

MAGNETICKÁ ÚPRAVA VODY

Ing. Jaroslav Blažík, Ing. Václav Mergl, CSc.

Vodárenská akciová společnost, a. s. Brno

Soběšická 156, 638 01 Brno, e-mail: blazik@vasgr.cz, mergl@vasgr.cz

Úvod

V poslední době je patrná zvýšená nabídka prodejců zařízení pro magnetickou a elektromagnetickou úpravu vody. Důsledkem je, že se naše vodárenská společnost setkává jak s požadavky odběratelů vody na schválení instalace těchto zařízení v rozvodných systémech vody u jejich objektů, tak s již nainstalovanými zařízeními, jejichž umístění nebylo konzultováno s provozovatelem vodovodu, což může přinést problémy ve spotřebišti.

Přednáška shrnuje poznatky o magnetické úpravě vody (MÚV), princip MÚV, vlastnosti vody po magnetické úpravě, konstrukce zařízení, vhodné aplikace v rozvodech vody a důsledky nevhodné instalace. Dále je zmíněn pohled na MÚV z hlediska hygienických požadavků na pitnou vodu.

Shrnutí poznatků o magnetické úpravě vody

Magnetická úprava vody (MÚV) se začala používat asi od roku 1945 podle belgického patentu T. Vermairena, který ve třicátých letech 20. století zjistil, že voda která protekla magnetickým polem pozdržuje vytváření vápenatých usazenin a takto upravená voda dovede rozrušit i vytvořené inkrustace [1]. První přístroj na MÚV se nazýval CEPI a vyráběla jej belgická firma S.A.EPURO. Přístroj CEPI vsazený do potrubí napájecí vody, teplovodních okruhů, nebo technologických rozvodů např. mléka, cukerné šťávy, sulfátových i jiných luhů, roztoků anorganických solí, zabraňuje vzniku souvislých povlaků inkrustací. Tuhé podíly, které se z těchto kapalin vylučují, zvláště při zahřátí, místo aby se usazovaly na stěnách, tvoří měkký jemný kal, který se snadno vyplaví. Působením magnetického pole jde postupně o vylučování: I. vateritu (nestabilní hexagonální krystalická modifikace uhličitanu vápenatého CaCO_3); II. síranu vápenatého CaSO_4 ; III. kalcitu (běžná stabilní rombická krystalická modifikace CaCO_3). Ve všech případech je možno pozorovat, že po průchodu magnetickým polem se vylučují jen drobné křehké krystalické útvary, popřípadě více méně amorfni sraženina (v případě III). Nedochází ke srůstu krystalů a k jejich narůstání na stěnách potrubí a zařízení jimiž kapaliny protékají. Systém CEPI se používal především v rozvodech teplé a studené vody v chladičích, v chladičích věžích turbín. Osvědčila se magnetizace mořské vody a různých roztoků např. cukru, sulfátových luhů, mléka při pasteraci, surové ropy [2], roztoku sody [4]. Bylo zjištěno, že magnetické pole (podobně jako elektrické) nápadně zvětšuje počet center krystalizace [3]. MÚV způsobuje velkou rychlost vzniku krystalů, jejich menší rozměry a větší počet ve srovnání s krystalizací v běžných podmínkách. Při MÚV před ohříváním se tvoří CaCO_3 ve formě kalcitu a někdy ve formě aragonitu (nestabilní forma CaCO_3), což závisí na stupni přesycení roztoku tj. na koncentraci volného oxidu uhličitého. Čím je tato koncentrace vyšší, tím je pravděpodobnější vznik aragonitu [5]. Na krystalizační proces může působit společně magnetická úprava vody a míchání, což souhlasí s existencí optimální turbulence toku roztoku v mezipólovém prostoru magnetů [5], [6], [8]. Ve vodě upravené působením magnetického pole se usazeniny rozpouštějí podstatně rychleji než ve vodě neupravené [5].

V [7] je též popsán vliv MÚV na prevenci tvorby kamének v organismu, v [5] je zmíněno jejich rozpouštění a zároveň jsou popsány zjištěné empirické zákonitosti z oblasti MÚV:

1. účinek MÚV v závislosti na čase po krátkodobém nárůstu postupně samovolně klesá a zaniká
2. účinek MÚV v závislosti na intenzitě magnetického pole bývá nejčastěji ve tvaru pulsující křivky, někdy křivky s jedním vrcholem, případně stoupající křivky
3. účinek MÚV v závislosti na rychlosti proudění v mezipólovém prostoru má tvar křivky s vrcholem (též v [6]).

Značný vliv na výsledek působení MÚV mají též charakteristiky magnetického pole jako jsou gradient intenzity a frekvence.

Rozlišují se dva způsoby MÚV:

- 1) pro zabránění tvorby inkrustů je voda upravována střídavým magnetickým polem, nebo i ve stejnosměrném magnetickém poli turbulentním vířením [9]
- 2) MÚV spočívající v laminárním průtoku vody, ve stejnosměrném magnetickém poli polarizuje vodu magnetohydrodynamickým jevem [9]. Polarizovaná voda pozitivně ovlivňuje klíčivost semen a růst rostlin, avšak neovlivňuje růst inkrustů [1]. Polarizace vody lze též dosáhnout elektrickým polem, slunečními paprsky, zvukem, ultrazvukem, laserem.

Dle [10] se první údaje o MÚV objevují v literatuře ve čtyřicátých letech minulého století a do dnešní doby je tento jev předmětem sporů. Prokázat, že po MÚV dochází ke změnám vody v jejím složení, či struktuře je obtížné. Není k dispozici postup, který by jednoznačně rozpoznal, zda je, či není voda magneticky upravena. Využívá se jevů, aniž je dokonale známo jejich teoretické objasnění, proto se většinou postupuje empirickou cestou. Chemické složení magneticky upravené vody se nemění.

Princip magnetické úpravy vody

Nejprve několik poznámek k „tvrdosti vody“. Při průchodu vody póry hornin zůstávají ve vsakující se vodě jen látky rozpouštěné, kdežto látky suspendované zůstávají v pórech a tím se voda filtruje. Vlivem obsahu O_2 a CO_2 , které se do vsakující dešťové vody dostávají ze vzduchu, se rozpouštějí horniny, kterými podzemní voda prochází. Tak se do podzemních vod dostávají v rozpouštěném stavu zvláště uhličitany a sírany, které způsobují tzv. „tvrdost vody“, která se určuje podle množství ve vodě obsažených solí Ca a Mg. V oblastech vápencových hornin budou vody bohaté uhličitánem vápenatým $CaCO_3$, poměrně málo solí budou obsahovat vody z hornin křemenných [11]. Oxid uhličitý obsažený v podzemní vodě je též původu biogenního a hlubinného [10].

Rozlišujeme dvojí tvrdost vody:

- 1) **přechodnou tvrdost**, která je způsobována hlavně hydrogenuhličitany vápníku a hořčíku. Lze ji z vody odstranit ohřátím, větráním, nebo neutralizací obsaženého CO_2 , kdy přecházejí hydrogenuhličitany v uhličitany, které jsou prakticky nerozpustné a vylučují se z vody jako tzv. vodní kámen
- 2) **stálou tvrdost** vytvářejí roztoky síranů, chloridů, dusičnanů a křemičitanů. Zahřátím se neodstraňují, ale při odpařování vody vytvářejí tzv. kotelní kámen, amorfni, porézni, velmi pevný a tepelně izolující. Sloučeniny vytvářející stálou tvrdost se odstraňují z vody destilací, chemickými zásahy, výměnou iontů. Změkčování vody odstraní obě tvrdosti a používá se hlavně při úpravě vody pro průmyslové účely. Při změkčování vody pro komunální účely přichází v úvahu hlavně částečné odstranění uhličitánové tvrdosti [12].

MÚV řeší problémy vzniklé přechodnou tvrdostí vody, projevující se zejména vznikem inkrustací v rozvodech vody zvláště v místech s turbulentním prouděním [13] (např. ventily), zanášením systémů pro ohřev a rozvod teplé vody zvyšující energetické náklady. Důsledkem je pokles tlaku a průtoku ve spotřebištích.

Z hlediska tvorby nánosů v potrubí je podstatně závažnější vápník než hořčík [10], neboť většina vápenatých solí je méně rozpustná než soli hořečnaté (nánosy jsou tvořeny především uhličitanem vápenatým - CaCO_3). Vody se stejnou sumární koncentrací $\text{Ca}+\text{Mg}$, ale s jejich rozdílným poměrem, mají odlišné inkrustující účinky. Větší koncentrace hořčíku zvětšuje rozpustnost CaCO_3 a zmenšuje rychlost jeho vylučování, protože ionty Mg porušují krystalovou mřížku kalcitu. Pro hodnocení agresivních, nebo inkrustujících účinků vod se stanovuje přesycení, nebo nenasycení vody CaCO_3 . Toto přesycení má také vztah ke kinetice jeho vylučování, poněvadž aby se CaCO_3 vylučoval, musí přesycení dosáhnout určité minimální hodnoty. Je-li přesycení příliš velké, nestačí se v potrubí vytvořit přilnavá vrstva a vylučuje se sraženina kalcitu. Při srážení za chladu se vylučuje z počátku amorfni CaCO_3 , který časem přechází do krystalické kalcitové formy. Při srážení za tepla (obecně při teplotě asi nad $30\text{ }^\circ\text{C}$) se vylučuje aragonitová forma, která chladnutím přechází v kalcit.

Vylučování inkrustů na pevném povrchu nastává tehdy, pokud je v blízkosti stěny přesycený roztok. MÚV umožňuje odstranit přesycení, poněvadž vylučování rozpuštěných solí se stimuluje v celém objemu vody. Tato úprava je efektivní, pokud přechodná tvrdost vody je tvořena uhličitanem vápenatým; pokud je tvořena vysokou síranovou tvrdostí tak neposkytuje dobré výsledky [5]. Podobně má vliv na přesycení obsah oxidu uhličitého CO_2 ve vodě, který se v hydrochemii nazývá volný, a rozpouští uhličitan vápenatý. Rozpustnost CO_2 ve vodě klesá s teplotou vody (při $100\text{ }^\circ\text{C}$ je mizivá) [12], stoupá s tlakem dle zákona Mariottova (voda pohltí při stejné teplotě za různého tlaku vždy stejný objem plynu, který však má změnu hmotnosti úměrnou změně tlaku) [14], a také závisí na hodnotě pH [10]. Většina volného CO_2 ve vodě je z 99 % přítomna ve formě molekul plynu a jen 1 % ve vazbě s vodou tvoří kyselinu uhličitou (H_2CO_3) [5] i [10], dle reakce $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$. V rozsahu pH 4,5 až 8,3 se kyselina uhličitá nachází ještě ve formě HCO_3^- ; obě formy mají proměnné hodnoty v závislosti na pH, ale součet podílů obou složek v tomto rozsahu pH je vždy roven jedné. Mezi CO_2 a H_2CO_3 se ustaví rovnováha a při analýze vody se stanovuje suma obou těchto složek, neboť jejich analytické rozlišení je obtížné [15]. Volný oxid uhličitý se dělí na: rovnovážný - určující existenci hydrogenuhličitanu vápenatého $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ve vodě dle: $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je, na rozdíl od CaCO_3 , velmi dobře rozpustný; agresivní - rozpouštějící uhličitanu vápníku a železa (CO_2 volný = CO_2 rovnovážný + CO_2 agresivní). Uhličitanový systém je v pohyblivé rovnováze - v případě že koncentrace volného CO_2 je menší než rovnovážná, přesycuje se voda uhličitanem vápenatým, je nestálá a vznikají krystaly CaCO_3 . MÚV v tomto stavu je obzvláště efektivní. Jakmile koncentrace CO_2 volného převyšuje koncentraci rovnovážnou, potom vznik CaCO_3 z roztoku neprobíhá, což je podmíněno přítomností CO_2 agresivního. Magnetická úprava takové vody za účelem snížení tvorby nánosů je neefektivní. Přesycení vody uhličitanem vápenatým je možno zjistit s dostatečnou přesností stanovením koncentrace volného oxidu uhličitého. Čím je vyšší stupeň přesycení roztoku, tím menší mohou být rozměry zárodků krystalizace [5].

Vlastnosti vody po magnetické úpravě

MÚV způsobuje vznik krystalizačních center solí z roztoku v celém objemu kapaliny. Poněvadž hlavní komponentou tohoto roztoku bývají hydrogenuhličitanů dochází při tvorbě krystalů CaCO_3 k přeměně CO_2 rovnovážného na CO_2 agresivní, který souvisí se vznikem kyseliny uhličitě, která má schopnost rozpouštět již dříve vyloučené uhličitany ve formě inkrustů. Proto je možné, po nějaké době působení magneticky upravené vody, odstranit z rozvodů uhličitánové inkrustace. V praxi má pak velký význam odstranění jemně disperzních kalů a nánosů uvolňovaných ze stěn systémů rozvodu vody. V začátcích aplikací MÚV se tomuto problému nevěnovala patřičná pozornost, což způsobilo téměř kompromitování celé problematiky [5].

Krystalizace uhličitánu vápenatého ze slabě přesycených roztoků probíhá pomalu. Krystalizace je inhibována organickými látkami (zvláště vysokomolekulárními) velkými koncentracemi hořčiku, fosforečnanů a polyfosforečnanů. Dalším významným faktorem je počáteční hodnota pH a teplota. Z uvedených důvodů mohou některé vody, které jsou stejně přesycené uhličitánem vápenatým, tento uhličitán vylučovat různou rychlostí, nebo vůbec ne. Vyloučení může být ve formě kalu, který se usazuje, nebo může tvořit tuhé nánosy (inkrustace). Hořčík je z tohoto hlediska méně závadný, poněvadž uhličitán hořečnatý je podstatně rozpustnější a hydroxid hořečnatý tvoří obvykle amorfni sraženinu [10]. Zdrojem nestability vody, projevující se vylučováním inkrustu, je též změna koncentrace rozpuštěných plynů v závislosti na čase. Probíhá při menších změnách teploty a tlaku (částečně při turbulenci proudu tekoucí vody) [5].

Konstrukce zařízení pro magnetickou úpravu vody

Existující zařízení pro MÚV lze dělit podle způsobu, kterým je vytvořeno magnetické pole na:

- 1) zařízení se stálými (permanentsními) magnety,
- 2) zařízení vytvářející magnetické pole pomocí cívky, nebo soustavy cívek, napájených buď stejnosměrným, nebo střídavým elektrickým proudem.

Konstrukci zařízení pro MÚV lze též rozdělit dle typu vytvořeného magnetického pole:

- a) se stejnosměrným magnetickým polem, ve kterém je požadovaných vlastností vody dosahováno jejím průtokem vyvolávajícím turbulentní víření mezi póly [5], [16]. Takové pole lze získat jak použitím permanentních magnetů, tak cívkou napájenou stejnosměrným elektrickým proudem [1]
- b) se střídavým magnetickým polem [1] vytvořeným:
 - 1) permanentními magnety spojením několika jejich kusů takovým způsobem, aby na protékající vodu působilo střídavé magnetické pole
 - 2) cívkou, nebo soustavou cívek:
 - napájenou střídavým elektrickým proudem (např. s periodicky proměnlivou frekvencí)
 - napájenou stejnosměrným elektrickým proudem, avšak v takovém zapojení soustavy cívek, aby na protékající vodu působilo střídavé magnetické pole.

Z pohledu aplikace na již existující rozvod vody:

- a) zařízení která vyžadují rozpojení potrubí a montáž přístroje do rozvodu
- b) zařízení která se instalují na vnější stranu potrubí bez zásahu do instalace.

Konstrukce zařízení MÚV může ovlivňovat provozní podmínky.

Vhodné aplikace MÚV v rozvodech vody

Literatura [8] popisuje provozní zkušenosti se zařízením pro MÚV vybaveném průtokovou štěrbinou mezi póly magnetů. Je upozorněno na nutnost přísně dodržovat předepsané instalační a provozní podmínky pro úspěšný provoz zařízení.

Instalace a údržba:

- 1) Poněvadž MÚV působí také na inkrust již dříve vytvořený, tak v některých případech dochází k ucpání ventilů, nebo potrubí většími kusy inkrustů. Lépe je před aplikací MÚV starší instalace předem vyčistit.
- 2) Přístroj musí být umístěn ve svislé poloze tak, aby voda protékala zdola nahoru, aby se zabránilo vytvoření vzduchových kapes, což snižuje účinnost.
- 3) Zanese-li se průtoková štěrbinou, zvýší se hydraulický odpor a je nutno přístroj vyčistit 10 % kyselinou chlorovodíkovou.
- 4) Přístroj musí být vodivě izolován od potrubí a musí být přemostěn tak, aby eventuální bludné proudy neprocházely tělesem přístroje (při uzemnění nějakého elektrického spotřebiče na potrubí).

Provozní podmínky pro správný chod přístroje:

- 1) Obsah rozpuštěných látek nesmí být větší než 2000 mg.l^{-1} . Pro koncentrovanější roztoky je nutno použít přístroje s vyšší magnetickou indukcí a delší dráhou, po které voda protíná magnetické pole. Důvodem je, že čím větší koncentrace roztoku, tím větší je snížení účinnosti MÚV. Snížení účinnosti je též závislé na teplotě vody – při zvýšení teploty roztoku (nad $30 \text{ }^\circ\text{C}$) účinnost rychle klesá. Je výhodné, aby ve vodě převažovaly hydrogenuhličitan, avšak s úspěchem se zabraňuje tvorbě nejrůznějších druhů jiných krystalických nánosů.
- 2) Při úpravě vod obsahujících suspendované a koloidní látky je nutno předradit účinnou filtraci. Musí být odstraněny všechny hrubé nečistoty, kaly a podstatně snížen obsah železa ve vodě, poněvadž v neutrálních vodách je železo přítomno převážně v koloidní formě. Účinnost přístroje je za přítomnosti těchto látek snižována hlavně ze dvou důvodů:
 - a) koloidní látky se usazují na pólech magnetů a tím se zvyšuje hydraulický odpor a zeslabuje magnetické pole ve štěrbině
 - b) koloidní látky vychylují magnetické silokřivky. Kapalina potom neprotíná silokřivky kolmo a tím se také (jak bylo empiricky zjištěno) snižuje účinnost úpravy. Tímto způsobem snižují účinnost též bublinky plynů ve vodě.
- 3) Dochází-li k provzdušňování již magneticky upravené vody – např. přepadá-li do zásobní nádrže, nebo je vedena otevřeným žlabem, bylo pozorováno silné poklesnutí účinnosti MÚV. Je-li voda provzdušněna před vstupem do MÚV tak se účinnost nesnižuje.
- 4) MÚV je velmi závislá na rychlosti proudění kapaliny magnetickým polem. Je proto velmi důležité aby průtok vody byl udržován v předepsaných mezích pro daný typ přístroje a aby byla stále udržována optimální rychlost proudění. Jedná se o okamžitou rychlost! Stejně důležité je nepřekračovat minimální doporučený průtok. Maximum účinnosti dosahují přístroje MÚV okolo 60 % maximálního výkonu [6].
- 5) Míchání vody magneticky upravené s neupravenou snižuje účinnost. Voda si podržuje vlastnosti získané magnetickou úpravou pouze určitou dobu (10 až 14 hodin). Potom účinek zmizí a např. cirkulující voda může být opět neupravená. Nemá-li vzduch k vodě přístup a je-li voda v klidu (bez vibrací a bez proudění) potom působnost MÚV je až 14 dní. Stykem se vzduchem, nebo pohybem se tato doba zkracuje.

Použití magnetické úpravy

MÚV ovlivňuje pouze průběh krystalizace, takže vyloučené sraženiny je nutno ze systému odstraňovat, aby se nehromadily. Znamená to vhodné umístění účinných odlučovačů kalu s odkalovacími ventily v systému. Účinnost zařízení, jak bylo uvedeno, závisí na celé řadě různých faktorů, z nichž nejdůležitější jsou: vhodná konstrukce zařízení MÚV, vlastnosti upravované vody a kvalifikovaně provedená aplikace. Vliv konstrukce zařízení lze demonstrovat příkladem uvedeným v [16]. V Německu a Rakousku existuje metodika pro ověřování účinnosti MÚV. Německá spotřebitelská nadace „Stiftung Warentest“ provedla v r.1999 posouzení přístrojů MÚV. Výsledky byly publikovány v německém časopise TEST č.1/2000 str.59-63 pod názvem: „Ein Schlag ins Wasser“ (Plácnutí do vody). Výsledkem testu bylo zjištění, že pouze 3 přístroje ze 13 testovaných se ukázaly jako funkční! Proto je nutno pečlivě vybírat vhodnou konstrukci přístroje pro požadovanou aplikaci, přičemž problém při výběru je mnohdy umocněn tím, že někteří prodejci MÚV nejsou v tomto oboru kompetentní. Ti solidní alespoň při prodeji deklarují možnost vrácení přístroje při neúčinné instalaci. Na druhé straně výše uvedené testy ukazují na jednu z příčin neúspěšných aplikací – nevhodnou konstrukci přístroje MÚV.

Indikaci účinku činnosti zařízení MÚV lze dle [5] provést následujícími postupy:

- a) měřením vodivosti upravené vody – dochází ke snížení její elektrické vodivosti
- b) hodnocením rychlosti vzniku krystalů, v upravované vodě, v etalonu, na absorbování světla (u vysoko mineralizované vody lze provést kontrolu průzračnosti po úpravě – po účinné MÚV se voda zakalí a jemné podíly dlouhý čas nesedimentují; snižuje se též tvrdost vody), lze též mikroskopicky hodnotit rozměry krystalů
- c) hodnotí se kinetika usazování tvrdé disperzní fáze ve vodě
- d) lze hodnotit změnu pH.

Důsledky nevhodné instalace MÚV

Při instalaci MÚV je třeba mít na zřeteli, že i když je voda magneticky upravena, tj. že její vlastnosti jsou změněny natolik, aby mohly ovlivnit průběh krystalizace, tak úspěch instalace ještě není zdaleka zajištěn. Velmi záleží na provozních podmínkách instalace MÚV. Často se totiž podceňuje, že při aplikaci MÚV je nutno ze systému rozvodu vody odstranit za provozu vyloučené jemné sraženiny, aby se v rozvodu nehromadily. Dosáhne se toho pomocí vhodně umístěných účinných odlučovačů kalu s odkalovacími ventily. Tyto sraženiny však neulpívají na stěnách, nýbrž se ve formě jemného kalu usazují na dně, popřípadě jsou unášeny vodou v nejlepší případě k výtokům ze systému, kde však mohou být zachycovány (např. sítky perlátorů, u ventilů splachovačů WC). Neodstraněný usazený jemný kal, se postupem času spéká, tvrdne a může způsobit tytéž provozní závady jako inkrust z neupravené vody [8]. Proto je nutno dokonale odstranit kaly ze všech prostor rozvodu. Existují-li přesto místa kde nelze kal za provozu odstranit, musí být tato místa přístupná mechanickému čištění po odstavení. Umístění odlučovačů kalu nesmí být v blízkosti MÚV, nýbrž je třeba je umístit v určité vzdálenosti od zařízení (např. 5 m). Důvodem je skutečnost, že je potřebná určitá doba k vyloučení jemného kalu rozpuštěných látek z roztoku. Umístění odlučovače v této vzdálenosti lze též zajistit, v případě nutnosti, pomocí vodorovně situované potrubní smyčky. Při nedodržení výše uvedených zásad dochází k zanášení vodorovných rozvodů vody usazenými kaly. Dále je třeba mít na zřeteli, že na proces krystalizace má značný vliv teplota. Zvyšující se teplota krystalizaci nejen urychluje, ale způsobuje

i zvýšenou schopnost krystalů ulpívat na zahříváné stěně. Zvyšováním tepelného zatížení stěny působíme tedy proti účinkům MÚV. Můžeme se tím dostat až ke stavu, kdy působení vysokého tepelného zatížení převáží vliv MÚV na krystalizaci a rozpuštěná látka začne v místě vysokého tepelného zatížení krystalizovat a ulpívat na stěně [8]. Úkaz lze dobře pozorovat na deskových výměnících tepla pro ohřev vody. V prospektech prodejců MÚV je možno často nalézt doporučení k její montáži na rozvod vody „u paty domu“ za vodoměr. Je to v rozporu s doporučeními Státního zdravotního ústavu Praha [16] i zněním vyhlášky č. 409/2005 Sb. [17], kde v §14 odst.5 je uvedeno že pro úpravu teplé vody, nikoliv však pitné vody lze použít rovněž magnetickou a elektromagnetickou úpravu vody. Proto se zařízení MÚV nepoužívá pro úpravu pitné vody (sloužící k přípravě nápojů a stravy).

Závěr

Magnetickou úpravu vody lze s úspěchem použít k zamezení tvorby úsad v rozvodech vody a k odstranění již vytvořených inkrustů, i když mechanismus působení magnetického pole na vodu není dosud přesně objasněn. Poněvadž na účinnost MÚV má vliv celá řada faktorů, je nutno zvažovat jaká konstrukce zařízení je vhodná pro danou aplikaci a zajistit odstranění vyloučených látek ze systému. Zařízení se nepoužívá pro rozvody pitné vody.

Literatura

- [1] Patrovský V.: Sdělovací technika č. 6, 233 (1978)
- [2] Chemický průmysl č. 6, 308 (1963)
- [3] Stoy A.: Chemický průmysl č. 12, 644 (1963)
- [4] Kuna V.: Chemický průmysl č. 9, 563 (1965)
- [5] Klassen V.I.: Magnetizácia vodných systémov, ALFA Bratislava (1984) překlad
- [6] Žáček L.: Chemické a technologické procesy úpravy vody (1998)
- [7] Němec F.: Vnitřní lékařství č. 6, 541 (1967)
- [8] Matějka Z.: Chemický průmysl č. 6, 322 (1966)
- [9] Patrovský V.: Chemické listy svazek 75, 327 (1981)
- [10] Pitter P.: Hydrochemie VŠCHT Praha (1999)
- [11] Bouček B.: Geologie I ČSAV (1954)
- [12] Sukovítý A., Višňovský P.: Vodárenství II. SNTL (1971)
- [13] Pšross M. a Č.: Domovní a vodárenské studny SNTL (1971)
- [14] Kochman J., Hájek G., Chohola K.: Hydromechanika a termomechanika, (1956)
- [15] Malý J., Malá J.: Chemie a technologie vody, VUT FAST Brno (2000)
- [16] Kožíšek F.: Stanovisko Národního referenčního centra pro pitnou vodu k přístrojům na úpravu vody na bázi magnetické úpravy, SZÚ Praha (2002)
- [17] Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 409/2005 Sb.