jelikož v ČR stoupá použití mědi jako vnitřního materiálu pro rozvody vody, rozhodl se SZÚ uskutečnit vzorkování v zánovním soukromém dvoupodlažním domě, který byl v době odběru obýván 7 měsíců čtyřčlennou rodinou. Všechny rozvody vody byly měděné, od evropského výrobce. Dům se nacházel v Ostravě, lokalitě Pohanka nad Odrou. Zásobování pitnou vodou je zajištěno především z povrchového zdroje z přehradní nádrže Kružberk. Pitná voda zde odpovídá požadavkům na vodu, která může být distribuována měděným potrubím. Pro vzorkování byla vybrána dvě místa, v přízemí v kuchyni (vzorkovací místo A) a v 1.patře v koupelně (vzorkovací místo B). Délka potrubí od paty domu byla téměř stejná 17 a 18 m. Vzorkovalo se pro různé doby stagnace : po noční stagnaci (NS = 8,5 hod), po 30 min stagnaci, po 1 hod, po 2 hod, po 4 hod stagnaci a jiný vzorkovací den byl proveden i odběr v náhodnou denní dobu (RDT). Vzorkovací objemy byly vždy 4 x 500 ml pro jedno místo a jeden vzorkovací čas. [15]. Během měření se měřili ještě další ukazatele, jako volný chlor, teplota vzorků, nikl, olovo, arsen, cín aj., tj. kovy, které se mohou vyskytovat ve výrobcích z mědi a jejich slitin. V následujících tabulkách uvádím zjištěné koncentrace pouze pro místo A.

Tab. 3-3 Naměřené koncentrace mědi v místě A[15]

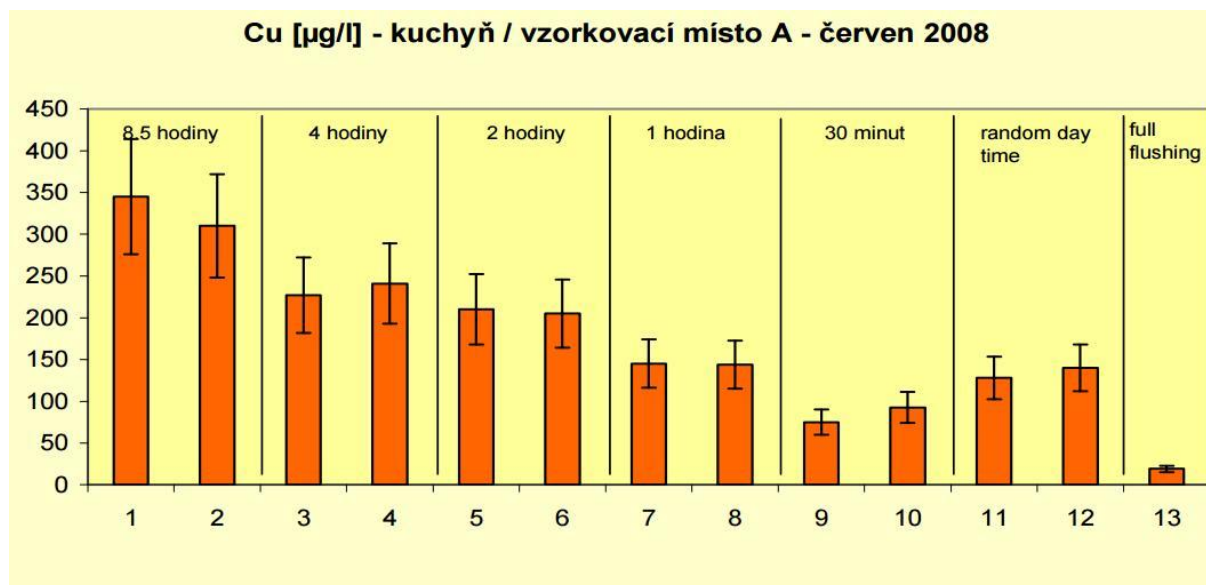


Maximální nalezené koncentrace pro vzorkovací místo A, tedy kuchyň, byla 980 $\mu\text{g/l}$. Z grafů je patrné, že odběr 2 litrů vody není nutný, protože koncentrace mědi po prvních 500 ml dále významně neklesá.

Opakovaný odběr po dalším roce užívání objektu

Za dalších 12 měsíců byl proveden opakovaný odběr pitné vody ve stejném objektu. Tentokrát byly odebrány pouze dva vzorky po 500ml, protože se v předcházejícím roce potvrdila dostatečnost odběru jednoho litru vzorku.

Tab. 3-4 Naměřené koncentrace mědi v místě A po dalším roce užívání [15]



Z výsledků měření lze jasně prohlásit, že koncentrace mědi zaznamenala výrazný pokles po roce používání. Maximální dosažená koncentrace po noční stagnaci na odběrovém místě v kuchyni dosahovala hodnoty 345 $\mu\text{g/l}$ oproti hodnotě 980 $\mu\text{g/l}$ v předešlém roce. V podstatě stejné stavy byly zjištěny i místnosti B.

Celkově pak můžeme tvrdit, že po určité době používání potrubí koncentrace mědi v pitné vodě klesá, maximální hodnoty po noční stagnaci 8 hodin nepředstavují v případě tohoto typu testovaného potrubí riziko překročení NMH. Po vícedenní stagnaci je však vždy vhodné odpustit první podíl vody, a tak eliminovat případnou vyšší dávku mědi. Je však nutné vždy upozornit na nezbytnou znalost vlastností pitné vody tam, kde se měděné potrubí má použít, předtím, než se provede rozhodnutí o materiálu rozvodů pitné vody. V 90. letech docházelo v ČR opakovaně k případům použití měděného potrubí v objektech zásobovaných vodou, která nevyhovovala požadavkům na styk s mědí, což vedlo k problémům s kvalitou vody a stížnostem. Globální situaci v ČR lze pak hodnotit z hlediska výskytu mědi v pitné vodě velmi příznivě, neboť k překročení NMH dochází jen výjimečně. Tento obraz však může být zkreslen výběrem odběrných míst. Stejně tak není známá situace rodinných domů s měděnými rozvody napojených na vlastní studnu. Tam může být situace výrazně horší. [13]

4 TVRDOT VODY

Tvrdot vody značně kolísá a patří mezi rozhodující faktory při určování kvality vody. Obsah vápenatých a hořečnatých iontů nám určuje, jak moc je voda tvrdá, či nikoliv. V této souvislosti rozlišujeme:

1. **tvrdost přechodnou** (hydrokarbonátovou), která je způsobena přítomností kyselých uhličitánů (hydrokarbonátů) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ a $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Tato tvrdost varem mizí, neboť zahřátím se kyselé uhličitany rozloží:



tzn., že se vyloučí nerozpustný CaCO_3 (usazeniny na varných nádobách), který lze odstranit filtrací.

2. **tvrdost trvalou** (stálou, permanentní, sulfátovou), která je způsobena rozpuštěným síranem (sulfátem) vápenatým CaSO_4 . Varem nemizí.

3. **tvrdost celkovou** (veškerou, povšechnou) tj. součet obou tvrdostí

Z hlediska použití vody pro pitné účely je žádoucí určitý minimální obsah vápníku a hořčíku (tvořící tvrdost vody), neboť se jedná o takzvané biogenní prvky, potřebné pro lidský organismus. Tvrdot vody vadí zejména při jejím použití pro užitkové účely, kdy je žádoucí její hodnota co nejnižší. Projevuje se srážením mycích i pracích prostředků, zvýšeným usazováním (vodního kamene) v rozvodech vody, při ohřevu, v myčkách, pračkách atd. [37]

Dle příslušné stupnice se může jednat o vodu:

- velmi měkkou (do 0,70 mmol/l)
- měkkou (0,70 až 1,30 mmol/l)
- středně tvrdou (1,30 až 2,10 mmol/l)
- dosti tvrdou (2,10 až 3,20 mmol/l)
- tvrdou (3,20 až 5,30 mmol/l)
- velmi tvrdou (nad 5,30 mmol/l)

Úprava (změkčení) je vhodná již pro vodu dosti tvrdou (nad 2,10 mmol/l).

4.1 ZMĚKČOVÁNÍ VODY

Způsoby změkčování vody lze provést několika způsoby:

- Chemicky
 - a. změkčování vápnem a sodou
 - b. změkčování NaOH a sodou
 - c. změkčování fosforečnany

d. změkčování komplexony

- Inhibicí tvorby kompaktních sloučenin
- Magnetickou úpravou vody
- Iontovou výměnou
- Fyzikálně-destilací, přes membrány

4.2 ZDRAVOTNÍ VÝZNAM TVRDOSTI PITNÉ VODY

Oba extrémy (voda příliš tvrdá, i voda příliš měkká) jsou bez diskuze nežádoucí z hlediska zdravotního i technologického. Zdravotní přínos prvků, tvořící tvrdost vody, je známa již od konce 60. let a jeho aktuálnost stoupá s rozmachem různých technologických domovních úprav vody, které obsah vápníku, či hořčíku významně snižují. Světová zdravotnická organizace (WHO) zdůrazňovala již v 70. letech význam minerálního složení pitné vody a varovala např. před použitím iontoměníčů pracujících v sodíkovém cyklu[37]

Nedostatek hořčíku se může u člověka projevit jako patologický stav, tzn. např. vzniku cévní spasmu, hypertenze, srdeční arytmie, akutní infarkt, myokardu, těhotenské komplikace atd.

Vápník je součástí kostí i zubů. Je nutný pro nervosvalovou dráždivost, srdeční a svalovou kontraktilitu (stažitelnost). Nejznámějším projevem nedostatku Ca je osteoporóza (řidnutí kostí) a měknutí kostí, zvýšený krevní tlak. [37]

Vyšší obsah Ca a Mg ve vodě může protektivně působit proti vzniku zubního kazu a onemocnění paradentózou i tam, kde je obsah fluoridů nízký.

Neexistuje žádný určitý důkaz, že by zvýšená tvrdost pitné vody byla příčinou nepříznivých zdravotních účinků na člověka. Snad jen vysoký obsah hořčíku (řádově ve stovkách mg/l) při současném vysokém obsahu síranů může být příčinou průjmových onemocnění. [37]

Přílišná tvrdost vody způsobuje tedy jen senzorické nedostatky jako jsou:

- tvorba povlaku na hladině kávy nebo čaje
- ztráta aromatických látek z jídel a nápojů vyvázáním na uhličitán vápenatý
- nepříjemná chuť vody samotné pro některé konzumenty (chuťový práh vápníku je asi 100 - 300 mg/l, nepříjemná chuť obvykle od 500 mg/l, ale záleží na přítomnosti dalších iontů; také obsah hořčíku nad 170 mg/l ve spojení s ionty chloridů a síranů způsobuje hořkou chuť vody) [37]

5 CHLOR V PITNÉ VODĚ

Chlor a jeho sloučeniny sehrály v historii vodárenství a hygienického zabezpečení pitné vody významnou úlohu a přispěly k záchraně mnoha lidských životů. V některých zemích stále ještě tuto roli chlór má, ovšem ve vodárensky vyspělých zemích dochází k částečnému přehodnocování této nezastupitelné role.[38]

5.1 HISTORIE

Počátky dezinfekce pitné vody v Čechách se datují do roku 1924, kdy bylo poprvé použito chlorování pitné vody na vršovickém vodovodu v Praze. Tento trend však neměl tolik následovníků, jak by se očekávalo. V roce 1928 totiž chlorovalo vodu jen pět z 1680 vodovodů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Nutno však dodat, že v tu dobu se přes 90% vody vyrábělo ze zdrojů podzemních. Voda se tehdy chlorovala „chlorovým vápnem, chlornatanem sodným nebo tekutým chlorem“, pod čímž můžeme rozumět směs chloridu a chlornanu vápenatého (chlorové vápno), chlornan sodný a plynný chlor. K téměř plošné dezinfekci se přistoupilo až od 50. let a to z několika důvodů. Zvyšoval se prudce podíl povrchových zdrojů vody, zhoršení kvality, zavedení prvních mikrobiologických požadavků na jakost pitné vody.[38]

5.2 NEGATIVA CHEMICKÉ DEZINFEKCE PITNÉ VODY

Jako u řady jiných chemických inovací, také u chlorování vody se časem ukázalo, že není úplně neškodné. Že může nepříjemně ovlivnit pach či chuť vody, to se vědělo již od počátku jeho používání, avšak horší bylo, když v roce 1974 holandští a američtí vědci objevili, že chlor v pitné vodě nezabíjí jen bakterie, ale také reaguje s přítomnými přírodními organickými látkami za vzniku tzv. vedlejších produktů dezinfekce, široké skupiny látek, které mají různé toxické nebo karcinogenní vlastnosti.[38]

Přílišné koncentrace chloru lze odstranit na domovních přípojkách či vodovodních bateriích pomocí vodovodního filtru osazeného vhodným filtračním materiálem, např. z aktivního uhlí.

6 METODY ÚPRAVY PITNÉ VODY NA PŘÍPOJCE

Metody, kterými lze odstranit těžké kovy, ale i jiné látky z pitné vody, je celá řada. Můžeme je rozdělit do těchto základních kategorií: chemické, mechanické a biologické. Do těch chemických se řadí např. srážecí metoda-koagulace, cementace, iontová výměna, elektrochemické procesy a sorpce. Mezi ty mechanické patří reverzní osmóza, nanofiltrace, ultrafiltrace a mikrofiltrace. Z hlediska biologického odstranění můžeme mluvit o biosorpce a různých mechanismů odstraňování těžkých kovů mikroorganismy. Dále budou probírány zejména ty technologie, které se mohou objevit na filtračních zařízeních, vhodných pro osazení na domovní vodovodní přípojku, tedy hlavně sorpce.

6.1 MEMBRÁNOVÉ PROCESY(REVERZNÍ OSMÓZA, NANOFILTRACE, ULTRAFILTRACE A MIKROFILTRACE).

Použití těchto technologií patří ve světě nějaký čas již mezi standardní metody úpravy vody, v ČR však legislativa neuvádí membránové procesy jako povolené k úpravě pitné vody. Je proto nutné při každé aplikaci žádat o souhlas příslušného státního orgánu. Rozšířenost membránových procesů, jejich klesající investiční i provozní náklady a schopnost dosahovat výborné kvality pitné vody při minimální produkci odpadní vody a spotřebě chemikálií však dávají naději, že i v naší republice dojde v nejbližší době k jejich aplikaci ve větším měřítku. Standardní metody úpravy pitné vody, jako je koagulace, sedimentace, písková filtrace ad. jsou metody časem již prověřené a spolehlivé, nedokáží však reagovat na změněnou kvalitu surové vody (pesticidy apod.), se kterými se původně při návrhu nepočítalo, navíc je potřeba vnášet do procesu cizí chemikálie, to vše za spotřeby energie. [20]

Membránové technologie jsou založeny na procesu, kdy dochází k selektivnímu transportu jedné složky přes polopropustnou membránu vlivem rozdílných vlastností dělených látek. Jako hnací síla tohoto jevu může být rozdílná koncentrace, rozdílný tlak či teplota nebo elektrické pole. Menší částice prochází membránou do čisté vody nebo permeátu. Je tak možná desinfekce bez použití chemických činidel. [20], [21]

Oproti filtraci na filtrační přepážce se nejedná o prostý mechanický záchyt částic větších než je velikost pórů membrány, ale i o působení adsorpčních, případně i jiných sil, uplatňujících se u částic uvedené velikosti. V přírodě jsou takovými membránami buněčné blány organismů. [23]

Polopropustné membrány jsou charakterizovány především velikostí částic, které je membrána schopna zachytit. Tendence k vyrovnání koncentrace v celém roztoku (pokud v některé jeho části je rozdílná) vyjadřuje tzv. osmotický tlak. Působíme-li mechanickým tlakem na jedné straně membrány, potom proniká roztok na jeho druhou stranu a koncentrace částic, které vzhledem ke své velikosti neprojdou, se v této části zvyšuje. Přitom uvedený mechanický tlak musí překonat tlak osmotický, který se se zvyšující rozdílnou látkovou koncentrací na obou stranách membrány také zvyšuje. Pro zajištění technicky přijatelného a ekonomického provozu je třeba, aby měly membrány tyto vlastnosti: [23]

- a. vysokou rozdělovací schopnost (selektivitu)
- b. velkou průtočnost (permeabilitu)
- c. vysokou mechanickou pevnost
- d. chemickou a bakteriologickou odolnost
- e. odolnost vůči čištění
- f. dlouhou dobu životnosti
- g. nízkou cenu

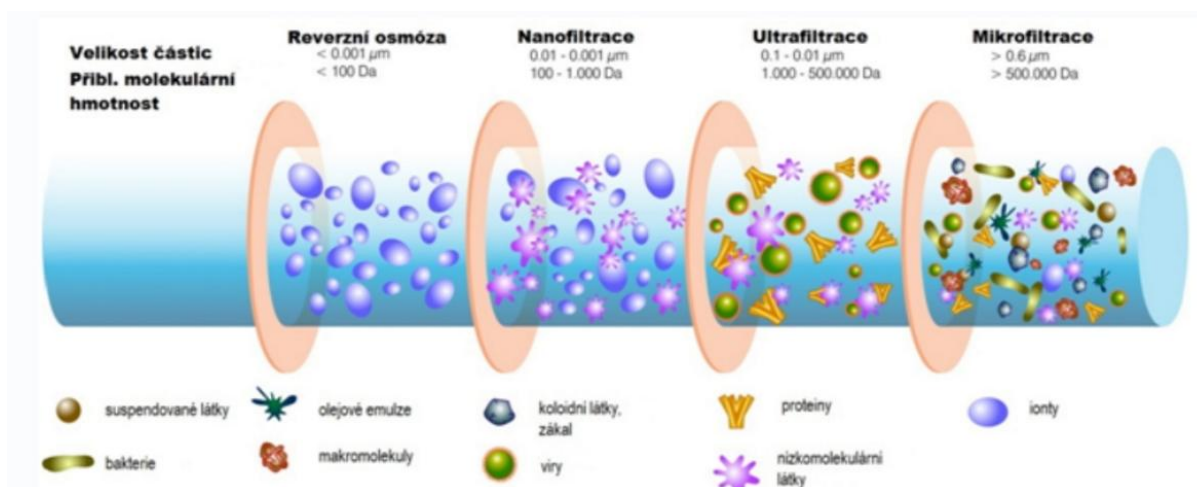
Jako materiál jsou používány:

- upravené přírodní látky (acetáty celulózy)
- syntetické organické polymery (polyamid, polyakryláty, polypropylen, polyvinylchlorid, nylon, fluoroplasty aj.),
- anorganické látky

Podle struktury se rozlišují membrány pro tlakové separační procesy na asymetrické, symetrické a kompozitní. Symetrická membrána je tvořena materiálem, který má po celé tloušťce shodnou velikost a tvar pórů. Asymetrické membrány mají aktivní vrstvu na podpůrné vrstvě téhož materiálu s řádově větší velikostí pórů. Kompozitní membrána je shodná s membránou asymetrickou, podpůrnou vrstvu však tvoří jiný materiál. [23]

Chemická a tepelná odolnost materiálů je značné rozdílná. Mezi ty nejodolnější patří membrány keramické a ze sintrovaných kovů. Pro použití celulózových membrán je nejvhodnější pH 4,5. Odchytky od této pH vedou ke snížení stability a dělicí schopnosti. Důležitá je také teplota, která významně ovlivňuje vhodné pH. Méně citlivé jsou např. polyamidové membrány. Pracovní rozsah pH zde je od 4 do 11. [23]

Membrány při aplikaci tlakových membránových postupů jsou sestavovány funkčně do modulů, což jsou jednotky sestávající z jedné nebo více membrán uspořádaných v jednom tlakovém prostoru. Rozlišují se moduly tubulární, vinuté a sestavené na principu dutých vláken. V tubulárních modulech jsou membrány formovány do trubek o průměru řádově v mm a délce obvykle okolo 1 m, které jsou umístěny na opěrných porézních trubkách z jejich vnitřní nebo vnější strany. Trubky jsou umístěny zpravidla v rouři z oceli, tvořící modul. U vinutého modulu jsou membrány, porézní materiál a dělicí vrstvy navinuty na perforovanou trubku. Surová voda proudí modulem axiálně pod tlakem. Membrány pro vinuté moduly jsou často zhotoveny z acetátu celulózy nebo z polyamidu. Moduly z dutých vláken, vyráběných obvykle z polyamidu, jsou konstruovány tak, že vlákna leží ve tvaru U v plášti, obklopena podpůrným tkanivem. Oba volné konce každého vlákna jsou vtaveny do destičky z umělé pryskyřice. Roztok proniká do polopropustných vláken a je jejich kapilárním profilem odváděn do sběrače permeátu. [23]



Obr. 6-1 Schématické znázornění membránové technologie [20]

Tyto procesy mohou být využity v různých oblastech.

Mikrofiltrace:

- odstraňování bakterií a kvasinek z piva, vína a mléka
- čištění a sterilizace ovocných šťáv
- úprava vody při výrobě velmi čisté vody
- separace jemných krystalů ve farmaceutickém průmyslu
- zahušťování oleje z olejových emulzí
- proces předřazený UF a RO

Ultrafiltrace:

- zpracování olejových emulzí
- získávání elektroforézních barev z oplachových vod
- zpracování odpadních vod z textilního a papírenského průmyslu
- zahušťování latexových emulzí
- zahušťování bílkovin a zpracování syrovátky

Nanofiltrace:

- změkčování vody
- eliminace dusičnanových iontů z pitné vody
- odsolování produktů a meziproduktů v chemickém průmyslu

Reverzní osmóza:

- odsolování mořské a brakické vody při výrobě pitné vody,
- výroba velmi čisté vody pro elektrotechnický a farmaceutický průmysl
- čištění odpadních vod z galvanizoven, textilního a papírenského průmyslu.
- oplach chirurgických a laboratorních nástrojů před sterilizací

[22]

Mezi klady membránových procesů patří nízká energetická náročnost a s tím související minimalizace nákladů. Navíc zde odpadá nutnost vnášet cizí, podpůrné látky (jako např. při srážení) a následné jejich odstraňování. Velkou předností je také to, že surová voda je od upravované oddělena pevnou překážkou a tak je znemožněn průchod vody nevyčištěné do vyčištěné. Rovněž tato metoda neklade velké požadavky na plochu. Uniformní velikost pórů membrán zaručuje téměř absolutní odstranění kontaminantů. Nevýhodou se může jevit stále poměrně vysoká pořizovací cena, nutnost ochrany membránové vrstvy proti mechanickému poškození a životnost těchto membrán. [21]

Ve velké většině jsou v těchto technologiích použity membrány s dutými vlákny, které díky velkému poměru plochy membrán k jejich objemu a schopnosti filtrace v obou směrech umožňují zpětný proplach vodou, vzduchem, či kombinací obou. V případech, kdy se nepovede provést dostatečné pročištění proplachem, se provádí chemické čištění (slabá kyselina, louh). Novým způsobem čištění membrán tubulárních modulů je čištění pomocí plovoucích balónů, které jsou protlačeny trubkou, uvnitř které se pohybují oběma směry. Tím se cykly mezi chemickým čištěním podstatně prodlužují. [20], [23]

6.2 SORPCE

6.2.1 Historie sorpčních procesů

Historie sorpčních procesů začala využíváním náhodně objevených vlastností přírodních materiálů a pokračuje až do éry polymerních a anorganických sorbentů vyráběných na míru. Jeden z nejstarších zdrojů pochází až z bible, kde se můžeme dočíst o Mojžíšově přípravě pitné vody z vody brakické s využitím dřeva. Dalším zajímavým příkladem může být Aristotelova zmínka z roku 330 př.n.l., který zjistil, že mořská voda ztratí část své solnosti po prolití přes určité druhy písků.

Využití sorpčních procesů ve své moderní podobě začalo od konce osmnáctého století za významného podílu ruských vědců. Jednalo se o adsorpční schopnosti některých druhů uhlí pro zachycení barevných látek, užití dřevěného uhlí pro čištění řepných šťáv.

Důležitým materiálem, který dodnes hraje velkou roli, jsou zeolity. Tento název byl poprvé použit švédským mineralogem Cronstedtem před asi dvěma sty padesáti lety. První komerčně dostupné zeolity se objevily v roce 1913 prodávané v Americe. V roce 1934 bylo poprvé připraveno sulfonové uhlí nazývané “uhlíkatý zeolit“, které se v omezené míře používá dodnes, například pro sorpci barviv. [30]

6.2.2 Mechanismus sorpce

Obecně lze sorpci vysvětlit jako komplexní proces, při němž dochází jak k adsorpci tak k absorpci, popř. i k chemické reakci nebo jinému vázání absorbátu jako je např. kapilární kondenzací nebo výměnnou iontovou adsorpcí. Jako adsorbát se označují látky obsažené ve vodě, které se hromadí na povrchu pevné fáze absorbentu (sorbentu). Příčiny adsorpce jsou mezimolekulární síly, zvané van der Waalsovy, chemická vazba mezi adsorbentem a adsorbátem a přitažlivost částic elektrickými silami v důsledku jejich opačného náboje (iontová sorpce). Mezi látkou v roztoku a jejím adsorbovaným množstvím se po určité době vytvoří rovnováha, kterou vyjadřuje adsorpční izoterma, což je závislost specifické adsorpce na koncentraci absorbátu, který zůstane v roztoku po dosažení adsorpční rovnováhy. Mezi nejpoužívanější adsorpční izotermy patří Lagmuirova a Freundlichova. [21], [23]

Důležitou vlastností každého adsorbentu je jeho specifický povrch, což je plocha, připadající na hmotnost jednotku absorbentu [$\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$] a jeho složení. [23]

Sorpční materiály se zpočátku používaly pro odstranění soli z vody a to před více než 2000 lety. V moderní době, od konce 18. století, se používají přírodní materiály jako různé druhy uhlí a přírodní zeolity. Nyní se od přírodních materiálů ustupuje a do popředí se dostávají synteticky vyráběné polymerní a anorganické sorbenty. Mezi nejznámější anorganické sorbenty, které se z počátku používaly pro změkčení vody, patří například zeolit, který má zhruba 48 organických a 150 anorganických druhů. Dále aluminosilikáty, které jsou podobné zeolitu, mají vynikající schopnost odstranění toxických kovů z vody. Jako sorbenty mohou být nalezeny také hydratované oxidy kovů. [21]

6.2.3 $\text{Fe}(\text{OH})_3$

V poslední době je možné pozorovat velký rozmach použití sorbentů založených na různě modifikovaném hydroxidu železitém. Je známo, že arsen a další těžké kovy jsou do určité míry odstraňovány při čiření železitými i hlinitými solemi. Na této bázi byl vyvinut komerční sorbent GEH (z německého granuliertes Eisenhydroxid, anglicky jako GFH, granulated Ferric Hydroxide). Tento sorbent se využívá pro odstraňování těžkých kovů z pitné vody a to při použití v koloně. Nevýhodami tohoto sorbentu pro takovou aplikaci může být ale jeho nerovnoměrné zrnění, tvar částic a mechanická stabilita. [30]

6.2.4 CeO_2

Oxid ceričitý může nalézt použití jako sorbent pro oxoanionty toxických kovů jako jsou arsen a antimon. Čistý oxid ceričitý lze připravit alkalizací roztoku $\text{Ce}(\text{IV})$ v kyselině dusičné. [30]

6.2.5 Lignit

Lignit je nejmladší typ uhlí a v porovnání s ostatními typy obsahuje velmi nízký podíl uhlíku. Lignit může být tvořen až 50 % vody a právě tak vysoký podíl vody činí tento materiál jako nevhodný pro energetické využití, ikdyž se jedná o jediný rozšířený způsob využití tohoto materiálu. Lignit díky velkému množství huminových látek pozitivně ovlivňuje klíčení semen, imobilizuje těžké kovy, zvyšuje úrodnost a celkově má pozitivní dopad v zemědělství. [25]

Využití lignitu jako sorbentu je velmi slibným příkladem z řady jeho neenergetického využití. Díky svému složení velmi dobře váže těžké kovy (hlavně pak olovo), barviva, pesticidy, fenoly.



Obr. 6-2 Lignit [25]

Výhodou použití tohoto materiálu jako sorbentu je pak také to, že se dá použít v surovém stavu s minimálními požadavky na úpravu (pomletí) a přitom stále s dobrými

sorpčními vlastnostmi, nízké ceně spojené s minimálními náklady na úpravu a šetrnosti k životnímu prostředí. Aplikaci nalézá především v čištění průmyslových odpadních vod. [25]

Vhodnost lignitu jako sorbentu byla prokázána i v experimentu [24], kdy byl použit lignit z dolu Mír v Mikulčicích a jeho úprava spočívala pouze v pomletí na částice v průměru menší než 0,2 mm. Z těžkých kovů se zvolily ionty mědi, zinku, kadmia a olova. Tyto ionty byly sorbovány jako směs a jejich koncentrace se stanovovala pomocí plamenového atomového absorpčního spektrometru AAS. Ze sorpční kinetiky bylo zjištěno, že sorpce byla ukončena již během 2 hodin a jako optimální pH bylo zvoleno pH rovnající se 5, což je hodnota, která je velmi blízká hodnotě pH ve vodě. Adsorpční kapacity byly pro Pb 39 mg/g, Cu 26 mg/g, Experimenty byly pro srovnání rovněž provedeny i pro jednotlivé kovy v roztoku a byly získány následující adsorpční kapacity pro Pb 98 mg/g, Cu 30 mg/g. Vhodnost lignitu jako sorbentu byla prokázána i v případě nízkých koncentrací kovů 1 a 10 mg/l, kdy se koncentrace dostala hluboko pod povolené limity odpadních vod. Vliv teploty byl zanedbatelný. [24]

Ovšem vhodnost tohoto materiálu pro úpravu pitné vody je zavádějící. Tento materiál by mohl negativně ovlivňovat pH pitné vody a to směrem do kyselých hodnot i jeho schopnost odfiltrovat kovy z vody by byla pravděpodobně nedostačující. Navíc jeho struktura by celkově zhoršovala jakost této vody.

6.2.6 Aktivní uhlí

Granulované aktivní uhlí se používá při úpravě pitné i užitkové vody. Vyrábí se aktivací vodní parou. Aktivní uhlí se používá zejména tam, kde je potřeba odstraňovat ropné látky, organické toxické sloučeniny a toxické těžké kovy, jako rtuť, kadmium a olovo. Dále je pak vhodné pro odstranění nežádoucích pachů, pachutí a rozpuštěného chlóru. Výhodou použití granulovaného aktivního uhlí před práškovým tkví v možnosti jeho regenerace a tím pádem hospodárnosti procesu.[31]

6.2.7 BAYOXIDE E33

Bayoxide E33 je průmyslovým výrobkem pro odstranění arsenu, ale i jiných těžkých kovů, jako olovo, kadmium, chrom, antimon a molybden. Jedná se o moderní adsorpční materiál na bázi železa, který má několikanásobně vyšší schopnost odstraňovat nežádoucí látky z vody než jiné materiály. Tento materiál je po použití možné zlikvidovat a nevyžaduje žádné další chemikálie či regeneraci. Tento materiál je velmi oblíbený při komerční úpravě pitné vody a to hlavně pro jednoduchost při manipulaci.[31]

6.2.8 KEMIRA CFH 12

CFH absorbent byl vyvinut ve Finsku. Jedná se o granulované médium na bázi oxidu hydroxidu železa. Používá se pro odstranění arsenu a jiných těžkých kovů z vody. Má snadné použití a nevyžaduje téměř žádné nároky na skladování. Dodává se ve formě červenohnědých granulí.[31]

6.2.9 KDF-Kinetic degradation fluoxin

KDF je patentově chráněno v USA a dalších 27 zemích, s vysokou účinností odstraňuje olovo, těžké kovy, chlor, chloramin, železo, některé bakterie, sirovodík a další problémové kontaminanty. KDF je chemická sloučenina, která pracuje na principu elektrochemické redukce a oxidace. Je tvořena z 55 % zinkem a z 45 % mědí. Velmi často se také tento materiál

kombinuje s aktivním uhlím. Tento materiál pak dále tvoří několik dalších typů (KDF 55, KDF 85 aj.). Dodává se jako granulovaný materiál, který vypadá a má barvu jako zlato.

Mezi jeho výhody pak patří velká účinnost při vysokých teplotách vody, jeho recyklovatelnost, efektivní odstranění široké škály kontaminantů. Mezi nevýhody patří jeho hmotnost, podezření na uvolňování mědi do upravované vody, příliš velká cena, pro odstranění organického znečištění nutnost použití v kombinaci s dalšími technologiemi a problematická regenerace takových filtrů, kdy je potřeba jednak horké vody pro odstranění nerozpustných látek a jednak velkého průtoku (0,7-0,9 l/s). [26] , [27] , [28]

Na trhu existuje nepřeberné množství filtračních náplní určených pro odstranění specifického znečištění, ať již se jedná o těžké kovy, odželezování, odmanganování, odkyselení vody či úprava tvrdosti. Při výběru vhodného materiálu je stěžejní rozhodnout se, k jakému účelu bude použit. V případech, o kterých pojednává tato práce, se jedná o kovy olovo a měď, případně odstranění přebytečného chlóru a úprava pH. Všechny tyto vlastnosti mohou být negativně ovlivněny při distribuci pitné vody.

6.3 PŘÍKLADY FILTRAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Na trhu lze nalézt celou škálu filtračních zařízení, které pracují jako domácí úpravny vody. Může jít buď o velká zařízení obsahující válcové nádoby tvaru láhve, ve kterých se nachází filtrační materiál, malá zařízení určená k instalaci na vodovodním kohoutku, či sprchové hlavici, filtrační zařízení určené pro veřejné vodovody nebo pro studniční vodu. Vhodnost, posouzení a výběr zařízení se musí řešit individuálně. Ceny takových výrobků se značně liší. U větších filtračních zařízení se pohybuje okolo 20 000 Kč, u těch menších pak řádově ve stovkách až několika tisících. Osazení takového zařízení na domovní přípojce by přefiltrovalo vodu do celé nemovitosti, na rozdíl od těch kohoutkových. Nevýhoda filtrů, osazených na bateriích a hlavících, je zejména v jejich estetické závadnosti. Řešením by byla snad jen jejich instalace pod kuchyňskou linku, kde je umístěn koš.

Často nabízeným produktem jsou pak filtrační zařízení pro odstranění mechanických nečistot z vody-odstranění písku, jílu, bahna apod., jedná se pak o filtry síťové, svíčkové, diskové atd. Regenerace takového filtru je velmi jednoduchá, manuálně po vyjmutí a výměnou vložky nebo pod tekoucí vodou. V nabídce se objevují i filtry se zpětným proplachem, které nevyžadují otevření filtru pro potřeby čištění. Příklady použití takových filtrů by se daly nalézt snad u studniční vody, která by jakostně nevyhovovala a obsahovala spoustu organického a mechanického znečištění.

Praktický příklad užití takových filtrů pak může být např. u vysokotlakých čističů, které mohou být zapojeny buď do vodovodní distribuční sítě přes venkovní kohoutek, nebo mohou brát vodu k čištění či oplachu ze studny, nádrže, barelu. Tato zařízení již mají integrované vodní filtry, nicméně výrobce a prodejce doporučuje použití dalších filtrů mechanických nečistot a to i při zapojení do veřejného vodovodu. I zde se totiž nachází jemné částičky písku, které při vysokotlakém proudění uvnitř přístroje poškozují čerpadlo a jiné součástky a celkově snižují životnost přístroje.

Častým produktem jsou také právě změkčovače vody, pracující na bázi výměny iontů. Při vyčerpání kapacity tohoto zařízení se pak provede regenerace pomocí soli. Dochází tak k sodíkovému cyklu, kde dochází k výměně vápníku a hořčíku za sodík aj.

Pro odstranění chlóru se většinou používá náplň z aktivního uhlí, která zároveň slouží k odstranění zápachu i jiných látek z pitné vody.

U velké spousty nabízených zařízení je uvedena komplexnost jejich použití, jinými slovy tyto produkty jsou určeny na odstranění „všeho“. Dále pak velmi laický a obecný popis zařízení, kdy v popisu funkce filtrů je pouze uvedeno, že upravuje pitnou vodu, zlepšuje kvalitu z hlediska zdravotnického, chuťového i pachového. Tento velmi strohý popis jen nahrává nedůvěryhodnosti prodejce. Zarážející je také demonstrace odstranění fenolů, toluenů, pesticidů a saponátů či organických barviv, tedy látek, které se běžně v pitné vodě vůbec nevyskytují i přesto, že nabízený produkt byl určen pro úpravu vody z vodovodu. Otázka účinnosti a vhodnosti takových výrobků je tedy značně diskutabilní, u některých výrobků deklaruje prodejce tak dokonalé vlastnosti a až zarážející bezkonkurenčnost, že pocity z takového zařízení jsou pak minimálně zarážející a rozporuplné. Skutečné vlastnosti výrobku by bylo potřeba ověřit v reálném provozu.

Příklady běžně dostupných některých výrobků určených pro úpravu tvrdosti, odstranění železa, manganu apod. určené k umístění na vodovodní baterii jsou:



Obr. 6-3 Filtr MTC 10 [32]



Obr. 6-4 Filtr CTP 10 [33]

Příkladem může ovšem být i filtr určený pouze pro sprchování či koupání, nikoliv pro úpravu vody pro pití a vaření, složený z granulí mědi a zinku. Výrobce na svých stránkách uvádí, že tento filtr je určen pro odstranění chlóru z vody, který by mohl vadit některým alergikům či nemocným s lupénkou apod. Mechanismus dechlorace potom vysvětluje jako změnu elektronové struktury atomu chlóru - z volného chlóru se stává neškodný chlorid.



Obr. 6-5 Odchlorovací filtr DIOS[35]

Filtrů pro odstranění mechanických nečistot jsou desítky, příkladem může být následující výrobek:



Obr. 6-6 Mechanický filtr ATLAS MIGNON [34]

Univerzální úpravny vody pro domácnost, sloužící pro změkčení, odželezení, odstranění manganu, korekce zápachu:



Obr. 6-7 Univerzální filtr AQUAEMIX 450[36]

6.4 ZDRAVOTNÍ RIZIKA DOMÁCÍ ÚPRAVY PITNÉ VODY

O tom, že upravovat pitnou vodu pomocí domácího filtračního zařízení může vést paradoxně k riziku zhoršení kvality této vody a to hlavně v případě, kdy takovéto zařízení bylo nainstalováno laikem a neodborným způsobem, není třeba dlouho polemizovat. Před tímto nešvarem a snahou různých domovních prodejců dostat do domů spotřebitelů taková zařízení varují koneckonců i samotné BVK na svých internetových stránkách. Jak uvádí zpráva [29], rizika spojená s těmito zařízeními jsou následující:

1. Účinnost filtrů není konstantní po celou dobu udávané životnosti+spotřebitel nemá možnost průběžné kontroly účinnosti
2. Odstranění nežádoucích, ale i prospěšných součástí vody (Ca, Mg)
3. Vhodné prostředí pro pomnožování mikroorganismů
4. Přístroje nebývají uvnitř čistitelné
5. Uvolňování nežádoucích látek do vody (Ag, Cu, změkčovadla a jiné organické přísady z pryží)

Stejně tak prodejci se mohou dopustit následujících chyb:

1. Neodbornost
2. Neselektivní nabízení přístrojů „na všechno“.
3. Zavádějící informace o účinnosti a mechanismu úpravy
4. Neurčitá či nadhodnocená informace o životnosti filtrační vložky nebo celého přístroje
5. Nadhodnocení rychlosti průtoku
6. Neúplný či mylný návod k použití

Zdravotní rizika demineralizace vody, kdy kromě námi chtěných odstraněných látek se odstraní i jiné, vápník, hořčík, sodík aj. se mohou při dlouhodobém užívání projevit následovně:

1. Zvýšené riziko úmrtnosti na kardiovaskulární choroby (infarkt myokardu, ischemická choroba srdeční, hypertenze, mozková mrtvice) a odvápnění kostí
2. Pravděpodobně též zvýšené riziko vzniku nádorů, těhotenských komplikací a neurodegenerativních onemocnění
3. Zvýšené riziko toxického působení těžkých kovů přijímaných např. stravou

Chuťové vnímání takto demineralizované vody se může projevit jako voda bez svěžesti, bez chuti, zvláštní pocit neuhašenosti žízně apod. Rovněž takto demineralizovaná voda má zvýšení korozivní účinky a podporuje uvolňování kovů, např. z varných konvic.

Jako následek pomnožování bakterií uvnitř filtrů se může projevit zvýšené riziko zažívacích potíží a průjmů, nevolnost.

Doporučení pro výběr a provoz domácích filtrů je mít znalost o kvalitě své konzumované vody, výsledky a rozbor kvality konzultovat s odborníkem a rozbor vody opakovat (platí hlavně u studní). Při výběru filtrů pak vyhledat odborné informace nezávislé na prodejci a obrátit se na více prodejců. [29]

7 EXPERIMENT

V rámci vlastní návrhové části bylo provedeno měření, kdy se zjišťovala účinnost vybraných filtračních materiálů odstranit uvolněné olovo z pitné vody. Právě tato vlastnost je rozhodující pro určení vhodnosti použití jednotlivého filtračního materiálu. Měření probíhalo na Fakultě stavební VUT v Brně v laboratoři Ústavu vodního hospodářství obcí.

Pro získání kontaminované vody olovem se použil kus olověné vodovodní přípojky, která se napustila vodou z vodovodního řádu města Brna, tato voda se následně nechala stagnovat uvnitř trubky a simuloval se tak nepříznivý stav, kdy voda neprotéká, ale stagnuje v přípojce a následkem toho dochází k uvolňování olova do vody.



Obr. 7-1 Použitý kus olověné vodovodní přípojky

7.1 PRŮBĚH EXPERIMENTU

Olověné potrubí bylo napuštěné celkem třikrát, kdy se voda nechala stagnovat 24 hod., 8 hod. a 18. hod. Bylo získáno 250 ml vody z každé části, dohromady tedy 750 ml vody, která se následně slila a získala se tak kontaminovaná voda.

Pro zjištění účinnosti vybraných filtračních materiálů se zvolil statický pokus, kdy se 1g filtračního materiálu nechal smáčet ve 100 ml vody a to po dobu 1 minuty. Během této doby docházelo k neustálému míchání. Na závěr se voda přefiltrovala přes papírový filtr.

Takto získané přefiltrované vzorky, společně s nepřefiltrovanou olověnou vodou, se na závěr poslali na rozbor do zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě.



Obr. 7-2 BAYOXIDE E33

7.2 VÝSLEDKY ROZBORU

Tab. 7-1 Koncentrace olova ve vodě před filtrací

Materiál	Zjištěná koncentrace olova
Olověná voda	149 $\mu\text{g/l}$

Tab. 7-2 Koncentrace olova ve vodě po filtraci

Materiál	Zjištěná koncentrace olova
BAYOXIDE E33	47,8 $\mu\text{g/l}$
DMI 65	107 $\mu\text{g/l}$

Z výsledků rozboru je jasné, že oba zkoumané materiály odstranili část uvolněného olova z vody. Bayoxide E33 byl účinnější, snížil hodnotu olova zhruba o dvě třetiny, DMI 65 pak zhruba o třetinu. Ke komplexnějšímu zkoumání by bylo zapotřebí více času na experiment. Stejně tak by bylo potřeba vyřešit technickou část takového filtračního zařízení, tzn. tvar a materiál, ze kterého by se taková filtrační vložka skládala.

Velkou neznámou v experimentu hrála role množství filtračního materiálu, množství filtrované vody a doba stagnace. Při příliš velkém množství filtrátu a velké doby filtrace by došlo k přílišnému odfiltrování olova z vody téměř až na nulovou hodnotu, což by znemožnilo vzájemné posouzení těchto materiálů. Stejně tak to platí pro opačný extrém, kdy by při příliš krátké době filtrace a malém množství filtrátu nedošlo téměř k žádnému odstranění olova. Různé kombinace, optimální hodnoty uvedených veličin, by mohly být předmětem dalšího zkoumání.

8 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo shrnout a objasnit metody doúpravy vody na domovních přípojkách a to hlavně v ukazatelích, jejichž hodnoty se mohou nepříznivě měnit v průběhu dopravy vody. Celá práce je rozdělena na tři kapitoly. V úvodní části je zmíněna kontaminace vlivem těžkých kovů jako olovo a měď, uvolňování kovů z varných konvic a vodovodních baterií. V druhé části jsou řešeny metody úpravy vody za pomoci sorpce, membránové technologie a zmíněny jsou i určité filtrační materiály společně s již existujícími filtračními zařízeními. Poslední část obsahuje experiment, kdy se posuzovala vhodnost použití vybraných filtračních materiálů.

Olovo je lidstvu známo již od starověku a na přelomu 19. a 20. století dochází k prvním pokusům o regulaci použití tohoto kovu v oblasti dopravy pitné vody. Dnes jsou již známy toxické vlastnosti olova na lidský organismus a olověné přípojky se nevyrábí zhruba od poloviny minulého století. Z uvedených naměřených dat jasně vyplývá, že čím déle voda stagnuje v olověné přípojce, tím více dochází ke kontaminaci. Varné konvice nepředstavují z hlediska kontaminace nijak velkou hrozbu, což ovšem neplatí pro vodovodní baterie, které toxické kovy do vody uvolňují. I zde platí, že čím déle voda v kohoutku stagnuje, tím více dochází ke kontaminaci. Co se týče mědi, situace je celkem příznivá. Nebylo zjištěno výrazného ovlivnění kvality vody vlivem proudění ve vnitřních měděných rozvodech.

V oblasti filtrace těžkých kovů z vody hraje hlavní roli zejména sorpce na filtračním materiálu. V poslední době dochází k rozmachu použití membránových technologií, které jsou ovšem pro použití v domácnostech stále příliš drahé.

Na trhu existuje celá řada výrobků určených pro zlepšování kvality vody. Otázkou ovšem zůstává, který typ a jakou filtrační náplň zvolit. V případě, kdy bychom zjistili, že v nemovitosti máme stále olověnou vodovodní přípojku, nejvhodnějším řešením je její kompletní výměna. Odpadá tak celá řada problémů spojená s domácí úpravou vody, kdy v horším případě si můžeme kvalitu námi upravované vody spíše zhoršit, jak zlepšit.

Přínosem této práce je shrnutí problematiky v oblasti kontaminace vody během její dopravy ke spotřebiteli. Prokazatelný vliv mají pak olověné vodovodní přípojky a měděné rozvody na pitnou vodu. Zjištěn byl také fakt schopnosti filtrace vybraných materiálů olova z vody. Dospěl jsem také k závěru, že nejjednodušším řešením kontaminace pitné vody vlivem starých olověných přípojek je jejich kompletní výměna. K vypracování této práce velmi přispěla dostupnost elektronických materiálů na stránkách SZÚ, který se danou problematikou velmi pečlivě zabývá.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KOŽÍŠEK, František, Ludmila NEŠPŮRKOVÁ, Daniel WEYESSA GARI, Ivana POMYKAČOVÁ, Hana TOMÁŠKOVÁ a Vladimíra NĚMCOVÁ. Kovy a související látky v pitné vodě: Olovo a pitná voda: situace v České republice. In: *Projekt Meteau: článek* [online]. Ostrava: Zdravotní ústav, 2008 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: http://meteau.cz/doc/vh1_2008.pdf
- [2] KOŽÍŠEK, František, Ludmila NEŠPŮRKOVÁ, Daniel WEYESSA GARI, Ivana POMYKAČOVÁ, Hana TOMÁŠKOVÁ a Vladimíra NĚMCOVÁ. Kovy a související látky v pitné vodě: Výskyt olova v pitné vodě v České republice. In: *Projekt Meteau: výroční zpráva* [online]. Ostrava: Zdravotní ústav, 2007 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: http://meteau.cz/zpravy/2007/zprava_2007_olovo.pdf
- [3] Kolik olova pili Římané s vodou? *Český rozhlas: magazín Leonardo* [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.rozhlas.cz/leonardo/historie/zprava/kolik-olova-pili-rimane-s-vodou-1346747>
- [4] Nebezpečné olovo. *Šumperská provozní vodohospodářská společnost, a.s.* [online]. Šumperk, 2015 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.spvs.cz/aktuality/aktualni-informace/1506-nebezpecne-olovo>
- [5] *Germany aims to rid drinking water of lead* [online]. Germany: Deutsche Welle, 2013 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.dw.com/en/germany-aims-to-rid-drinking-water-of-lead/a-17265851>
- [6] Kubeš, Milan. Vliv starých olověných přípojek na kvalitu dodávané pitné vody. In: *Zpráva* [online]. Brno: Brněnské vodárny a kanalizace a.s., s. 5 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/archive/013/001570.pdf>
- [7] NEŠPŮRKOVÁ, Ludmila, Ivana POMYKAČOVÁ, František KOŽÍŠEK, A. DVOŘÁKOVÁ, Vladimíra NĚMCOVÁ a J. KANTOROVÁ. *Vliv fosforečnanů v pitné vodě na plumbosolvataci: Projekt "Kovy a související látky v pitné vodě"* [online]. In: . s. 9 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: http://meteau.cz/zpravy/2009/zprava_olovo_a_fosf_final2010.pdf
- [8] NĚMCOVÁ, Vladimíra, František KOŽÍŠEK a Hana JELIGOVÁ. Kontaminace pitné vody kovy u spotřebitele. *SOVAK* [online]. Praha: Pavel Fučík, 2011, **2011**(1), 32 [cit. 2016-02-26]. ISSN 1210-3039. Dostupné z: <http://www.sovak.cz/stranka/archiv-casopisu-sovak-2011>
- [9] NĚMCOVÁ, Vladimíra, Jana KANTOROVÁ, František KOŽÍŠEK, Ludmila NEŠPŮRKOVÁ a Ivana POMYKAČOVÁ. *Uvolňování kovů, především niklu, při používání varných konvic: Projekt "Kovy a související látky v pitné vodě"* [online]. In: . s. 22 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: http://meteau.cz/zpravy/2009/zprava_konvice_final.pdf
- [10] Jak na výběr vodovodní baterie. *Moje bydlení* [online]. Brandýs nad Labem: IN publishing group, 2015 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.moje-bydleni.com/jak-na-vyber-vodovodni-baterie/>

- [11] KOŽÍŠEK, František. Aktualizované stanovisko SZÚ k použití fosforečnanů k úpravě vody. In: SOVAK [online]. 2/2011. Praha: Pavel Fučík, 2011, s. 45 [cit. 2016-02-28]. ISSN 1210-3039. Dostupné z: <http://www.sovak.cz/stranka/archiv-casopisu-sovak-2011>
- [12] Dotace na výměnu starých olovených rozvodů i v roce 2016: Potrubní trasy vodovod. Tzbinfo [online]. 2015 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/potrubni-trasy-vodovod/13477-dotace-na-vymenu-starych-olovenych-rozvodu-i-v-roce-2016>
- [13] NĚMCOVÁ, Vladimíra, Jana KANTOROVÁ, František KOŽÍŠEK, Daniel WEYESSA GARI, Ivana POMYKAČOVÁ. Kovy a související látky v pitné vodě: Měď a pitná voda: situace v České republice. In: *Projekt Meteau: článek* [online]. Ostrava: Zdravotní ústav, 2008 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: http://meteau.cz/doc/vh_med_a_pitna_voda.pdf
- [14] *Měděné rozvody: Nový důkaz antimikrobiální účinnosti mědi* [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://medenerozvody.cz/>
- [15] KOŽÍŠEK, František, Ludmila NEŠPŮRKOVÁ, Daniel WEYESSA GARI, Ivana POMYKAČOVÁ, Hana TOMÁŠKOVÁ a Vladimíra NĚMCOVÁ. Kovy a související látky v pitné vodě: Výskyt mědi v pitné vodě v České republice. In: *Projekt Meteau: výroční zpráva* [online]. Ostrava: Zdravotní ústav, 2007 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: http://meteau.cz/zpravy/2007/zprava_cu_2007.pdf
- [16] Měď a kyselá voda nejdou dohromady. *Dům a zahrada: Stavba a rekonstrukce* [online]. 2013 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.dumazahrada.cz/stavba-rekonstrukce/stavba/20203-me-a-kyselavoda-nejdou-dohromady/#.Vtrc9n3hC9I>
- [17] KRÁTKÝ, Jaroslav. Vrt-nízké pH-rozvody v mědi. In: *Tzbinfo: Diskuzní a poradenské forum* [online]. Topinfo s.r.o., 2008 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://forum.tzb-info.cz/107856-vrt-nizkeph-rozvody-v-medi>
- [18] Legionella v pitné vodě: Aplikační oblasti-studená a teplá voda. *Měděné rozvody* [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://medenerozvody.cz/aplikacni-oblasti-medenych-trubek/studena-tepla-pitna-voda/legionella-v-pitne-vode>
- [19] DVOŘÁK, Pavel. Osobní sdělení, Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., [cit. 2016-03-24].
- [20] Membránová filtrace pro úpravu pitné vody. *ASIO: čištění a úprava vod* [online]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/52.membranova-filtrace-pro-upravu-pitne-vody>
- [21] ŠOPÍKOVÁ, Lucie. *Odstraňování olova i jiných kovů z vody*. Brno, 2014. Diplomová práce. FAST VUT v Brně. Vedoucí práce Renata Biela.
- [22] Tlakové membránové procesy. *CZEMP-Česká membránová platforma* [online]. [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://www.czemp.cz/cs/membranove-procesy/tlakove-membranove-procesy>

- [23] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC, c2006. ISBN 80-860-2050-9.
- [24] DOSKOČIL, Leoš. Odstranění těžkých kovů z vod aplikací lignitu jako sorbentu. In: *CHEMPOINT: Vědci pro průmysl a praxi* [online]. Vysoké učení technické v Brně, 2012, s. 1 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/odstraneni-tezkych-kovu-z-vod-aplikaci-lignitu-jako-sorbentu>
- [25] DOSKOČIL, Leoš. Neenergetické aplikace lignitu. In: *CHEMPOINT: Vědci pro průmysl a praxi* [online]. Vysoké učení technické v Brně, 2012, s. 1 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/neenergeticke-aplikace-lignitu>
- [26] KDF: KINETIC DEGRADATION FLUOXIN. *BEVONA: vodní filtry* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.bevona.cz/kdf-32>
- [27] Youtube. *Why Not Use KDF-55?* [online]. US WATER SYSTEMS, 2012 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=jkXZsUXXdIE>
- [28] WATER TREATMENT SOLUTIONS: KDF Process Media. *Lenntech* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.lenntech.com/kdf-filter-media.htm>
- [29] KOŽÍŠEK, František. *Zdravotní rizika domácí úpravy pitné vody: Doporučení pro spotřebitele* [online]. Praha: SZÚ, 2005 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/file/1515/>
- [30] JELÍNEK, Luděk. *Desalinační a separační metody v úpravě vody*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2008. ISBN 978-80-7080-705-7.
- [31] NOVOTNÁ, Aneta. *Filtrační materiály pro vodárenskou filtraci*. Brno, 2013. Bakalářská práce. FAST, VUT v Brně. Vedoucí práce Tomáš Kučera.
- [32] *Vodní filtr MTC 10: filtrace pitné vody* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.voda-zdarma.com/index.php>
- [33] *Bevona-vodní filtry* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.bevona.cz/fltr-ctp-10-100-klasik-24>
- [34] *Aqua Aurea vodní filtry i pro kojence: Mechanický filtr ATLAS MIGNON* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.aqua-aurea.cz/detail-vyrobk.php?product=mechanicky-filtr-atlas-mignon>
- [35] *Aqua Aurea vodní filtry i pro kojence: DIOS-sprchový odchlorovací filtr, bílý* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.aqua-aurea.cz/detail-vyrobk.php?product=dios-sprchovy-filtr-bily>
- [36] *Změkčení vody, pryč s vodním kamenem: Úpravna vody AquaEmix 450* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.zmekceni-vody.cz/241-aquaemix-450.html>
- [37] HRBKOVÁ, Ivana. *Srovnávací analýza zařízení na odstraňování tvrdosti vody*. Brno, 2005. Diplomová práce. FAST, VUT v Brně. Vedoucí práce Tomáš Kučera.
- [38] KOŽÍŠEK, František. *Proč voda s chlorem, proč voda bez chloru: Pitná voda 2010* [online]. České Budějovice, 2010 [cit. 2016-05-11]. ISBN 978-80-254-6854-8. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/bez_dezinfekce/Kozisek_P_V2010.pdf

SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 Historický vývoj závazných požadavků na obsah olova v pitné vodě v České republice[2]	13
Tab. 2-2 Výskyt olova v pitné vodě v ČR 1994-2006 (porovnání s limitní hodnotou 10 µg/l)[2]	15
Tab. 2-3 Přehled objektů podle kategorií dle metodiky pro podporu oprav domovních olověných rozvodů v období 2004-2007.[2]	15
Tab. 2-4 Množství uvolněného olova po stagnaci vody v potrubí v laboratorních podmínkách[6]	16
Tab. 2-5 Hodnoty koncentrací olova, získaných při odběrech z výtoků v domech [6]	17
Tab. 2-6 Výsledky koncentrací olova [11]	22
Tab. 2-7 Vývoj objemu požadovaných dotací v porovnání s objemem financovaným v mil. Kč [12]	23
Tab. 2-8 Vývoj počtu a objemu žádostí v porovnání s realizovanými akcemi [12]	24
Tab. 3-1 Historický vývoj závazných požadavků na obsah mědi v pitné vodě v České republice[15]	27
Tab. 3-2 Přehled výsledků stanovení mědi v pitných vodách České republiky v období let 2006 až 2009 [15]	29
Tab. 3-3 Naměřené koncentrace mědi v místě A[15]	29
Tab. 3-4 Naměřené koncentrace mědi v místě A po dalším roce užívání [15]	30
Tab. 7-1 Koncentrace olova ve vodě před filtrací	46
Tab. 7-2 Koncentrace olova ve vodě po filtraci	46

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Římské olověné potrubí [3]	11
Obr. 2-2 Římské olověné potrubí v městě Bath [3]	12
Obr. 2-3 Olověné potrubí [5]	14
Obr. 2-4 Typy testovaných rychlovarných konvic [9]	19
Obr. 2-5 Vodovodní baterie [10]	20
Obr. 3-1 Měděné rozvody vody[14]	25
Obr. 3-2 Vnitřní měděné rozvody[16]	26
Obr. 6-1 Schématické znázornění membránové technologie [20]	35
Obr. 6-2 Lignit [25]	38
Obr. 6-3 Filtr MTC 10 [32]	41
Obr. 6-4 Filtr CTP 10 [33]	41
Obr. 6-5 Odchlorovací filtr DIOS[35]	42
Obr. 6-6 Mechanický filtr ATLAS MIGNON [34]	43
Obr. 6-7 Univerzální filtr AQUAEMIX 450[36]	43
Obr. 7-1 Použitý kus olověné vodovodní přípojky	45
Obr. 7-2 BAYOXIDE E33	46

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Pb ... olovo

NMH ... nejvyšší mezní hodnota [mg/l]

SZÚ ... státní zdravotní ústav

ČSR ... Československá republika

WHO ... World health organization

BVK ... Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.

SUMMARY

The aim of this thesis was to sum up and clarify available methods of water treatment at home water connections, particularly in indicators that can be negatively influenced within its transport towards consumers. There is a contamination meant in the introduction due to influence of heavy metals such as lead and copper as well as releasing metals from kettles and taps. In the second part, there are some methods of water treatment such as sorption and membrane technologies. A short experiment has been performed in the last part.

Lead has been well-known since ancient times and first attempts of reduction of use this metal in drinking water transport can be found at the turn of 19. and 20. century. Nowadays, many of its toxic qualities are known and documented. Making water connections from lead was stopped approximately 50 years ago. Researchs show that the more time the water remains in a connection, the more it becomes polluted. Cattles don't pose a big threat when it comes to pollution. However, that doesn't goes for water taps. As far as copper is concerned, the situation is relatively favourable. No negative influence on drinking water has been discovered.

Sorption on filter materials play a main role in filtration of heavy metals from drinking water. Recently, membrane technologies became widespread. Unfortunately, they are still too expensive.

It has turned out that using home filter device is too problematic. In case there is a still lead water connection in a house, the best solution to filter lead from water is by a complete change of the connection.