

AGRESIVITA UPRAVENÉ VODY PŘI DISTRIBUCI

Ing. Michal Skalický, Ing. Pavel Buriánek

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice
michal.skalicky@fsv.cvut.cz, pavel.burianek@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Agresivita způsobuje rozrušování materiálů potrubí, objektů a zařízení, tedy korozi, to je porušení materiálů vznikající vzájemným působením materiálů a prostředí. Vzniknou tak inkrustace neboli přilnavé vrstvy tuhých látek vyloučených z vody. Při distribuci se kvalita upravené vody mění důsledkem chemických, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Dochází k tomu jak bezprostředně v dopravované pitné vodě, tak i v interakci se změnami na stěnách potrubí, vodojemů a armatur.

Úvod

Voda je pro život člověka velmi důležitá. Je nezbytnou součástí životního prostředí a potřebujeme ji nejen jako součást potravy a pro hygienické účely, ale také k výrobním i nevýrobním účelům v průmyslu a zemědělství. Zdrojem pitné vody jsou vody povrchové a podzemní, ty je potřeba před použitím upravit.

V České republice se vlastnosti pitné vody řídí podle zákona 258/2000 Sb. v platném znění O ochraně veřejného zdraví a jeho prováděcí vyhlášky číslo 252/2004 Sb. Hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost kontrol, zde jsou obsaženy například informace o ukazatelích jakosti a kontrole pitné vody, četnosti a rozsahu rozborů. Všechny úpravny vod tuto vyhlášku dodržují a upravená voda splňuje všechny tyto požadavky, při distribuci se ale kvalita vody mění.

Zhoršování kvality pitné vody v distribučních systémech je způsobeno chemickými, fyzikálně-chemickými a biologickými procesy, které mohou probíhat přímo ve vodě, na stěnách potrubí, vodojemů a armatur. K uvedeným procesům patří koroze, biochemický rozklad organických látek, nitrifikace, bakteriální dekontaminace, oxidace, hydrolýza, chlorace organických sloučenin atd. Průběh procesů (rozsah a rychlost) závisí na složení dopravované vody a její teplotě, druhu a dávce desinfekčního činidla, době zdržení vody v potrubí, druhu materiálu potrubí, dynamice rychlostí rozložení proudění a jejich změnách.

Monitorování koroze je diagnostický nástroj, kterým se shromažďují informace pro řešení korozních problémů. Slouží ke stanovení účinnosti úpravy a k odvození optimálních podmínek chemické úpravy vody. Některé způsoby monitoringu poskytují výsledky okamžitě využitelné v praxi, jiné informují o korozních rychlostech, příp. o celkové korozi. Metod pro zjišťování korozní rychlosti je mnoho (měření lineárního polarizačního odporu, měření proudového napětí, CDTU,...). Žádný způsob monitoringu neumožňuje poskytnutí všech potřebných dat k vlastnímu hodnocení účinnosti procesu úpravy vody z hlediska koroze [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7].

Koroze

Korozí lze nazvat chemický nebo elektrochemický proces probíhající mezi tuhou látkou (materiálem) a prostředím, které ji obklopuje. K poškození potrubí může docházet jak na vnější, tak i vnitřní straně pláště. Za nejdůležitější faktory ovlivňující průběh koroze kovů je nutno považovat pH, teplotu, tlumivou kapacitu, obsah kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě, iontové složení vody, obsah organických látek, velikost styčné plochy, povrchové vlastnosti kovového materiálu, dobu působení, existence a druh úsad, vlastnosti korozních produktů, hydraulické podmínky a eventuálně přítomnost některých mikroorganismů. Pro ochranu potrubí je důležitý monitoring, který se provádí například pomocí měření lineárního polarizačního odporu, měření proudového napětí, kupónových testů a dalších [6], [8], [9], [10].

Typy koroze

Třídění koroze kovů na různé druhy je významné jak pro identifikaci příčin poškození, tak z hlediska systematického a pedagogického. Třídění koroze podle druhů není vzor existujícím terminologickým doporučením především proto, že je mnoho různých hledisek pro možné třídění [11], [12].

Z vodárenského hlediska mluvíme pak o různých typech koroze a dělíme je podle povahy napadení kovu a to na korozi rovnoměrnou (plošnou) a korozi nerovnoměrnou (makroskopickou a biologickou), která je hůře zjištělná a celkově problematičtější [13].

Porovnání metod

Nevýhodou pro metodu s použitím korozních destiček je vysoká časová náročnost a pracné vyhodnocování výsledků. V dnešní době se dokáží pomocí datových sítí, které jsou prakticky samozřejmostí, přenášet data online do centrálního místa pro jejich použití [14]. Odborní pracovníci díky tomu mají přístup k aktuálním stavům na síti, to umožňuje namodelování a vyhodnocení nastalých událostí a možnost okamžité reakce na danou problematiku. K tomu jsou ale potřeba přístroje s okamžitým vyhodnocením korozní rychlosti, které pracují například na principu elektrochemické polarizace mezi dvěma elektrodami nebo změn odporu korodujícího kovového vzorku. Touto technikou měření se dá jistit pouze plošná (rovnoměrná) koroze, ale důlková (nerovnoměrná), která je mnohem nebezpečnější pro potrubí distribučního systému, ještě zjistit nedokáže.

Korozní kupony

Jednou z metod pro stanovení agresivních vlastností vody je i osazení korozních kuponů v potrubí distribuční sítě. Postup a výpočet je v České Republice stanoven normou TNV 75 7121.

Postup korozní zkoušky podle TNV 75 7121

Zkušební destičky se zváží s přesností na 0,000 5 g a upevní se do držáku. Držáky se zkušebními destičkami (Obr. 1) se zasunou do zkušební trubky připojené k potrubí. Na obrázku 2 je uvedena výměna kuponů na odtoku z VDJ Hodušín.



Obr. 1. Korozní destičky v rámečku před uložením



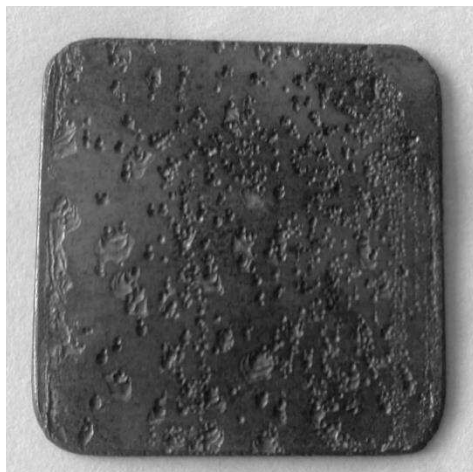
Obr. 2. Výměna kuponů na odtoku z VDJ Hodušín

Po vyjmutí z držáku se destičky s inkrustacemi jednotlivě položí na hodinová sklíčka, vysuší se v sušárně do konstantní hmotnosti při 105°C a po vychladnutí se uloží do exsikátoru. Zváží se jejich hmotnost s inkrustacemi a následně se z nich odstraní inkrusty zředěnou kyselinou chlorovodíkovou. Na obrázku 3 je uveden kupon při vážení na analytických vahách.



Obr. 3. Kupony před mořením v kyselině chlorovodíkové

Po opláchnutí destilovanou vodou a ethanolem se suší opět v sušárně při 105°C horkým vzduchem a následně umístí do exsikátoru. Po vychladnutí se opět zváží [4].



Obr. 4. Kupon po odstranění inkrustů a expozici

Výpočet agresivních vlastností vody provozní zkouškou podle TNV 75 7121

První ze čtyř hodnot, které se dají vypočítat pomocí této normy je korozní úbytek. Jde o ztrátu oceli v mikrometrech. Nejdříve ale musíme vypočítat korozní úbytek jednotlivých destiček.

Korozní úbytek (U_t):

$$U_t = \frac{1}{7,86}(k - k_o) \quad (1)$$

kde k je průměrná hodnota korozních úbytků pěti destiček v g.m^{-2} ,
 k_o korozní úbytek destiček při slepém pokus (g.m^{-2}),
7,86 hustota oceli (g.cm^{-3}).

Korozní úbytek jednotlivých destiček se vypočítá jako rozdíl hmotnosti destičky před expozicí a po expozici a odstraněných inkrustacích, děleno povrchem destičky. Zdrojem pro toto vyhodnocení je 36 destiček, které byly osazeny v prvním kole.

Korozní úbytky jednotlivých destiček (k):

$$k = \frac{(m_o - m_t)}{S} \quad (2)$$

kde k je korozní úbytek destičky v g.m^{-2} ,
 m_o hmotnost destičky před expozicí v g,
 m_t hmotnost destičky po expozici po odstranění inkrustací (g),
S celkový povrch kuponu před expozicí.

Korozní rychlost se vypočítá jako rozdíl korozního úbytku destičky za delší dobu expozice a kratší dobu expozice, násobenou počtem dní v roce a to celé podělené delší dobou expozice zkrácenou o kratší dobu.

Korozní rychlost (v_u):

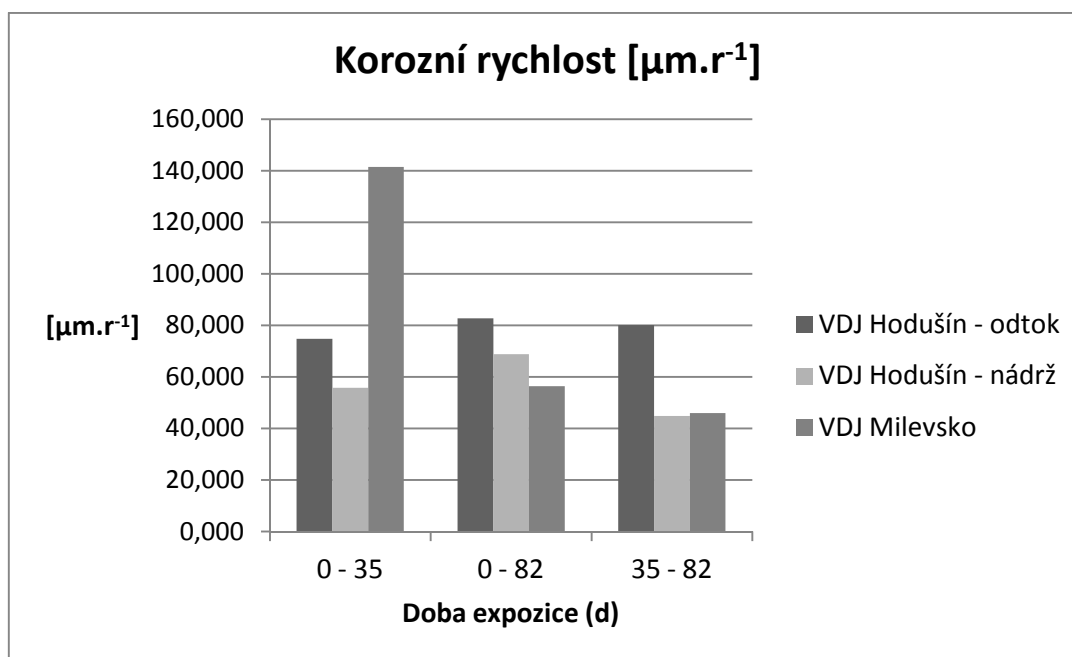
$$v_u = \frac{365 \cdot (U_{t_2} - U_{t_1})}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

kde v_u je korozní rychlost v $\mu\text{m} \cdot \text{r}^{-1}$,
 t_1 kratší doba expozice (d),
 t_2 delší doba expozice (d),
 U_{t_1} korozní úbytek destičky za kratší dobu expozice (μm),
 U_{t_2} korozní úbytek destičky za delší dobu expozice (μm).

Poslední hodnotou, jež se dá vypočítat, je hmotnost inkrustací zachycených na testovaných destičkách. Je to rozdíl hmotnosti destičky včetně inkrustace a destičky po expozici a odstranění inkrustů[4].

Výsledky

Měření probíhalo na dvou vodojemech v oblasti jižních Čech a to konkrétně na vodojemu Hodušín a vodojemu Milevsko, hlavním zdrojem pitné vody pro tyto vodojemy je ÚV Plav. Osazení první série proběhlo 27. června 2013 (v obr. 1. označeno jako den 0), výměna části destiček uskutečnila 1. srpna 2013 (v obr. 1. označeno jako den 35) a vyjmutí kuponů 17. září 2013 (v obr. 1. označeno jako den 82).



Obr. 1. Korozní rychlost na vodojemech 27. 6. – 17. 9. 2013

Závěr

Výsledky jsou součástí sledování agresivních vlastností vody na úseku jihočeské vodárenské soustavy od ÚV Plav přes vodojem Hodušín do vodojemu Milevsko, který zásobuje pitnou vodou celé město Milevsko a přilehlé obce. Následně se budou porovnávat naměřené hodnoty z těchto vodojemů s hodnotami naměřenými v předešlých letech přímo na úpravně vody Plav produkující průměrně 665 l/s, proto je to největší dodavatel pitné vody pro celou oblast jižních Čech.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován s podporou grantů SGS12/172/OHK1/3T/11 a SGS13/172/OHK1/3T/11.

Literatura

1. SLAVÍČKOVÁ, K. Vliv dezinfekce a jejích vedlejších produktů na kvalitu dopravované vody. Praha, 2003. Disertační práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc.
2. Vyhláška č. 252/2004 Sb. Hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2004.
3. KASAL, R. Modelování distribučních sítí – hydraulický model části JVS (Jihočeské vodárenské soustavy). Praha, 2008. Disertační práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.
4. TNV 75 7121. Požadavky na jakost vody dopravované potrubím. Praha: Hydroprojekt CZ a.s., 2002.
5. PITTER, P. Hydrochemie. 4. aktualizované vydání. Praha: VŠCHT, 209, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
6. GRÜNWARD A., MACH M., ŠTASTNÝ B., SLAVÍČKOVÁ K., ČIHÁKOVÁ I., ZEITHAMMEROVÁ J., et al. Výzkum efektu úpravy vody na její jakost při prodlužujícím se zdržení v rozvodné síti. Praha, 2001. Výroční zpráva. ČVUT v Praze.
7. ALAMILLA J. L., SOSA E. Stochastic modelling of corrosion damage propagation in active sites from field inspection data. Corrosion Science. 2008, roč. 2008, č. 50, s. 1811 - 1819. [online], [vid. 2014-03-19]. Dostupné z: www.elsevier.com/locate/corsci.
8. ŽÁČEK L. Způsoby omezení koroze kovového potrubí. SOVAK 5/2000, s. 4/132-5/133.
9. PONTIUS F. W. Small systems to tackle disinfection by-products. JAWWA 4/98, s.14, 1987.
10. GRÜNWARD A., SLAVÍČKOVÁ K., SLAVÍČEK M. Výzkum koroze v potrubí pro dopravu pitné vody. Praha, 2009. Studie. ČVUT v Praze.
11. NOVÁK P. Druhy koroze, Koroze a ochrana materiálu 49(4), s. 75-82, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství VŠCHT Praha, 2005.
12. ČSN EN ISO 8044 (03 8001) Koroze kovů a slitin - Základní termíny a definice, Český normalizační institut, 1999.
13. MICHNA Š. Koroze a ochrana materiálů, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. 2008. [online], [vid. 2014-03-20]. Dostupné z: www.stefanmichna.com/download/opory/koroze_a_ochrana_materialu.pdf.
14. MACHELL J., MOUNCE S.R., BOXALL J.B. Online modelling of water distribution systems: a UK case study. Drinking Water Eng. Sci., 2010. Roč. 2010, č. 3, s. 21 – 27. [online], [vid. 2014-03-19]. Dostupné z: www.drink-water-eng-sci.net/3/21/2010/.