

Příručka pro navrhování, kontrolu a údržbu potrubí s povlakem žárového zinku

Kateřina Kreislová
Petr Strzyž
Alena Koukalová

Text příručky neprošel jazykovou úpravou.

Titul:	Příručka pro navrhování, kontrolu a údržbu potrubí s povlakem žárového zinku
Autor:	Ing. Kateřina Kreislová, Ph.D., Ing. Petr Strzyž, Ing. Alena Koukalová
Vydavatel:	Asociace českých a slovenských zinkoven (AČSZ) Českobratrská 1663/6, 702 00 Ostrava
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2011, 1. vydání
Tisk:	PRINTO, spol. s r.o.
Náklad:	1000 ks

© AČSZ, 2011

ISBN 978-80-260-1320-4

Příručka pro navrhování, kontrolu a údržbu potrubí s povlakem žárového zinku

Kateřina Kreislová
Petr Strzyž
Alena Koukalová

Tato publikace byla vypracována ve SVÚOM s.r.o. Praha, Česká republika, za finanční podpory Ministerstva průmyslu a obchodu ČR prostřednictvím řešení výzkumného projektu MPO - FR-TI1/560 *Optimalizace výrobních a provozních podmínek žárově zinkovaných trubek pro systémy vnitřního rozvodu*.

Praha, 2011

Výzkumná, zkušební, inspekční, poradenská a znalecká činnost v oboru koroze a protikorozní ochrana
U měšťanského pivovaru 934, 170 00 Praha 7

Asociace českých a slovenských zinkoven
Českobratrská 1663/6, 702 00 Ostrava - Moravská Ostrava

Souhrn

Publikace byla zpracována v rámci výzkumného projektu MPO - FR-TI1/560 *Optimalizace výrobních a provozních podmínek žárově zinkovaných trubek pro systémy vnitřního rozvodu.*

Používání žárově zinkovaných trubek v rozvodech pitné vody je v ČR silně rozšířené. Jejich výhodou je jednoduché zpracování a montáž i relativně nízká cena. V letech 2007 - 2011 hodnotili odborníci řady specializovaných pracovišť mnoho případů vzniku poškození pozinkovaných potrubí na rozvodech TV. Škody na majetku způsobené haváriemi potrubních rozvodů jsou závažné a je nutné určit, zda příčinou havárií mohou být nedostatky projektu, montáže nebo provozu daného rozvodu. Korozní poškození žárově zinkovaných trubek v rozvodech teplé vody má mnoho příčin. Rozvody teplé vody jsou velmi složitý systém, ve kterém se řada parametrů mění dynamicky, a odvození určitých souvislostí mezi jednotlivými sledovanými parametry a korozním napadením žárového zinkového povlaku vyžaduje řadu hodnocení.

Vydávaná příručka poskytuje rámcový návod a také celou řadu konkrétních odborných údajů k projektování soustav z žárově zinkovaného potrubí a především doporučení jak omezit rizika korozního poškození rozvodu teplé vody. Příručka přitom vychází z platných evropských norem a z norem národních.

Summary

The publication had been elaborated in the frame of research project MPO - FR-TI1/560 *Optimalisation of production and operation conditions for galvanized tubes used for indoor water distribution systems.*

The usage of galvanized tubes in the distribution systém of tap water is widely spread in the Czech Republic. Their advantage is simply processing and installation together with relative low. In years 2007 - 2011 the specialists of many research institutions evaluated a lot of failure cases of galvanized tubes from hot water distribution systems.The property damage caused due to failure of tube systems are very serious and it is necessary to determinate if the reason of failure may be faul of project, installation or operation of given distribution system. The corrosion damage of galvanized tubes in hot water distribution systems has a lot of reason. The hot water distribution systém is very complicated environment, in which many parameters dynamically change, and derivation of certain consequences between individual measured parameters and corrosion attack of galvanized coating needs deep analysis.

This guideline gives the general introduction and a lot of technical specifications to the desing of distribution systém made from galvanized tubes and mainly the recommendations how to reduce the risk of corrosion damage of hot water tubes. The guideline is based on the actual european and national technocal standards.

Obsah

Úvod 5

1. Kvalita teplé vody 7
2. Základní požadavky na rozvody TV 9
3. Použití trubek s povlakem žárového zinku pro rozvod TV 15
4. Kontrola korozního stavu potrubí 29
5. Optimalizace provozních podmínek rozvodu TV provedeného z žárově zinkovaných trubek 33

Závěr 34

Literatura 36

Technické normy 37

Přílohy 39

Úvod

Spotřeba vody v celé ČR činí průměrně 2 miliardy m^3/r. Průměrná návrhová hodnota spotřeby teplé vody, která má teplotu 55°C, na osobu a den v bytovém objektu dle přílohy C normy ČSN 06 0320 činí 82 litrů na osobu a den tj. cca 46 m^3 na osobu za rok.

Teplovou vodou se rozumí voda dodávaná uživatelům pro hygienické potřeby vnitřním vodovodem, který je konstrukčně propojen s vodovodním potrubím pitné vody. Termín teplá voda (TV) nahradil dřívější termín teplá užitková voda, protože se k její výrobě používá zásadně pitná voda. Teplá voda pro hygienické účely dodávaná domácnostem se vyrábí ohřevem pitné vody a kvalita musí vyhovovat vyhlášce č. 225/2004 Sb. (včetně dvou novelizací této vyhlášky).

Kromě hygienických požadavků na kvalitu vody by voda neměla působit agresivně vůči materiálům rozvodného systému, včetně domovních instalací. V rozvodech se může použít potrubí z různých kovových materiálů [0]:

- ***šedá a šedá nelegovaná litina*** – litina je pevná, ale křehká, je odolná vůči mechanickému i chemickému působení většiny běžných látek; litinové trubky nesmějí být namáhány v ohybu - spojování se provádí hrdlovými, přírubovými nebo bezhrdlovými spoji.

- ***ocel s povrchovou úpravou zinkováním*** – spojování ocelového pozinkovaného potrubí se provádí závitovými spoji pomocí tvarovek z temperované litiny; životnost tohoto potrubí byla podle praktických zkušeností přibližně 12 až 15 let. Při průtoku vody dochází v důsledku elektrochemické koroze k odbourávání zinku z vnitřního povrchu potrubí a současně se na stěnách vnitřního povrchu potrubí usazují železité inkrustace. Po čase se projevují závady v dodávce kvalitní vody. U velmi tvrdých podzemních vod může docházet k vylučování tvrdých vápenatých vrstev, které chrání vnitřní povrch potrubí před plošnou korozí, mohou však způsobit zmenšení průřezu.
  Žárově zinkované trubky jsou v současné době nejpoužívanějším materiálem pro vnitřní rozvody pitné i teplé vody.

- ***korozivzdorná ocel*** – spojuje výhody potrubí z pozinkované oceli (zejména pevnost) s hydraulickými vlastnostmi měděného potrubí. Vyrábí se potrubí a tvarovky, které se navzájem spojují mechanickými spoji; korozivzdorná ocel má speciálně upravený povrch. Pokud je voda velmi tvrdá, může docházet k narůstání usazenin.

- ***měď*** – materiál má při povoleném složení dopravované vody, dodržení technických podmínek montáže (nekombinují se různé kovové materiály v systému apod.) a dodržení povolených rychlostí protékající vody výborné vlastnosti. Spojování musí být prováděno pájením, závitovými mosaznými tvarovkami a samosvornými tvarovkami. Pro spojování se nesmí používat tvarovky z temperované litiny. Měděné potrubí pro rozvod vody lze použít v těch objektech, kde se voda často vyměňuje, uživatelé se střídají (nemocnice) a voda je dodávána z veřejného zdroje s pravidelnou kontrolou kvality vody. U systémů s cirkulačním potrubím se výslovně zakazuje napojit zásobník z pozinkovaného plechu [0]. Další z častých závad těchto soustav při použití v rozvodech vody je překročení rychlosti vody. Normou ČSN 73 6655 je povolena maximální rychlost proudění vody 1,2 m/s. Při překročení této rychlosti dochází k erozní korozi mědi – životnost špatně navrženého potrubí se může snížit i pod 1 rok. Měděné potrubí nelze použít pro rozvody vody, která má hodnotu pH < 6, obsah železa nad 0,1 mg/l, mangan nad hodnotu 0,05 mg/l.

- ***olovo*** – jeden z nejstarších materiálů, které se používaly. Pro vodovod se používaly trubky s cínovou vložkou. Při styku s vodou vzniká jedovatý hydroxid olovnatý. V současné době se olovo v instalacích prakticky nepoužívá.

Výběr kovových materiálů pro určité použití je obvykle založen na zkušenostech a/nebo na výsledcích různých zkoušek. Problém je, že uživatelé či správci objektů zjistí vznik koroze až v době, kdy dojde k selhání rozvodu, tj. prokorodování trubek. Výrobce žárově zinkovaných trubek fy ArcelorMittal Tubular Products Karviná a.s., upozorňuje na problémy při používání žárově zinkovaných trubek pro rozvody TV včetně obvyklých příčin vzniku korozního poškození.

V případě použití kovového potrubí, je vždy nutné provézt hodnocení pravděpodobnosti vzniku koroze.

V roce 2007 byla vydána oborová příručka *Úprava a rozvod užitkové vody*. Příručka uvádí pro definici teplé vody:

- Požadavky na jakost TV z hlediska koroze pro nízkouhlíkovou konstrukční ocel, pozinkovanou ocel a temperovanou litinu, popř. i pro další korodující materiály a z hlediska inkrustací i pro ostatní materiály přicházející do kontaktu s TV - je-li v rozvodném systému použito více druhů trubního materiálu, musí mít TV takové složení, aby koroze byla potlačena u nejméně odolného materiálu.

- Soustava rozvodu TV musí být navržena tak, aby rychlost proudění vody v systému byla alespoň 0,01 m/s z důvodu zajištění ochrany proti korozi a tvorbě úsad v rozvodním potrubí.

- Teplota vody v místě odběru nesmí poklesnout pod 45ºC a v místě ohřevu nesmí překročit 60ºC.

- Koncentrace chloridů ve vodě závisí na druhu použitého trubního materiálu. Pro konstrukční nízkouhlíkovou ocel, pozinkovanou ocel, litinu, měď a mosaz s obsahem mědi nad 68% se připouští koncentrace 150 mg/l, pro mosaz s obsahem mědi menším než 68% a pozinkovanou ocel je přípustná koncentrace pouze 100 mg/l. Je zřejmé, že příručka uvádí nejednotné údaje o přípustném obsahu chloridů ve vodě pro použití žárově zinkované oceli.

- Součet koncentrací vápníku a hořčíku musí být minimálně 0,4 mmol/l.

Příručka uvádí, že pro vnitřní rozvody teplé vody lze použít tyto druhy trub:

- ocelové pozinkované trubky,
- měděné a mosazné trubky,
- litinové neasfaltové tlakové trubky,
- jiné trubky schválené pro rozvod teplé vody.

Používání žárově zinkovaných trubek v rozvodech pitné vody je silně rozšířené. Jejich výhodou je jednoduché zpracování a montáž i relativně nízká cena. Z minulých období byly známy případy velmi dlouhé životnosti žárově zinkovaných potrubí – až 40 let. Nevýhodou je náchylnost ke korozním poškození, především v rozvodech teplé vody. V posledních cca 5 letech došlo k nárůstu koroze v nově zhotovených nebo v rekonstruovaných rozvodech TV z pozinkovaných potrubí v řadě objektů. Tento stav je v rozporu s předcházejícími dlouhodobými zkušenostmi s životností žárově zinkovaných trubek v systémech rozvodu pitné vody.

Škody na majetku způsobené haváriemi potrubních rozvodů jsou závažné a je nutné určit, zda příčinou havárií mohou být - nedostatky projektu, montáže nebo provozu daného rozvodu.

Předkládaná příručka poskytuje rámcový návod a také celou řadu konkrétních odborných údajů k projektování soustav z žárově zinkovaného potrubí a především doporučení jak omezit rizika korozního poškození rozvodu teplé vody. Příručka přitom vychází z platných evropských norem a z norem národních.

U ocelových žárově zinkovaných trubek pro konkrétní stavbu musí projektant vyspecifikovat přesně všechny požadavky na základě svých odborných zkušeností, požadavků norem a vyhlášek. Zabezpečit životnost vodovodu z ocelových pozinkovaných trubek na dobu 50 let je však prakticky nemožné.

1. Kvalita teplé vody

Dle § 3 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb. platí, že *teplou vodu, dodávanou potrubím užitkové vody nebo vnitřním vodovodem, které jsou konstrukčně propojeny směšovací baterií s vodovodním potrubím pitné vody, může výrobce vyrobit jen z vody pitné. Tato teplá voda musí splňovat hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem.“*

Prováděcím předpisem pro teplou vodu, která je vyráběná z vody pitné, je vyhláška č. 252/2000 Sb., Příloha č. 2. Jakost pitné vody je přímo závislá na jakosti surové vody ve zdroji a technologii úpravy vody. V procesu výroby teplé užitkové vody ze studené pitné vody dochází ke změně řady parametrů (teplota, chemické složení, organoleptické parametry). Výběr ukazatelů byl proveden na základě skutečnosti, které říkají, že:

- teplá voda se vyrábí z vody pitné,
- do teplé vody se mohou přidávat některé přípravky, které se běžně u pitné vody nepoužívají,
- u teplé vody se mohou oproti pitné vodě používat vyšší koncentrace některých přípravků,
- hodnoty některých ukazatelů se mohou změnit v důsledku ohřevu vody.

Teplá voda musí splňovat hygienické limity mikrobiologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů kvality. Teplá voda je hygienicky nezávadná, ale není určena k pití a vaření. Za jakost a zdravotní nezávadnost dodávané teplé vody odpovídá výrobce/dodavatel. V řadě případů dálkově dodávané teplé vody výrobce/dodavatele odpovědný za kvalitu dodávané teplé vody po předávací místo, který je obvykle pata objektu. Naprostá většina zjištěných závad se vyskytuje ve vnitřních rozvodech, za které zodpovídá majitel/správce objektu [0].

Nejobvyklejšími parametry, které se ve vodě běžně stanovují, jsou pH, tvrdost vody a koncentrace rozpuštěných a veškerých látek, které se pak stanovují jako kationy (vápník, hořčík, mangan, železo, sodík, draslík, zinek, hliník, olovo) nebo jako anionty (chloridy, sírany, fosforečnany, dusičnany, dusitany, hydrogenuhličitany, uhličitany). O obsahu organických látek svědčí hodnoty CHSK (chemická spotřeba kyslíku), TOC (celkový organický uhlík) a BSK (biochemická spotřeba kyslíku) a další skupinová stanovení. V některých případech je důležitý obsah rozpuštěných plynů (kyslík, oxid uhličitý). Nedílnou součástí popisu kvality vody je i mikrobiologický rozbor. Na základě důkladně provedeného rozboru vody se lze vyjádřit k její kvalitě a vhodnosti použití. K určení korozní agresivity vody, resp. vhodnosti použitých materiálů je rozhodující řada parametrů – viz Kapitola 3.3 této příručky.

Pokud se TV připravuje z pitné vody (většina teplé vody) dostávají se do cirkulačního okruhu chlór a kyslík, které snižují životnost (korozní odolnost) zinkového povlaku. Během ohřevu dochází k vysrážení vápenatých solí a tvorbě oxidů železa, které je z teplé vody odstraňováno elektrolyticky s následnou filtrací na výstupu z výměníků.

Velmi důležité je dodržení mikrobiologických ukazatelů. V rozvodech teplé vody může při nevhodně navrženém vnitřním vodovodu docházet k množení bakterií, zejména Legionelly pneumophily. Teplotní rozsah, ve kterém se Legionelly rozmnožují, činí 25 až 50°C. Optimální teplota pro množení bakterií Legionella je 30 až 40°C. Pro množení bakterií jsou nejlepší podmínky v potrubí kde:

- teplá voda stagnuje,
- teplá voda proudí malou rychlostí, což umožňuje usazování a tvorbu biofirmu,
- má teplá voda po delší dobu teplotu mezi 25 až 50°C.

Pro zamezení výskytu Legionelly v rozvodech TV se obvykle používají chemické desinfekční prostředky (na bázi chloru, ozónu, apod.) nebo šokové tepelné cykly (přehřívání vody v celém okruhu TV na teplotu až 90°C po dobu cca 20 minut). Jako ochrana proti rozšíření bakterií typu legionella postačuje občasný ohřev (cca 1x 14 dní). S vyšší teplotou se zvyšuje i korozní rychlost všech kovových materiálů v daném rozvodu. V řadě objektů není tento způsob ochrany proti rozšíření bakterií používán.

Například chlór, oxid chloričitý nebo ozón se přidávají do vody pro dezinfekci. Někdy se přidává do vody chlor spolu se síranem amonným, aby se prodloužil jeho dezinfekční účinek v dlouhých úsecích potrubí a jeho účinnost trvala až ke kohoutku. Zbytková koncentrace chlóru ve vodovodní síti je

v rozsahu 0,1 až 1,0 mg/l. Vyhláška č.187/2005 Sb. povoluje podstatně vyšší koncentrace sloučenin, které mohou vyvolat korozi kovových materiálů. Požadavkům vyhlášky vyhovuje i koncentrace chloridů do 250 mg/l.

Kovy, které se kumulují v rozvodném systému (především železo), mohou být uvolňovány do proudící vody vlivem hydraulických disturbancí nebo změnou kvality vody. Rozpustnost kovů je významně ovlivňována alkalinitou, pH, a tvrdostí vody. Pro železo je doporučována limitní koncentrace 0,3 mg/l a pro hliník 0,05 až 0,2 mg/l. Hliník se může v rozvodném systému vyskytovat jako výsledek chemických úprav jako je přídavek koagulantů nebo uvolňováním z kovových materiálů rozvodu. Směrnice pro pitnou vodu (Drinking Water Directive (DWD)) uvádí limitní koncentrace pro měď 2 mg/l a nikl 20 µg/l.

Provedená statická zkouška ukázala, že při 50°C a složení vody s koeficientem S_1 = 2,2 se z vnitřního povrchu měděné trubky o vnitřním průměru 45 mm a délce 1 m rozpustí do vody za rok provozu cca 25 mg Cu.

2. Základní požadavky na rozvody TV

Vnitřním vodovodem se podle normy ČSN 73 6660 rozumí vodovod od hlavního uzávěru vnitřního vodovodu (osazeného bezprostředně za vodoměrem nebo automatickou tlakovou stanicí) k výtokovým armaturám a technologickým zařízením, který se nachází uvnitř nebo vně budovy.

Komerčně jsou dostupné různé softwarové aplikace pro rozvody tepla, studené i teplé vody, atd., např. program Instal-san 4.5 je určen pro projektování vnitřních vodovodů - umožňuje veškeré výpočty a dimenzování rozvodů studené vody, teplé vody a cirkulace, regulaci cirkulace pomocí regulačních a termostatických ventilů, automatické vygenerování všech tvarovek a rovněž snadné prohlížení všech výsledků v tabulkách. Dimenzování probíhá přímo nad půdorysy jednotlivých pater, je možné propojení půdorysů a montážního schématu vnitřního vodovodu. Program v žádném případě nezohledňuje vhodnost materiálu rozvodu TV.

Kvalitně provedený a dimenzovaný rozvod vody lze provést z různých materiálů. Na požadavky na kvalitu pitné i teplé vody navazují požadavky na výrobky přicházející do přímého styku s vodou – materiály distribuční sítě. Pro vnitřní rozvody TV lze použít tyto materiály:

- ocelové žárově zinkované trubky,
- měděné a mosazné trubky,
- litinové neasfaltované tlakové trouby,
- jiné trubky schválené pro rozvod TV.

V domovních distribučních sítích TV jsou z žárově zinkovaných trubek provedeny hlavní ležaté rozvody.

Rozvod teplé vody musí podle ČSN EN 806-2 zajistit, aby při úplném otevření výtokové armatury vytékala nejpozději po uplynutí 30 s voda o teplotě 50 až 55°C, výjimečně 60°C (v odběrové špičce krátkodobě nejméně 45°C). Tato teplota teplé vody je stanovena v ČSN 06 0320 a vyhlášce 194/2007 Sb. Proto se dlouhé rozvody teplé vody opatřují cirkulačním potrubím a délka potrubí, která nejsou cirkulačním potrubím opatřena, nemá být příliš velká, aby jejich vodní objem v trase od ohřívače vody nebo od odbočení z potrubí s cirkulací k nejvzdálenější výtokové armatuře nebyl větší než:

- 2,0 l při napojení výtokových armatur u umyvadel a dřezů;
- 3,0 l při napojení výtokových armatur u van, sprch, velkokuchyňských dřezů a výlevek.

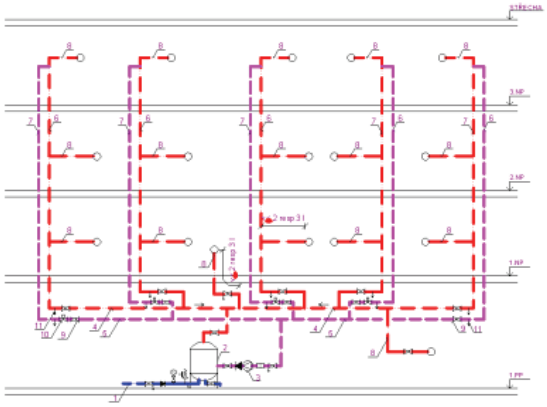
Teplotní parametry je vhodné volit tak, aby se riziko vzniku korozního napadení snížilo na nejmenší možnou míru. Vnitřní vodovod teplé vody má být navržen tak, aby bylo možné provést krátkodobě termickou dezinfekci vodou o teplotě 70°C, která by se měla provádět v určitých časových periodách. Tyto dva požadavky jsou v případě použití rozvodu TV z žárově zinkovaných trubek v rozporu.

Při dimenzování rozvodného a připojovacího potrubí teplé vody je proto nutné navrhnout optimální průměr potrubí, aby objem vody nebyl příliš velký. Průměrná návrhová hodnota činí 82 l/osoba.den tj. celková potřeba teplé vody pro mytí, koupání, praní, umývání a úklid činí cca 125 l na osobu za den tj. cca 46 m^3 na osobu za rok. Po r. 1993 nastal významný pokles spotřeby vody, v jehož důsledku rychlost proudění snížila o 40% a zvýšila se doba zdržení vody v síti (i v následujících domovních rozvodech). Následkem toho jsou zejména ležaté rozvody předimenzované. Obvyklá projektovaná rychlost vody v potrubí byla nižší než 0,5 m/s, což nyní při poloviční spotřebě činí méně než 0,25 m/s. Nízké rychlosti proudění vody v potrubí totiž znamenají vyšší korozní rychlosti kovových materiálů a vyšší tvorbu úsad v rozvodech vody.

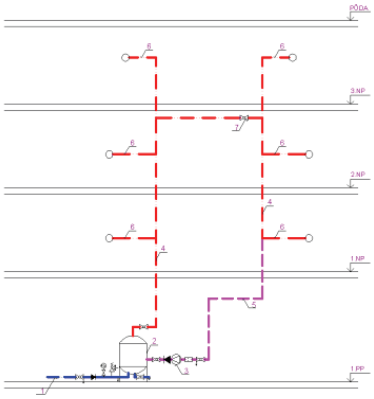
Rozvody pitné vody studené i teplé kladou na žárově zinkované trubky ve srovnání s ostatními medii (vytápění, plyn) vyšší nároky, protože provozní tlak je zde vyšší (10 bar), voda obsahuje značné množství kyslíku a překročení povolených rychlostí proudění může vyvolat opotřebení trubek (kavitaci).

Cirkulace teplé vody je stálý oběh vody v potrubí, který je zajištěn cirkulačním potrubím s oběhovým čerpadlem. Cirkulační potrubí je pod nejvyšší odbočkou pro podlažní rozvodné potrubí napojeno na stoupací potrubí a vede zpět do ústředního ohřívače vody. Nejčastěji se dnes používá **dvoutrubkový rozvod** (Obrázek 1), kdy cirkulační potrubí vede podél přívodního potrubí teplé vody.

Méně častý ale někdy z důvodu omezení počtu cirkulačních okruhů vhodnější je **jednotrubkový** tzv. **rámový rozvod** (Obrázek 2), který je vhodné použít v případě, kdy jsou relativně krátká stoupací potrubí blízko sebe.



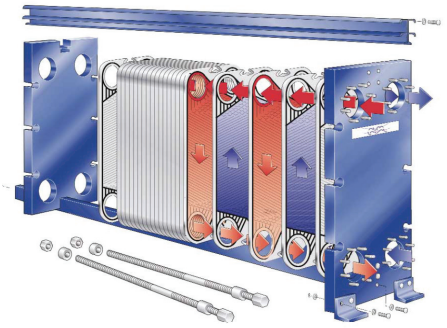
Obrázek 1 – Dvoutrubkový rozvod teplé vody s cirkulací



Obrázek 2 – Jednotrubkový rozvod teplé vody s cirkulací

Oběhové čerpadlo zajišťuje, že se voda z nejvyšších částí stoupacích potrubí vrací zpět do ohřívače. Cirkulační průtok musí být nejméně takový, aby jím byly pokryty tepelné ztráty v rozvodném potrubí a teplota vody na konci rozvodu neklesla pod 50°C.

Většina teplé vody je v současné době dodávána z centrálních zdrojů a/nebo připravována/upravována deskovými výměníky instalovanými v jednotlivých objektech. V současné době jsou používány především deskové výměníky. V závislosti na kombinaci materiálů, hodnotách tlaku a funkci, se rozlišují různé typy kompaktních pájených výměníků tepla (Compact Brazed Heat Exchanger (CBE)) – Obrázek 3) [0]. Výměník je tvořen svazkem vlnitých desek z tenkého plechu tvořících kanály s malým průřezem mezi přední a zadní krycí deskou. Desky jsou konstruovány tak, aby jejich povrchy zapadaly do sebe a podle potřebného výkonu se sestavily do bloku. Malý průřez kanálků výměníku vyžaduje úpravu ohřívané vody, aby se zabránilo vylučování uhličitanu vápenatého (kalcitu) na jejich stěnách a tím snižování výkonu a účinnosti výměníku.



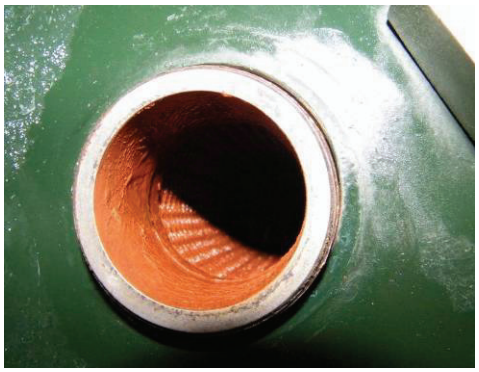
Obrázek 3 – Deskový výměník pro výrobu teplé vody - schéma

Počet krycích desek závisí např. na typu a velikosti CBE a jeho příslušném provozním tlaku. Standardním materiálem desek je korozivzdorná ocel 1.4401 (AISI 316). Tyto výměníky jsou vakuově pájené čistou mědí nebo pájkou na bázi niklu. V průběhu procesu pájení, se vytváří pájený spoj v každém místě dotyku desky a pájky. Jako materiál připojení se používá korozivzdorná nebo uhlíková ocel. Takto je vytvořen výměník se dvěma nezávislými okruhy. Otevřená je otázka koroze mědi z pájených spojů a koncentrace iontů mědi v teplé vodě. Vhodnější je tedy použití **výměníků pájených niklem**. Pro výměníky z korozivzdorné oceli letované pájkou na bázi niklu se maximální provozní tlak pohybuje mezi 8 a 16 bary (0,8 až 1,6 MPa) a maximální provozní teplota je 350°C, což jsou parametry zcela postačující pro výrobu teplé vody.

Deskové výměníky jsou v pravidelných intervalech (cca 4 – 5 let) čištěny výplachem směsí kyselin pro odstranění úsad. Stav výstupního potrubí z výměníku před čištěním je patrný na Obrázku 4. Průměrné množství mědi na povrchu trubek bylo v tomto případě 95 mg/m^2. Ve vrstvě korozních produktů v tomto rozvodu TV byla stanovena koncentrace mědi 145 mg/m^2. Koncentrace mědi ve vodě byla 0,06 mg/l. V případech rozvodů TV, kde byla zjištěno důlkové korozní napadení v důsledku výsku mědi, se koncentrace mědi ve vrstvách úsad a korozních produktů pohybovaly v rozmezí 200 - 600 mg/m^2 – v rozvodu TV nebyly jiné zdroje mědi než mosazné fitinky a deskový výměník.

Potrubní rozvod musí být navržen tak, aby nevznikaly nadměrné síly v důsledku tepelné dilatace potrubí. Žárově zinkované trubky je většinou nutné tepelně izolovat. Součinitel tepelné roztažnosti žárově zinkované oceli je 0,0116 mm/m.K a tepelná roztažnost žárově zinkovnaných trubek je cca 31 mm na 50 m potrubi při rozdílu teplot Δt 50 K. Trubky vedoucí

studenou vodu se izolují proti orosení a ohřevu, trubky pro teplou vodu se chrání proti ochlazení. U vnitřních vodovodů je třeba proti nadměrným tepelným ztrátám tepelně izolovat přívodní a cirkulační potrubí teple vody, ve kterém je stála cirkulace teple vody (vyhláška č. 193/2007 Sb.). Nejčastějším materiálem tepelných izolaci jsou plastové, návlekové izolační trubice z polyetylenu, polyuretanu nebo syntetického kaučuku. Při izolování potrubí je třeba izolovat také tvarovky.



Obrázek 4 – Příklad vrstvy úsad na výstupu z deskového výměníku do rozvodu

Velké problémy v rozvodech TV může způsobit nevhodný výběr materiálu při vzájemném spojování prvků v tzn. smíšených instalacích, tj. v kombinaci více materiálů rozvodného systému. Pro spoje mají být používány **pozinkované fitinky** (nátrubky, kolena, atd.) **z temperované litiny** podle ČSN EN 10242 s minimální střední tloušťkou zinkové vrstvy 70 µm. V reálných rozvodech jsou obvykle instalovány fitinky z mosazi (Obrázek 5). Uvolňování iontů mědi z mosazi je nižší než z povrchu mědi (cca 10 až 25x nižší koncentrace iontů mědi ve vodě), ale přesto se může projevit negativně vůči zinkovému povlaku.

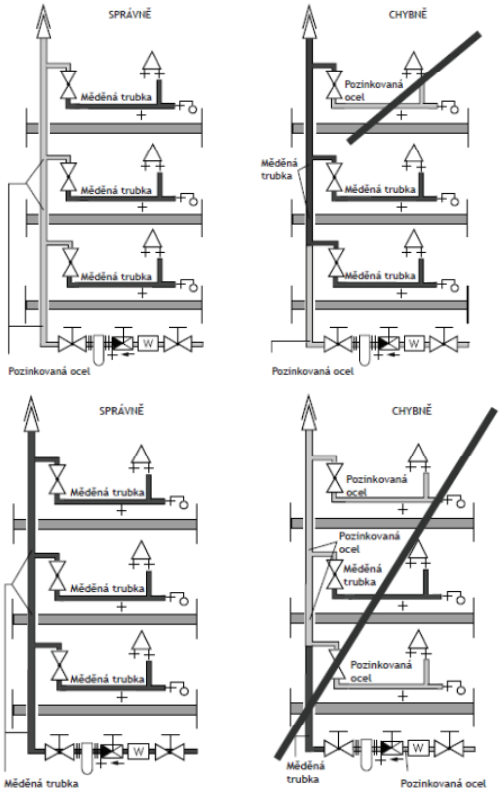


Obrázek 5 – Použití mosazných fitinků v rozvodu TV z žárově zinkované oceli

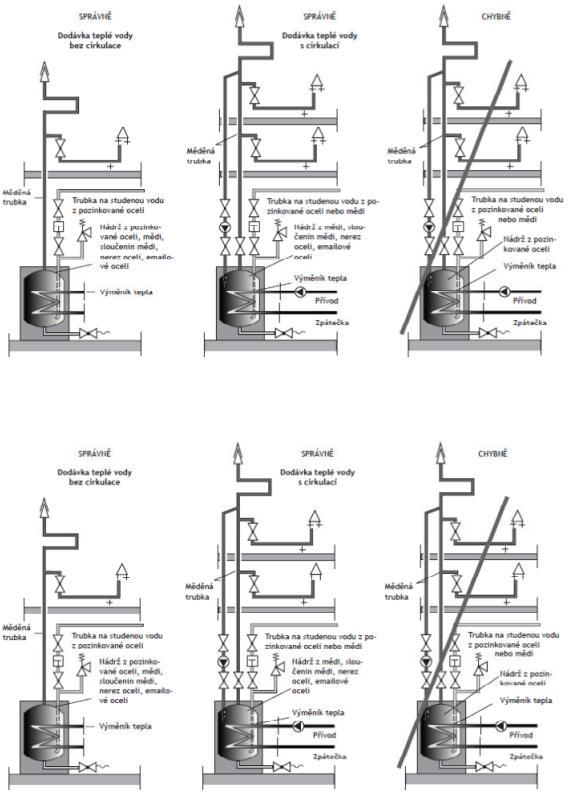
V případě, že rozvod TV je tvořen z několika kovů (slitin) odlišných elektrochemických potenciálů, doporučuje se k zabránění vzniku elektrochemické koroze provést spojení těchto kovů nevodivě. Nejběžnějšími kombinacemi, ve kterých lze v reálných rozvodech nalézt žárově zinkované trubky, jsou slitiny mědi (fitinky apod.) a výjimečně i potrubí z mědi. Norma ČSN EN 806-4 uvádí, že kombinace trubek a tvarovek z žárově zinkované oceli a mědi není vhodná, a že je třeba zabránit vzniku elektrochemické koroze (bimetalické koroze).

Při návrhu přípravy teplé vody, je nutné dbát na to, aby do cirkulačního okruhu nebyla zapojena část provedena z mědi. Z vnitřního povrchu měděné trubky se vždy uvolňují ionty mědi, které mohou vyvolat elektrochemickou (bodovou) korozi ocelových žárově zinkovaných trubek. Měď a žárově zinkovaná ocel nesmí být použita společně u vodovodů s cirkulací. Přesto k tomuto závažnému porušení technické normy dochází v řadě případů (Obrázek 6).

Není také správné, jestliže je vyroben z mědi výměník tepla, pokud po něm pak následuje rozvod z žárově zinkované oceli (Obrázek 7).



Obrázek 6 - Příklady společné montáže pozinkovaných ocelových a měděných trubek [5]



Obrázek 7 – Příklady rozvodu teplé vody [5]

Přítomnost iontů těžkých kovů ve vodě, např. Cu^{2+}, Fe^{3+} apod., zvyšuje korozi zinku, zejména důlkovou korozi, která může dosahovat až 200 – 500 µm/r, především ve vodách s nízkým obsahem Ca^{2+} (pod 1,5 mmol/l). V pozinkovaných ocelových trubkách vzniká bodová koroze způsobená ionty mědi v důsledku vzniku galvanických článků (galvanické – bimetalické koroze). Rozpuštěná měď (ionty mědi ve vodě) přijde do styku s pozinkovanou ocelí a nejprve urychlí korozi zinkového povlaku a pak způsobí korozi samotné oceli. Intenzita napadení je úměrná vodivosti vody, tzn. koncentraci rozpuštěných solí, a poměru ploch resp. ploch obou kovů. V rozvodu TV nemusí být tyto dva kovy v přímém kontaktu, ale rozpuštěné ionty mědi se mohou vyloučit (cementovat) i na relativně vzdálených částech rozvodu.

Kovové železo nebo zinek redukují z roztoků kovovou měď, která se projeví vyloučením červeného povlaku. Přítomnost charakteristicky zbarvených sytě červených vrstev pod vrstvou úsad a korozních produktů oceli, popř. se stopami žluto-zelených až načernalých vrstev, jsou charakteristické pro přítomnost mědi v rozvodu TV. Přítomnost iontů mědi vede k intenzivnímu důlkovému korozního napadení – viz Kapitola 3.2.

Jako limitní koncentrace pro vznik důlkového korozního napadení žárově zinkovaného ocelového potrubí je uváděna koncentrace **0,1 mg Cu/l** ve vodě. Při teplotě vody 20°C se korozní rychlost zinkového povlaku zvýšila 2 – 3krát při koncentracích iontů Cu^{2+} 0,1 mg/l, ovšem při teplotě vody 55°C se při této koncentraci iontů Cu^{2+} zvýšila korozní rychlost zinkového povlaku až 10krát.

Pro posouzení vlivu mědi na bodovou korozi trubek s povlakem žárového zinku je určitým vodítkem množství mědi na ploše. Důležitý vliv je třeba předpokládat v případě, kdy obsah mědi na plochách v blízkosti důlků je větší než **1,0 mg/m^2**.

V rozvodu TV bylo zjištěno, že ve výměníkové stanici je provedeno potrubí mezi deskovým ohřívačem a zásobníkem TV v mědi a následující rozvod pak v žárově zinkovaných trubkách (Obrázek 8). V rozvodu TV pak byla zjištěna koncentrace mědi v teplé vodě 0,2 mg/l (koncentrace mědi ve vstupní vodě 0,001 mg/l) a ve vrstvě korozních produktů v okolí důlkového korozního napadení žárově zinkované trubky 1,6 a 2,8 g/m^2 (Obrázek 9).



Obrázek 8 – Rozvod TV ve výměníku

Z požadavků na kvalitu vody vyplývají následující požadavky:

a. slepá potrubí, ze kterých se neodebírá voda (zazátkovaná potrubí ke zrušeným výtokovým armaturám, potrubí připravená pro budoucí rozšíření rozvodu) se nesmí navrhovat;



Obrázek 9 – Důlková koroze v rozvodu v bytových domech po 2,5 roku provozu, voda S_1 = 0,9

b. potrubí se má dimenzovat tak, aby rychlost proudící vody byla v přívodním potrubí nejméně 0,5 m/s a v cirkulačním potrubí alespoň 0,3 m/s (v nemocnicích má být i v cirkulačním potrubí rychlost proudící vody nejméně 0,5 m/s, i když to vyžaduje použití cirkulačního čerpadla s větší dopravní výškou nebo zapojení dvou čerpadel do série);

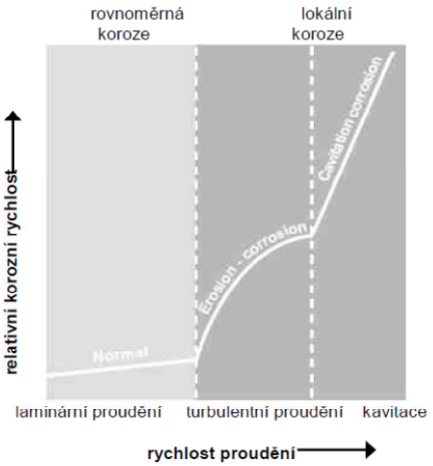
   V Příloze 1 je uveden diagram pro návrh světlosti trubky pro teplou vodu 60°C, která zajistí laminární proudění při určitém průtoku.

c. cirkulační čerpadlo teplé vody se nemá vypínat;

d. potrubí, ve kterých není stálá cirkulace vody, se nemá opatřovat tepelnou izolací, aby stagnující teplá voda rychle vychládla a teplotu mezi 25 až 50°C měla co nejkratší dobu (potrubí teplé vody vedená pod omítkou se opatří tepelnou izolací jen o nejnutnější tloušťce, aby byla umožněna jeho tepelná roztažnost), tato potrubí mají mít co nejmenší objem vody;

e. potrubí teplé vody s cirkulací je nutné vždy tepelně izolovat, aby byl splněn požadavek ČSN EN 806-2, který stanoví, že rozdíl teplot mezi výstupem teplé vody z ohřívače a vstupem cirkulačního potrubí do ohřívače nesmí být větší než 5K. Tepelné ztráty vznikají v zásobnících a v distribuční síti. Kvalitně izolované potrubí nesmí mít ztrátový tepelný tok vyšší než 10 W/m;

f. potrubí s přimísenou vodou o teplotě např. 38 nebo 43°C za termostatickou směšovací armaturou se má pravidelně termicky nebo chemicky dezinfikovat.



Obrázek 10 – Vliv rychlosti proudění kapaliny na korozní rychlost

Po dobu skladování nesmí být trubky a fitinky vystaveny přímým povětrnostním vlivům. Doporučuje se skladování v suchých a uzavřených prostorách. Před vlastní montáží je nutno zkontrolovat veškeré výrobky, zdali nedošlo při transportu nebo skladování k jejich poškození nebo znečištění. Trubky i tvarovky musí mít správnou sílu stěny, nesmí být zeslabeny, poškozeny nebo znečištěny. Je také vhodné zkontrolovat stav zinkového povlaku na vnitřním povrchu trubky. V případě korozního napadení v době přepravy nebo skladování by se nejintenzivněji projevilo na okrajích trubky.

Vodorovné potrubí je montováno se spádem minimálně 0,5% k nejnižším místům, kde musí být namontovány vypouštěcí armatury. Pomocí uzavíracích armatur se vnitřní rozvody rozdělí na úseky, které lze v případě potřeby uzavřít a provádět na nich kontrolu, opravy nebo údržbu. Tím se odstraní nevýhoda odstavení celého objektu (v případě, že není rozdělen na jednotlivé úseky) hlavním domovním uzávěrem.

Tlaková zkouška se provádí po prohlídce vnitřního vodovodu, po montáži příslušenství, zařizovacích předmětů, přístrojů a zařízení (výtokových a pojistných armatur, čerpadel, ohřívačů apod.). Před tlakovou zkouškou se musí všechny úseky vnitřního vodovodu propláchnout vodou a odvzdušnit. Při proplachování musí být vypouštěcí armatury určené pro odkalení otevřeny. Po napuštění vodou se vnitřní vodovod stabilizuje provozním přetlakem po dobu nejméně 12 h. Po této době se zvýší tlak na zkušební přetlak. Při tlakové zkoušce vodou musí zkušební tlak odpovídat 1,5 násobku provozního tlaku systému, tj. minimálně 1,5 MPa. Po uplynutí 1 h od dosáhnutí zkušebního přetlaku nesmí tlak poklesnout o více než 0,02 MPa. Při větším poklesu tlaku je tlaková zkouška nevyhovující, provedou se nutné opravy a tlaková zkouška se znovu opakuje.

Zkoušku těsnosti vodou podle EN 806 resp. příslušných národních norem a předpisů lze provést pouze za předpokladu, že rozvod bude nejpozději do 48 h řádně uveden do provozu. V jiném případě důvodů by se zkouška těsnosti rozvodů TV měla provádět jako „suchá zkouška“ za použití inertních plynů (např. dusíkem) nebo bezolejným stlačeným vzduchem.

Výplach rozvodu TV se provádí, co nejdříve a bezprostředně po tlakové zkoušce filtrovanou pitnou vodou. Tím by se mělo dosáhnout následujících cílů:

- zajištění kvality vody (hygiena),
- očištění vnitřního povrchu trubek,
- zamezení funkčním závadám armatur a zařízení.

Tyto požadavky zajistí dvě metody výplachu, a sice:

- výplach směsí voda vzduch,
- výplach vodou.

S dodatečnou desinfekcí potrubí nepočítá ani EN 806 ani národní normy a předpisy, a tedy není v zásadě nutná. Vyžaduje-li se v ojedinělém případě z mimořádných důvodů dezinfekce potrubí, je třeba nejdříve konzultovat podrobnosti týkající se desinfekčních prostředků a metod s odborným pracovištěm.

3. Použití trubek s povlakem žárového zinku pro rozvod TV

Zrušená norma ČSN 83 0616 stanovovala požadavky na kvalitu TV i z hlediska koroze pro materiály rozvodné sítě včetně žárově zinkované oceli.

Norma ČSN 73 6660 uvádí, že použití trubního materiálu je podmíněno **vlastnostmi vody**, která se bude vodovodním potrubím dopravovat. Také norma ČSN 75 5401 uvádí, že při návrhu trubního materiálu je třeba zohlednit přetlak, popř. podtlak, vodní rázy, statické a dynamické zatížení, **jakost dopravované vody**, apod.

Projektanti nedostatečně zohledňují tyto podklady.

Pro volbu vhodného materiálu rozvodu pitné vody, resp. teplé vody, jsou v některých zemích zavedena základní kritéria (Tabulka 1) [0]. Doporučení byla doplněna o výsledky hodnocení korozního poškození trubek s povlakem žárového zinku v reálných objektech a i o výsledky provedených laboratorních a poloprovozních zkoušek. Na korozi zinkového povlaku nemá významný vliv koncentrace dusičnanů, pouze jako další složka přispívající k hodnotě koeficientu S_1. Uvedené hodnoty je nutné posuzovat jednotlivě, komplexní působení všech uvedených parametrů může mít synergický vliv na korozní rychlost zinkového povlaku. Na základě publikovaných údajů, hodnocení korozně poškozených trubek z rozvodů TV i provedených laboratorních zkoušek jsou v Tabulce 1 uvedeny i limitní hodnoty koncentrace iontů mědi (ve vodě i na povrchu žárového zinkového povlaku trubky).

Tabulka 1 – Kritéria – parametry vody – pro volbu materiálu rozvodu vody

Parametry	Jednotky	vhodné hodnoty pro trubky s povlakem žárového zinku
pH (12°C)		7,0 – 8,5
celková tvrdost	mmol/l	1,6
vodivost	mS/m	> 30
$KNK_{4,5}$	mmol/l	0,8
koncentrace Cl^-	mg/l	80
koncentrace NO_3^-	mg/l	160
koncentrace HCO_3^-	mg/l	70 – 200
koncentrace Ca^{2+}	mg/l	> 50
koncentrace Cu^{2+}	mg/l	0,05
koncentrace Cu^{2+}	mg/m^2	0,5
S_1		> 0,5

Podle změny Z3 ČSN 73 6660 musí potrubí (trubky, tvarovky, spoje) a armatury vyhovovat tlaku a teplotě podle ČSN EN 806-2, ČSN EN 806-4 a Tabulky 2.

Tabulka 2 – Minimální požadavky na části vnitřního vodovodu při běžném provozu – vybrané hodnoty

část vnitřního vodovodu	nejvyšší provozní přetlak MOP (kPa)	nejvyšší návrhová teplota (°C)	životnost (roky)
kovové trubky, tvarovky a spoje	1000	60	50
armatury a jejich spoje	1000	60	podle norem výrobků

Výluhy zinku z žárově zinkovaných trubek jsou dostatečně nízké, aby voda splňovala hygienické limity. Provedené statické výluhové zkoušky ukázaly, že po 12 dnech se při teplotě 55°C se koncentrace zinku ve vodě zvýšila z původní hodnoty 0,03 mg Zn/l na hodnotu 1,88 mg Zn/l.



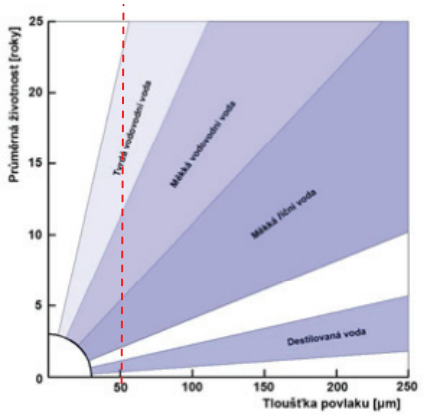
- *po odstranění úsad a korozních produktů*



Obrázek 10 – Stav žárově zinkované trubky z rozvodu TU po 40 – 50 letech [0]

Průměrná statistická životnost pozinkovaného potrubí na teplou vodu je 15 – 25 let (Obrázek 11). Z hlediska tvrdosti vody je nejnižší životnost žárového zinkového povlaku v měkkých vodách. V měkkých vodách (< 14° dH) koroduje zinková vrstva tak rychle, že životnost trubky klesá pod 10 let [0]. Tyto předpoklady vycházejí z rychlosti

rovnoměrné koroze. K haváriím a celkovému prokorodování trubek v rozvodech teplé vody dochází již po 2 – 5 letech, jak ukázala celá řada příkladových studií a analýz korozního poškození trubek z reálných rozvodů. Rozhodujícím degradačním mechanismem je důlkové korozní poškození.



Obrázek 11 – Životnost zinkových povlaků v různých typech vod

V Tabulce 3 jsou uvedeny životnosti zinkového povlaku o tloušťce 65 µm v závislosti na obsahu Ca^{2+} pro potrubí s teplou vodou (není specifikován vliv teploty). V tvrdých vodách vznikají úsady, což může s rychlostí proudění vody v cirkulačním okruhu působit na relativně měkký zinkový povlak abrazivně, zejména v místech, kde se mění směr proudění vody v potrubí, průřez potrubí a v místě spojování trubek.

Tabulka 3 – Životnost zinkového povlaku

Obsah Ca^{2+} ($mg.l^{-1}$)	Životnost (roky)
< 60	2
60 - 160	6

Podle DIN 50960-6 je použití žárově zinkovaných trubek povoleno pouze pro teplé vody s $K_{B8,2} \leq 0,5$ mol/m^3 (p - hodnota) a $K_{S4,3} \geq 1,0$ mol/m^3 (m-hodnota), tj. je omezeno kapacitou zásaditosti/kyselosti teplé vody.

Používání trubek s povlakem žárového zinku se v posledních letech v řadě zemí Evropy snižuje a jsou nahrazovány trubkami z plastů, korozivzdorné oceli nebo mědi. Každý z náhradních materiálů má své výhody a nevýhody, nelze jednoznačně vyloučit korozní problémy ani u korozivzdorné oceli a mědi a v případě plastů je zvýšené nebezpečí výskytu mikroorganismů.

3.1 Kvalita trubek s povlakem žárového zinku

Ocelové pozinkované trubky se vyrábějí v celé řadě variant a výrobci je při objednávce nutné vyspecifikovat materiál, výrobu, rozměry, tolerance, kontrolu, zkoušení, značení a způsob dodání. Projektant na základě svých odborných zkušeností, požadavků norem, vyhlášek předepíše, jaké trubky mají být použity pro konkrétní stavbu.

Výrobce zodpovídá za to, že trubka byla vyrobena a přezkoušena podle platných technických norem. Výrobce trubek dodává trubku, nikoliv potrubí, a nemůže být odpovědný za nesprávné použití žárově zinkovaných trubek.

Základní normou pro výrobu trubek s povlakem žárového zinku je ČSN EN 10240. Složení materiálu trubek odpovídá požadavku ČSN EN 10255 - jakosti nelegované konstrukční oceli **S195T** se stupněm desoxidace **FF** – *plně uklidněná*. Ve Vyhlášce č.409/2005 Sb. - §9/odst.(1)/písm.e) jsou stanoveny limity pro max. obsah nebezpečných prvků v zinkových slitinách (%) u výrobků, které jsou v trvalém styku s pitnou vodou. Trubky ČSN EN 10255 se vyrábí jako bezešvé (S) nebo svařované (W). Podle Tabulky 3 normy ČSN EN 806-2 smí být použity pouze trubky řady M (střední) a H (těžká). Trubky typu L, L1 a L2 (lehké řady - s menší tloušťkou stěny) nelze použít pro vnitřní rozvod v budovách.

Důležitým faktorem určujícím průběh reakce mezi železem a zinkem je chemické složení oceli, a zvláště obsah křemíku a fosforu. Ocel vhodná k pozinkování má dle Tabulky 2 normy ČSN EN 10025-2 omezen obsah křemíku a fosforu: pro třídu I platí Si ≤ 0,03% a Si+2,5P≤0,07%; pro třídu III platí Si = 0,14 ≤ Si ≤ 0,25 % a P≤0,035%. V oblasti Sandelinova efektu 0,04 - 0,13 % Si je ocel vysoce reaktivní s tlustým a nepravidelným povlakem. Chemické složení oceli má zvlášť intenzívní vliv na nárůst vrstev fází δ_1 a ζ.

Zinková tavenina pro kusové zinkování podle ČSN EN ISO 1461 může mimo zinku obsahovat také kovové složky jako legury, např. hliník, olovo, hořčík, nikl, titan, vanad, vizmut, cín. ČSN EN ISO 1461 stanovuje, že součet všech legujících prvků nesmí překročit 2%, bez železa a cínu tedy jen 1,5%.

Zinkový povlak poskytuje podkladové oceli anodickou ochranu bariérovým i elektrochemickým mechanismem. Bariérová ochrana je daná tloušťkou vrstvy zinkového povlaku a rychlostí její koroze v daném prostředí – vodě.

Norma ČSN EN 12502-3 doporučuje používat potrubí se zinkovým povlakem kvality A.1 dle ČSN EN 10240. Norma ČSN EN 10240 zavádí označování jakosti povlaku:

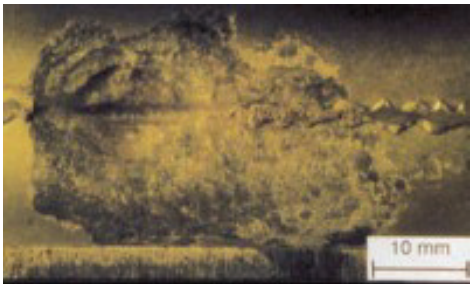
a) ***A*** pro potrubí na vodu a plyn, včetně potrubí na vodu pro spotřebu obyvatelstvem, povlaky typu A se používají tam, kde záleží na vnitřním povrchu (potrubí),

b) ***B*** pro ostatní použití, povlaky typu B se používají tam kde záleží na vnějším povrchu (konstrukce, zábradlí, sloupy, ...).

Trubky, které mají být zinkovány, musí mít hladký povrch, odpovídající způsobu výroby, a nesmí mít:

- znečištění, které není možno odstranit chemickou předúpravou před zinkováním, např. některé oleje, tuky, barvy, grafit, nálepky apod,
- vady, jako jsou přeložky, zvrásnění, šupiny, škrábance a zaválcované nečistoty.

U svařovaných trubek EN 10255 určených k pozinkování s jakostí zinkového povlaku EN 10240-A.1 musí být splněn požadavek čl. 8.4.9 této normy: svarový výronek nesmí být porézní a mít ostré hrany a výška nesmí překročit 0,3 mm + 0,05 T (prakticky se toho dosahuje ořezáváním vnitřního svarového výronku do úrovně okolního povrchu. Na Obrázku 12 je příklad koroze na vnitřním povrchu pozinkovaného ocelového potrubí, kde je zřejmé, že svarový výronek v pravé části fotografie není ořezán. V žádném z hodnocených případů poškození nebylo zjištěno, že by nastal podobný stav, který by byl prvotní příčinou vzniku korozního poškození povlaku zinku a následně trubky. Kontrola stavu svaru se provádí při výrobě vizuálně.



Obrázek 12 – Nedostatečná kvalita svaru

Povlak zinku musí být na vnějším i vnitřní povrchu souvislý, hladký a bez zbytků tavidla na důležitém povrchu (Obrázek 13). Povlaky kvality A musí být na vnitřním povrchu hladké, čehož se dosáhne profukováním párou. Drsný povrch je vlivem svých nerovnoměrností náchylnější ke tvorbě místních anod než hladký povrch.

Minimální tloušťka zinkového povlaku na vnitřním povrchu trubky musí být **55 μm** pro povlaky A.1 a A.2 a 45 μm pro povlak A.3, pro povlaky A.1 je dále specifikována i minimální tloušťka v oblasti svaru (Tabulka 4) a nutnost provádět kontrolu chemického složení (Sb, As, Pb, Cd, Bi) .

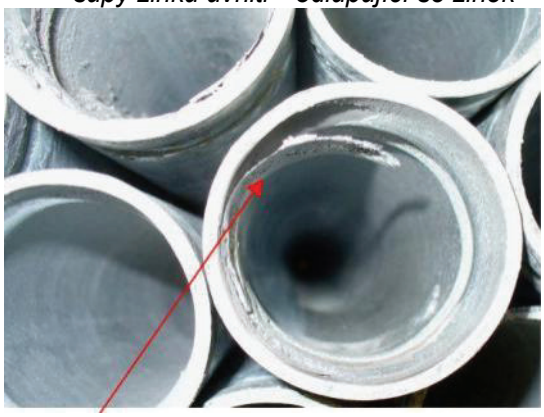
- *stečeniny zinku – nevyfouknutý zinek*



- *shluky nevyfouknutého zinku*



- *šupy zinku uvnitř - odlupující se zinek*



Obrázek 13 – Příklady nepřípustných defektů zinkového povlaku na vnitřním povrchu trubek

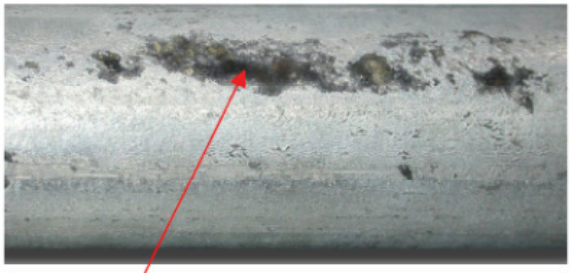
Tabulka 4 – Minimální místní tloušťka zinkového povlaku na vnitřním povrchu trubky (µm)

Označení jakosti zinkového povlaku dle normy ČSN EN 10240	A. 1	A. 2	A. 3
plocha mimo oblast svaru	55	55	45
v oblasti svaru	28	-	

- *spálený zinek (např. výrazné překročení doby zinkování)*



- *černá nepozinkovaná místa (např. spálené tavidlo na povrchu trubky, překročení obsahu hliníku v zinkovací lázni)*



Obrázek 14 – Příklady nepřípustných defektů zinkového povlaku na vnějším povrchu trubek

Zkoušení vnitřního povrchu se provádí pouze pro trubky s povlakem jakosti A.1, kdy se odeberou 2 zkušební vzorky ze středu trubky o délce 1 m. Místní tloušťka povlaku se stanovuje magneticky nebo gravimetricky na vzorcích s funkčním povrchem 0,3 až 6,0 dm^2 a délkou 50 až 150 mm. Tloušťka povlaku se prověřuje i na svarovém spoji.

Typická struktura žárového zinkového povlaku je tvořena čtyřmi fázemi, které se liší nejen chemickým složením, ale také morfologií (Obrázek 15). Tloušťka a struktura žárového zinkového povlaku je ovlivňována různými faktory, jako je složení oceli, teplota lázně, doba ponoru, atd. Aby byl zinkový povlak odolný proti korozi ve vodě, musí být vnější η fáze povlaku (fáze čistého zinku) tvořit 30 % z celkové tloušťky povlaku, tj. cca 18 µm [0]. Tloušťka ostatních fází by měla být 37 µm.



Obrázek 15 – Příklady struktury žárového zinkového povlaku na vnitřním povrchu trubek

Metalografické hodnocení bylo provedeno opakovaně u žárově zinkovaných trubek ze standardní produkce i trubek, u kterých došlo ke koroznímu poškození. V případě, že vnitřní zinkový povlak nebyl zcela odkorodován, byla měřena zbytková tloušťka jednotlivých fází povlaku. V řadě případů byla zbytková tloušťka v rozsahu 22 – 61 µm s průměrnou hodnotou 38 µm, ale v žádném případě η fáze nebyla zjištěna. Na hodnocených trubkách bylo zjištěno, že tloušťka η fáze byla cca 10 µm a v řadě případů byla velmi nerovnoměrná. Tyto výsledky ale nejsou dosud implementovány do technických norem.

V současné době řada předních výrobců provádí značení trubek na vnějším povrchu (Obrázek 16 a Příloha 1), aby bylo možné identifikovat výrobce, protože v řadě případů je obtížné tuto informaci získat a uplatnit reklamace.



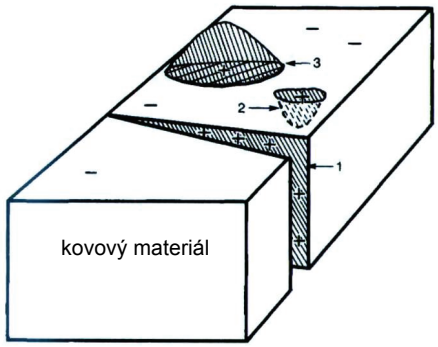
Obrázek 16 – Příklad značení trubek

3.2 Druhy korozního poškození žárově zinkového povlaku

Druhy koroze připadající v úvahu pro žárově zinkované výrobky jsou následující:

- rovnoměrná koroze,
- důlková koroze,
- selektivní koroze,
- bimetalická koroze,
- štěrbinová koroze,
- koroze pod úsadami.

Ve vodném prostředí dochází ke vzniku základních lokálních korozních článků: štěrbinová koroze (1), důlková koroze (2) a koroze pod úsadami (3) (Obrázek 17).



Obrázek 17 – Lokální korozní články

Koroze povrchů materiálů, které jsou ve styku s vodou, vede k narůstání povrchových vrstev korozních produktů, které v závislosti na podmínkách, mohou nebo nemusí mít ochranné vlastnosti. Soustavy teplé sanitární (užitkové) vody s recirkulační smyčkou nejsou uzavřené soustavy, ale voda se v nich pravidelně vyměňuje.

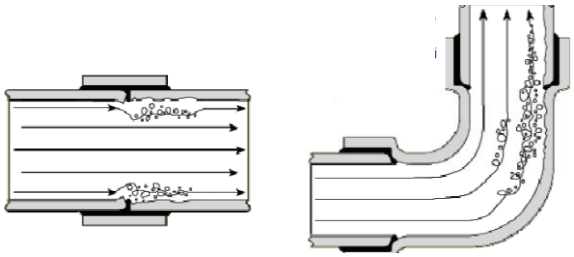
Korozní poškození se může projevovat:

- perforací (prosakováním),
- ucpáním součástí soustavy,
- nežádoucími změnami ve složení vody.

Typ a rozsah korozního napadení je ovlivněno materiálem trubky, zpracováním, provozními podmínkami daného rozvodu a kvalitou vody. V případě intenzivního korozního napadení se většinou jedná o kombinaci několika nepříznivých faktorů.

Druh a rychlost koroze kovového materiálu v daném systému závisí na:

- vlastnostech kovového materiálu,
- vlastnostech vody - význam pro korozní agresivitu vody má koncentrace různých aniontů ve vodě, ale významnější je poměr jejich koncentrací,
- způsobu konstrukčního řešení a jeho provedení,
- tlakové zkoušce a počátečních podmínkách při uvedení do provozu,
- provozních podmínkách – charakter proudění (Obrázek 18), teplota, kombinace s jinými kovy, tvorbě úsad, apod.



Obrázek 18 – Turbulentní proudění v trubkách

Pro posouzení příčin vzniku korozního napadení jsou nutné informace o všech uvedených faktorech, popř. i o dalších faktorech, které nejsou tak časté a jsou specifické pro hodnocený rozvod TV.

Vlivem mechanického působení proudící kapaliny se na vlastním korozním procesu podílí i další mechanismy koroze, např.:

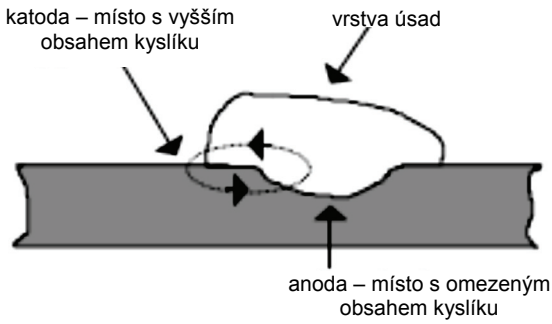
- erozní koroze – v rychle proudícím prostředí,
- rázové napadení – nevhodné podmínky proudění, vznik rázů v toku.

Turbulentní proudění vzniklé na ostrých hranách konců trubek nebo vyvolané náhlou změnou směru proudění a zvýšením rychlosti proudění může způsobit erozní korozi (Obrázky 18 a 20a).

Erozní koroze je charakteristická protáhlým tvarem míst korozního poškození ve směru proudění vody. Také se na těchto plochách nevyskytují objemné vrstvy korozních produktů a úsad. Korozní rychlost se může v případě turbulentního proudění zvýšit až na čtyřnásobené hodnoty.

Korozní rychlost zinku v destilované vodě se pohybuje od 15 do 150 µm/r v závislosti na teplotě, stupni provzdušnění a dalších faktorech [2, 0, 0]. Jedná se o rovnoměrnou korozi. Výsledky projektu ukázaly, že průměrná rychlost rovnoměrné koroze zinkového povlaku na vnitřním povrchu trubek ve studené vodě je cca cca 1 µm/r a v teplé vodě je cca 2 µm/r.

V rozvodech pitné a teplé vody je vždy přítomen pohlcený kyslík. Rozpustnost kyslíku ve vodě je ovlivněna teplotou vody. V provzdušněných vodách vznikají objemné vrstvy oxidů a hydroxidů zinku. Dosud není vyjasněn vliv tvorby úsad na korozi zinkového povlaku i podkladové oceli a i vliv mikrobiologických úsad. Koroze pod úsadami znamená, že ke korozním napadení dochází pod vrstvou úsad nebo v jejím bezprostředním okolí (Obrázek 19) [8]. Tvorba úsad zvyšuje korozní rychlost všech kovových materiálu v potrubních rozvodech včetně zinku při mírném proudění – Tabulka 5.



Obrázek 19 – Mechanismus koroze pod úsadami

Tabulka 5 – Vliv úsad na korozní rychlost zinku

Množství úsad ($g.m^{-2}.d^{-1}$)	Korozní rychlost (µm/rok)	
	plošná	důlková
1,97	90	220

Dominantní mechanismus poškození žárově zinkových trubek v rozvodech TV je lokální korozní napadení – **důlková koroze**. Na Obrázku 20 jsou uvedeny nejběžnější příklady korozního poškození trubek s povrchovou úpravou žárovým zinkováním.

Projevem lokálního napadení důlkového typu je vznik tuberkulí (puchýřů, strupů) na povrchu materiálu [0]. V těchto místech již dochází ke korozi ocelového podkladu. Materiál tuberkulí, tvořený zejména oxidy železa, pokrývá anodická místa povrchu s vysokou okamžitou korozní rychlostí oceli až 1,7 – 2,0 mm/r, což odpovídá i zjištěným skutečnostem z hodnocených rozvodů TV. Toto korozní napadení vzniká jak u bezešvých, tak i svařovaných trubek. Toto korozní napadení nastává především na spodních plochách ležatých rozvodů. V případě, že jsou trubky umístěny vertikálně, je důlkové korozní napadení rozloženo rovnoměrně po celém obvodu trubky.

Na povrchu žárově zinkované oceli se mohou tuberkule vytvářet rychleji v trhlinách, pórech a podobných defektech zinkového povlaku. Tuberkule korozních produktů, vznikající na vnitřním povrchu žárově zinkovaných trubek, vytvářejí vhodné podmínky pro růst bakterií a zároveň snižují účinnost desinfekce. Napadení je intenzivněji lokalizováno v případě, že úsady obsahují agresivní ionty, jako jsou chloridy nebo sírany.

Korozní rychlost zinkového povlaku na oceli je závislá i na teplotě a do teploty 50°C se zvyšuje jen pomalu, poté se zvyšuje rychle a dosahuje maxima při teplotě 65°C (Obrázek 21) [0]. Zvýšení korozní rychlosti v intervalu 50 – 60 °C je způsobeno změnou charakteru korozních produktů z částečně ochranných na neochranné. V případě lokálního korozního napadení vznikají v zinkovém povlaku důlky, které rychle pronikají k povrchu podkladové oceli, a přednostně postupuje koroze oceli. Tento proces je výsledkem změny elektrochemické polarity, kdy se ocel stává anodickou vůči zinku. Potenciál zinku se stává katodickým pro ocelový podklad ve vodách, které mají vysoký poměr uhličitanů a chloridů a koncentraci chloridů 10 ppm nebo nižší, a dochází k urychlené korozi oceli. Ovšem tato teplota může být i nižší v závislosti na dalších faktorech.





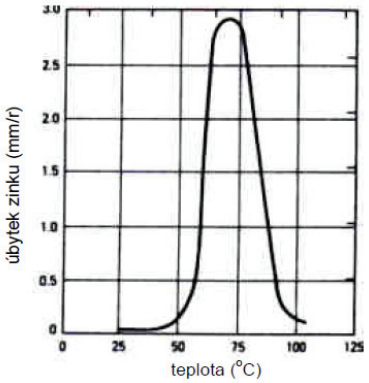






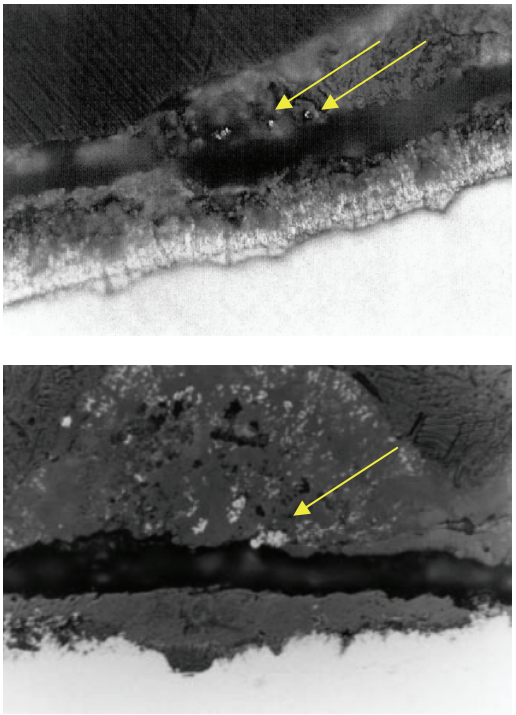


Obrázek 20 – Příklady korozního poškození zinkového povlaku a podkladové oceli



Obrázek 21 – Vliv teploty vody na rychlost koroze zinkového povlaku

Problematika bimetalické (galvanické) koroze již byla zmíněna v Kapitole 2. Přítomnost mědi v rozvodu TV se může projevit ve formě kovových částic. Kovová měď se do rozvodu TV dostává v důsledku eroze měděných prvků rozvodu. Na Obrázku 21 jsou žárově zinkované trubky s úsadami obsahující částice elementární mědi (světle zbarvené body) [0]. Zinkový povlak pod úsadami mědi je odkorodován.



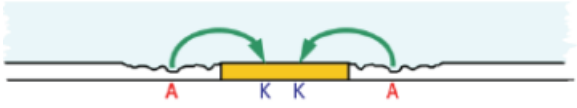
Obrázek 22 – Kovová měď vyloučená v korozních produktech

Častější případ je vyloučení (cementace) rozpuštěných iontů mědi na povrch trubky. Pro tento případ jsou charakteristické jasně červené vrstvy úsad pod vrstvami běžných oranžovohnědých úsad na bázi sloučenin železa (Obrázky 20 a 23).

V případě použití mosazných armatur a fitinků v rozvodech z žárově zinkovaných trubek dochází při styku těchto dvou materiálů ke zvýšení koroze trubky, resp. zinkového povlaku (Obrázek 24). Tento případ je nejméně významný pro životnost rozvodu TV z žárově zinkovaných trubek. Může se projevit bezprostředně za spojem. Protože v závitových částech trubek je tloušťka stěny zeslabena a projevuje se zde i určitá turbulence proudění, nelze tento vliv považovat za dominantní, přestože v těchto místech trubek dochází velmi často k prvním projevům poškození.



Obrázek 23 – Vrstva vyloučené mědi na povrchu žárově zinkované trubky

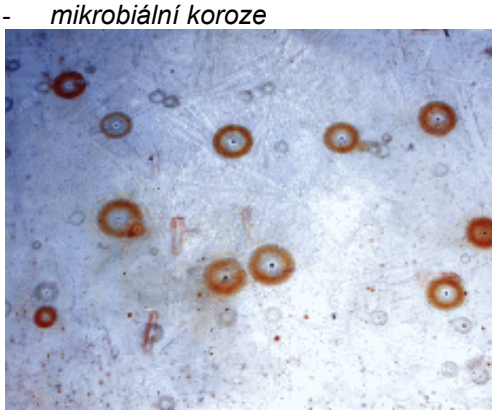


Obrázek 24 – Galvanický článek styku žárově zinkované trubky s mosazným prvkem

Ve vodách často dochází ke korozním ději, které souvisejí s výskytem mikroorganismů. Tyto mikroorganismy nejsou škodlivé ze zdravotního hlediska. Vliv mikroorganismů je buď přímý, že

odstíní určitou část povrchu a vytvoří podmínky pro vznik koncentračních článků, nebo nepřímý přes produkty metabolismu nebo rozkladu mikroorganismů. Vznikající látky se pak účastní korozního děje. Tak se např. uplatňují v neprovzdušněných vodách bakterie redukující sírany. Vznikají sulfidy kovů a současně dochází k depolarizaci v anaerobním prostředí (mikrobiální koroze - MIC). Rychlost MIC u žárově zinkovaných trubek může být cca 250 µm/r^{-}.

- *mikrobiální koroze*



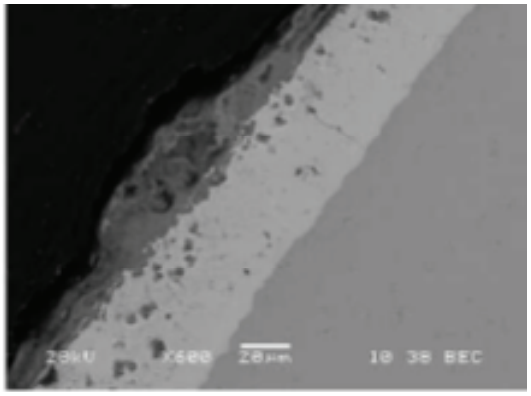
- *mikrobiální koroze a koroze pod úsadami*



Obrázek 25 – Příklad mikrobiální koroze

Sírany redukující bakterie (SRB) jsou považovány za příčinu koroze trubek v důsledku redukce síranů obsažených ve vodě na sulfan H_2S. SRB lze stanovit v pitné vodě již po krátké době provozu rozvodu a vedou ke zvýšení korozní rychlosti jejich kovových materiálů. Korozní napadení je odlišné do obvyklého důlkového napadení (Obrázek 26).

Mezi metody ochrany proti mikrobiálně ovlivněné korozi patří zvýšení rychlosti proudění kolem kovových povrchů, zamezení výskytu oblastí se sníženou rychlostí proudění, čištění povrchů (kontinuální nebo periodické) a použití biocidních látek.



Obrázek 26 – Povrch žárově zinkované trubky po 10 dnech expozice v prostředí obsahujícím SRB

3.3 Posouzení korozní agresivity vody

Je-li v rozvodném systému použito více druhů materiálu trubek a dalších prvků, musí mít TV takové složení, aby byla koroze potlačena u nejméně odolného materiálu, což je obvykle uhlíková ocel a žárově zinkovaná ocel. Posouzení agresivity vody se provádí podle TNV 75 7121 *Požadavky na jakost vody dopravované potrubím*.

Agresivita vody je závislá na složení pitné vody, ze které je upravena. Pitná voda by měla mít rovnovážné složení, celkový obsah solí 250 až 350 mg/l a obsah chloridů do 20 mg/l[1]. **Přestože kvalita vody odpovídá hygienickým předpisům, může se jednat o korozně agresivní vodu.**

K nejznámějším způsobům stanovení korozní agresivity vody patří kuponové testy, měření lineárního polarizačního odporu (LPR), měření proudového napětí (ER), nepřímé zjišťování koncentrace rozpuštěných nebo suspendovaných látek. K prognostickým metodám hodnocení korozivních vlastností vody patří výpočet různých indexů jako např. Langelierova saturačního indexu (I_S), Ryznarova indexu stability (I_R), Pucktoriusova indexu tvorby inkrustů (PSI), StiffDavisova indexu (SDI), OddoTomsonova indexu, indexu agresivity podle AWWA (AWWAI) a řada dalších. V řadě případů jsou v literatuře uvedené údaje v protikladu – do příručky byly uvedeny pouze údaje ověřené z více zdrojů.

Korozní testy se provádí podle normy TNV 75 7121 pomocí ocelových kupónů (Obrázek 27). Nevýhodou kuponových testů je dlouhý časový interval měření (30 – 90 dnů), jejich výhodou je naproti tomu jednoduchá interpretace a stanovení jak plošné tak důlkové koroze. Jediná metoda, která se používá na určení životnosti ocelového a litinového potrubí (dálkového potrubí), je založená na stanovení korozní rychlosti mezi 30. a 365. dnem expozice (korozní rychlost – odhad životnosti potrubí). Pro žárově zinkované potrubí (domovní rozvody) nejsou žádné korozní zkoušky předepsány.



Obrázek 27 – Příklad exponovaného ocelového kupónu

Tabulka 6 – Korozní rychlost materiálu trubek na základě 90 denní zkoušky

korozní odolnost	korozní rychlost (μm.r^{-1})	
	pozinkovaná ocel	uhlíková ocel
výborná	< 50	< 25
dobrá	> 50 až 100	> 25 až 750
nízká	> 100 až 200	> 75 až 125
velmi nízká	> 200 až 250	> 125 až 250
nepřijatelná	> 250	> 250

Další metody jako LPR a ER umožňují okamžitě hodnotit pouze plošnou korozi.

Z hlediska tvorby ochranné vrstvy jsou velmi významnou složkou vod ionty hydrogenuhličitanové, vápenaté a hořečnaté, které mají inhibiční účinek, daný schopností provzdušněné vody vytvářet ochranné vrstvy složené z oxidů kovů a uhličitanu vápenatého. Ochranná vrstva blokuje především katodická místa, kde dochází k redukci kyslíku a vzniká jen v případě, že uhličitanové a vápenaté (hořečnaté) ionty jsou v roztoku v rovnováze a s vyloučeným uhličitanem a volným oxidem uhličitým.

$$Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^- \leftrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

$$CaCO_3 \leftrightarrow Ca^{2+} + HO_3^{2-}$$

Pokud je rovnováha posunuta ve prospěch $CaCO_3$, vznikají kaly a úsady, které netvoří ochranné vrstvy a vytvářejí se podmínky pro štěrbinovou korozi a důlkovou korozi a činnost článků s diferenční aerací. Pokud je rovnováha posunuta ve prospěch rozpustných složek, ochranná vrstva nevzniká a probíhá intenzivní koroze.

V literatuře je uvedeno několik korozních indexů, které lze využít pro predikci chování žárově zinkovaných trubek na základě složení vody:

a) korozní index CI

$$Cl = \frac{0{,}03[Cl^-] + 0{,}02[SO_4^{2-}]}{0{,}02[HCO_3^-]}$$

Přípustný korozní index pro zinkový povlak je CI < 1.

b) Larsonův korozní index LI

$$LI = \frac{[Cl^-] + [SO_4^{2-}]}{alkalita^-}$$

Přípustný korozní index pro zinkový povlak je LI < 0,5, při vyšších hodnotách indexu vzniká riziko korozního poškození.

c) Riddickův korozní index RCI

$$RCI = \frac{75}{alkalita}\left[CO_2 + \frac{1}{2}(tvrdost - alkalita) + Cl^- + 2N\right]\left(\frac{CO}{SiO_2}\right)\left(\frac{D.O.+2}{satD.O.}\right)$$

kde N je koncentrace dusíkového iontu v dusičnanovém aniontu,
D.O. je koncentrace rozpuštěného kyslíku,
sat D.O. je koncentrace nasyceného rozpuštěného kyslíku,
koncentrace všech látek jsou uvedeny v mg/l.

Tabulka 7 – Pravděpodobnost koroze ve vodě

RCI	Pravděpodobnost koroze
0 – 5	velmi nízká
6 – 25	nízká
26 – 50	střední
51 – 75	vysoká
76 – 100	velmi vysoká
< 100	extrémně vysoká

Obecným ukazatelem charakteru pitné vody z hlediska vzniku korozního napadení nebo tendence ke tvorbě úsad je tzv. Langelierův saturační index I_s. Při zpracování těchto údajů jsou porovnávány hodnoty aktuální a teoretické pH (pHs – hodnota pH, při které je voda v rovnováze s tuhým uhličitanem vápenatým), která je stanovena na základě chemické analýzy. Index nasycení I_s se určuje jako:

$$I_S = pH - pHs$$

Hodnota pHs je závislá na obsahu vápníku, hodnotě alkality ($KNK_{4,5}$) a iontové síle vody, která je závislá na obsahu rozpuštěných solí ve vodě a její teplotě:

$$I_S = pH + TA + TD + TDS + TC$$

Kde TA je index alkality vody (mg $CaCO_3$/l),
TD je index tvrdosti vody,
TDS je celkový obsah rozpustných látek,
TC je index teploty.

Je-li pH v rozsahu 7,2 – 7,6 je celková alkalita daná převážně obsahem hydrogenuhličitanů. Pro výpočet indexů se používají indexové tabulky nebo nomogram – viz Přílohy 3 až 5 této příručky. Je-li I_s nižší než 0, pak má voda korozivní charakter – viz Tabulka 8. **Kritická hodnota Langelierova indexu pro trubky s žárovým zinkovým povlakem je I_S > 2, tj. vysoká pravděpodobnost tvorby úsad, což je příznivé pro minimalizaci korozního napadení zinkového povlaku.**

Aniony hydrogenuhličitanu a fosforečnanu v kombinaci s kationy vápníku mohou působit jako katodické inhibitory tvorbou nevodivých vrstev uhličitanu vápenatého nebo fosforečnanu vápenatého.

Tabulka 8 – Hodnoty I_s a doporučená úprava

Saturační index	Popis	Doporučená úprava
-5 až -4	intenzivní koroze	nutná
-3 až -2	střední koroze	doporučená
-1	mírná koroze	vhodná
0	rovnovážný stav	bez úpravy
1 až 2	mírná až střední úsady	vhodná
3	střední úsady	nutná
4	intenzivní úsady	nutná

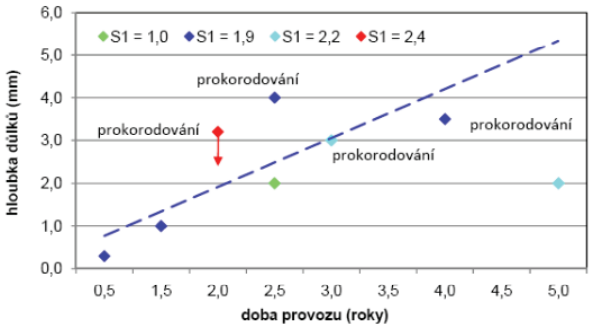
Charakter a koncentrace aniontů solí rozpuštěných ve vodě (chloridy, dusičnany, sírany a hydrogenuhličitany) mají důležitý vliv na korozní anodickou reakci. Zvýšená koncentrace chloridů podporuje vznik a rozvoj koroze kovových materiálů. Pro pozinkovanou ocel výrobci povolují 125 resp. až 250 mg/l, podle technologie výroby. Vliv aniontů je spíše určen poměrem koncentrací S_1, než celkovou koncentrací jednotlivého anionu. S_1 se dle ČSN EN 12502-3 vypočte z následující rovnice:

$$S_1 = \frac{c(Cl^-) + c(NO_3^-) + 2c(SO_4^{2-})}{c(HCO_3^-)}$$

Pravděpodobnost důlkové koroze stoupá se stoupající hodnotou S_1. Vznik důlkové koroze je velmi nepravděpodobný při hodnotách S_1 pod 0,5 a je velice pravděpodobný při hodnotách S_1 nad 3. Největší vliv na vznik a rozvoj důlkové koroze má koncentrace síranů. Z provedených analýz teplých vod bylo zjištěno, že nejčastější hodnota koeficientu S_1 je 1,9. Na Obrázku 28 je uveden souhrn výsledků sledování korozního poškození žárově zinkovaných trubek v závislosti na době provozu rozvodu a hodnotě koeficientu S_1.

Hodnocení rozvodů s případy korozního poškození ukázalo, že při

- hodnotě indexu S_1 ~ 1,0 dojde k prokorodování trubek v ploše po celkové době provozu 5 – 6 let provozu,
- hodnotě indexu S_1 mezi 2 až 3 dochází k prokorodování trubek po 2 – 3 letech provozu.



Obrázek 28 – Pravděpodobnost důlkové koroze

Nevhodné je použití trubek s povlakem žárového zinku pro vody s vysokým obsahem dusičnanů, protože zinek redukuje dusičnany na dusitany, které jsou zdraví velmi škodlivé.

Výsledky hodnocení reálných rozvodů ukazují, že v trubkách rozvodů TV nevzniká ochranná vrstva korozních produktů zinku tvořená hydrozincitem $Zn_5(OH)_6(CO_3)_2$, resp. vzniká ve vodách

s hodnotou koeficientu $S_1 \leq 1$. V rozvodech pitné (studené) vody je výskyt ochranné vrstvy korozních produktů obvyklý.

3.4 Úprava distribuované vody

3.4.1 Teplota TV

Výzkumy prováděné v reálných rozvodech TV ukázaly, že v distribuční síti, tj. v trubkách rozvodu, dochází k cca 30% ztrátě tepla z celkových ztrát tepla v jednotlivých částech distribuční sítě [0]. Měřením bylo zjištěno, že v běžném rozvodu TV je rozdíl mezi teplotou ve výměníku a baterií je cca 2°C. Jednou z cest **snížení** jak tepelných, tak **korozních ztrát** je optimalizace rozvodů a snížení teploty distribuované vody na nejnižší teplotu na výtoku z baterií. Při požadavku na kvalitu TV z hlediska teploty (minimálně 45°C na výtoku), by ve výměníku mohla být teplota snížena pod 50°C (z obvyklých 55°C). Ve vyhlášce MZ č. 252/2004 Sb. má ukazatel "teplota" limit 55°C, ale typ limitu jen DH (doporučená hodnota).

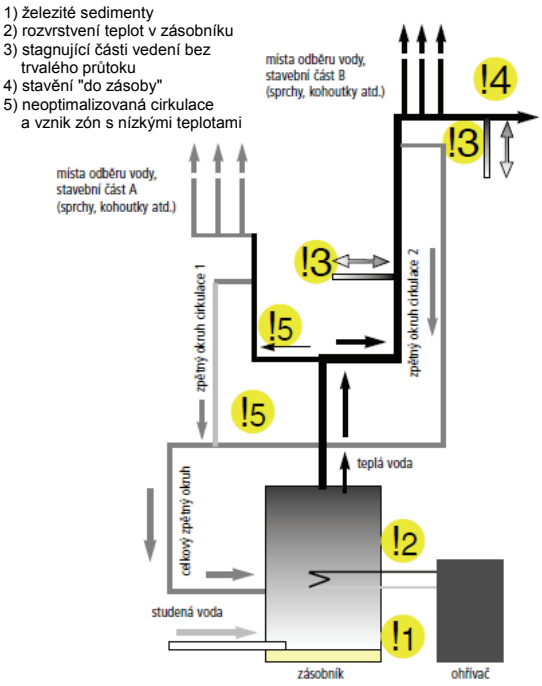
Komerčně dostupný je systém využívající pro distribuci teplé vody pouze jedno potrubí, kdy je teplota vody udržována samoregulačními topný i kabely HWAT v místech čerpání. Topný kabel je upevněn na přívodním potrubí. Systém má řadu výhod.

3.4.2 Konstrukční řešení rozvodu TV

Základní požadavky na rozvod TV i z hlediska konstrukčního a případné kombinace různých kovových materiálů, především mědi, jsou uvedeny v Kapitole 2.

V žádném případě není možné do rozvoduTV s povlakem žárového zinku zařazovat části provedené z měděného potrubí, vhodné je omezit i fitinky z mosazi a místo nich používat litinové díly s povlakem žárového zinku a používat deskové výměníky pájené niklem.

Vadné rozvody, stagnující voda při nulovém odběru nebo nedostatečně dimenzované cirkulační systémy pitné vody zejména u velkých rozvětvených teplovodních systémů jsou příčinami výskytu bakterií *Legionella pneumophylis*. Teplota vody, při které je podporován růst bakterií, je < 50°C. Obvykle žije v tzv. mrtvých koutech potrubí nebo pod usazeninami na vnitřních stěnách potrubí a zásobníků. Tato místa rozvodů mohou být v důsledku omezeného proudění a tvorby vyšších vrstev úsad i intenzivněji korozně namáhaná – Obrázek 29.



Obrázek 29 – Schéma teplovodního systému s typickými místy vhodnými pro výskyt bakterie Legionelly

Vodorovné potrubí má být montováno se spádem minimálně 0,5% k nejnižším místům, kde musí být namontovány vypouštěcí armatury. Pomocí uzavíracích armatur se vnitřní rozvody rozdělí na úseky, které lze v případě potřeby uzavřít a provádět na nich opravy nebo údržbu, popř. i vizuální kontrolu stavu vnitřního povrchu trubek – viz Kapitola 4. Tím se odstraní nevýhoda odstavení celého objektu (v případě, že není rozdělen na jednotlivé úseky) hlavním domovním uzávěrem.

3.4.3 Desinfekce TV

K desinfekci rozvodů TV se používá termická šoková desinfekce (krátkodobý ohřev vody na teplotu 70°C) nebo aplikace desinfekčních prostředků.

Z provozních i bezpečnostních důvodů je provádění termické šokové desinfekce omezeno. I když lze předpokládat, že při těchto provozních podmínkách by mohlo být důlkové korozní napadení žárově zinkovaných trubek intenzivnější (viz Kapitola 3.2, Obrázek 21), nebyl tento předpoklad analýzou korozně poškozených rozvodů potvrzen.

Použití biocidů musí respektovat některé požadavky, které vyplývají z použitých konstrukčních materiálů, stupni mikrobiálního zamoření, apod. Většina desinfekčních prostředků jsou chemické látky silně oxidační povahy, které mají vliv na dlouhodobou životnost některých materiálů trubek rozvodů teplé vody, i když jsou používány v nízkých koncentracích [0]. Kontinuální dávkování některých oxidačních činidel (chlor, ozón) vede k potlačení výskytu mikroorganismů volně pohyblivých v prostředí. Tyto látky, v koncentracích přijatelných i pro konstrukční materiály, mají minimální vliv na mikroorganismy v již vytvořeném biofilmu (mohou zastavit pouze jeho další růst). Obsah aktivního chloru, potřebný pro likvidaci vegetativních forem bakterií je minimálně 5 – 10 mg chloru/l. Pokud je použita přiměřená dávka – tj. kdy obsah zbytkového aktivního chloru je do 0,3 mg/l, je vodu po předepsané době působení prostředku použít k pití. Je-li však použita dávka "šoková" je nutno vodu vyčerpat (alespoň z větší části), resp. použít k jiným účelům než k pití a k pitným účelům použit až poté, co obsah volného chloru poklesne na výše uvedenou hodnotu (0,3 mg/l).

Srovnání dezinfekčního účinku chemických prostředků:

O_3 > HOCl > Cl_2 > ClO_2 > anorg. vázaný chlor > chloramin

Tradičně se pro úpravu pitné vody, a tedy i TV, která se z pitné vody připravuje, používá chlornan sodný NaClO, který se samovolně rozkládá a uvolňuje aktivní volný chlor. Rozklad je urychlován teplem, světlem a katalytickým účinkem některých kovů (nikl, měď, železo, apod.). Rozkladem se snižuje obsah aktivního chloru.

Chlor je korozně agresivnější desinfekční prostředek než chloroxid, i když je používán v nižší koncentraci. Prostředky chloramin NH_2Cl a volný chlór zvyšují korozní rychlost kovových materiálů rozvodného systému o 45 až 60%. Desinfekce prostředky na bázi chloru také snižuje tvorbu ochranné uhličitanové vrstvy na žárovém zinkovém povlaku trubek ve studené i teplé vodě [0, 0].

Provedené zkoušky ukázaly, že při běžné teplotě došlo **přídavkem chlornanu sodného** v koncentraci 100 ppm ke snížení korozního úbytku zinku, ovšem v teplé vodě se přídavek chlornanu sodného projevil **mírným zvýšením korozního úbytku zinku** (cca o 20%).
UV dezinfekce vody zabezpečuje kvalitní vodu se 100% zachováním všech přirozených vlastností - minerální látky, přirozené pH, chuť i pachové vlastnosti. UV dezinfekcí se do vody nedostávají žádné cizorodé látky ani chemikálie a nevznikají žádné druhotné produkty.

3.4.4 Úpravy složení vody

Pokud voda splňuje požadavky vyhlášky 252/2004 Sb. a nedojde k dohodě s výrobcem a dodavatelem pitné vody na opatřeních, která by pomohla k řešení, je třeba upravovat vodu v místě ohřevu. Výrobky a zařízení na úpravu vody lze rozdělit do tří základních skupin:

- zařízení na principu fyzikálním, např. magnetická úprava vody, elektromagnetická úprava vody s externím zdrojem elektrické energie, ultrazvuk, zařízení pro filtraci vody nebo separace vzniklých sraženin v tangenciálním separátoru,

- zařízení na principech fyzikálně chemických, např. zařízení, kde je tvořen elektrochemický článek mezi hliníkovou a uhlíkovou elektrodou nebo mezi hořčíkovou elektrodou a kovovým pláštěm bojleru, nebo mezi mosazí a hliníkovou slitinou, eventuálně s vnějším zdrojem stejnosměrného proudu, přiváděného na elektrody,

- zařízení na chemickém principu, např. zařízení kde je upravovaná voda vedena ložem materiálu, který má alkalizační účinek (např. mramor nebo polovypálený dolomit, tzv. ztvrzování vody) a ložem nízko rozpustného polyfosfátu nebo zařízení, kde voda pouze přímo obtéká nízko rozpustný polyfosfát, nebo kde jsou do upravované vody proporcionálně (v závislosti na množství protékající vody) dávkována chemická činidla, která brzdí plošnou a bodovou korozi a případně i tvorbu inkrustů. Na některých úpravnách se ke ztvrzování přistupuje, ale spíše z důvodů, že voda z upravovaného zdroje neobsahuje doporučené množství vápníku a hořčíku Ca^{2+} + Mg^{2+} dle vyhlášky 252/2004 Sb., tj. 0,9 mmol/l než z důvodů snížení agresivity vody.

V průběhu řešení projektu byla provedena řada analýz vody z korozně poškozených potrubí – kvalita vody odpovídala požadavkům na pitnou vodu ve všech sledovaných parametrech. Koncentrace hydrogenuhličitanů není z hygienického hlediska sledována.

Pro teplou vodu je vhodná magnetická úprava, ale nikoliv v případě, že je použito potrubí z žárově zinkovaných trubek.

3.4.5 Inhibice vody

Jednou z možností jak snížit korozní napadení žárově zinkovaných trubek je **přídavek inhibitoru** koroze. Použití inhibitorů je omezeno hygienickými požadavky na kvalitu vody i technickými možnostmi. Vzhledem k požadavku hygienické nezávadnosti lze použít jen některé typy inhibitorů. Pro pitnou vodu se používají inhibitory:

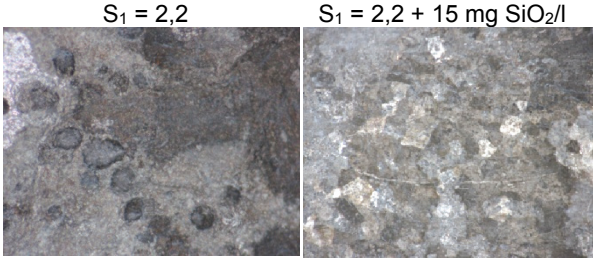
- PO_4^{3-}, PO_4^{2-} – pro ocelové a měděné potrubí,
- Na_2MnO_4 – mosazné potrubí a fitinky,
- křemičitan sodný v koncentracích 12 až 16 mg/l (ve formě SiO_2) snižuje korozi v rozvodech teplé vody.

Úprava vody korozními inhibitory na bázi fosforečnanů nebo křemičitanů je běžná metoda na omezení problémů s "rezavou" vodou v distribuční síti. Pro rozvody teplé vody se voda někdy upravuje přídavkem fosforečnanu sodnovápenatého. Optimální složení korozního inhibitoru a jeho maximální koncentrace jsou 6,7 mg/l PO_4 (směs 75% orthofosforečnanu a 25 % poly-fosforečnanu) a 15 mg/l SiO_2 [0].

Dávkování fosforečnanů sodných připouští vyhláška č. 37/2001 Sb. o hygienických požadavcích na látky přicházející do styku s vodou a na úpravu vody, ale pouze na výslovné povolení územně příslušného hygienického orgánu, a to pouze na omezenou dobu, než se zjedná náprava (výměna rozvodů, cementace apod.).

Křemičitany snižují korozi tvorbou tenkého křemičitanového filmu na povrchu kovových trubek. Tento film je obvykle neviditelný a jeho tloušťka se nezvyšuje [0]. Dobré zkušenosti byly získány s křemičitanem sodným Na_2SiO_3 v koncentracích 12 až 16 mg/l (ve formě SiO_2), který v rozvodech TV snižuje jak rychlost rovnoměrné koroze o cca 50%, tak i důlkové koroze. K trvalému zabezpečení protikorozní ochrany je nutné, aby minimální množství inhibitoru bylo 4 ppm. Křemičitanové inhibitory byly ověřeny i pro žárově zinkované trubky.

Byla provedena orientační dynamická zkouška inhibitoru SiO_2 (16 mg/l) na korozní rychlost žárového zinkového povlaku. Přídavek inhibitoru vedl ke vzniku objemných bílých úsad, pravděpodobně obsahujících významný podíl křemičitanů, ale omezil důlkové korozní napadení zinkového povlaku – Obrázek 30.



Obrázek 30 – Povrch zinkového povlaku po 4 týdnech zkoušky

Dle publikovaných údajů i provedených zkoušek bude mít vliv až na korozi podkladové oceli, tj. v případě, že zinkový povlak bude odkorodován. Vzhledem k tomu, že dosavadní hodnocení korozní odolnosti žárových zinkových povlaků v reálných rozvodech TV ukázala, že jsou zinkové povlaky poškozeny, resp. odkorodovány již po 1 roce provozu (korozní rychlost zinku až 75 µm/r) a dále pak pokračuje lokální koroze podkladové oceli, lze použití tohoto typu inhibitoru pro žárově zinkované trubky doporučit, a to i po určité době provozu, kdy by omezila korozní rychlost podkladové oceli.

3.4.6 Pasivace zinkového povlaku

K vytvoření ochranného povlaku $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$ je potřebná určitá doba působení vody. Předpokládá se, že zinkový povlak se pasivuje po cca 45 až 60 dnech ve studené vodě s pH 7 až 8. Mimo úpravu pH je vhodné udržovat tvrdost vody na střední hodnotě 100 až 300 ppm $CaCO_3$ a alkalinitu na hodnotách 100 až 300 ppm $CaCO_3$.

V laboratorních podmínkách byl sledován možný průběh pasivace zinkového povlaku se dvěma typy vody (S_1 = 0,7 a S_1 = 2,2). Nebyl zjištěn žádný výrazný rozdíl mezi typem vody (chemickým složením) a již po 1 týdnu se objevily korozní body podkladové oceli, svědčící o pórovitosti – výskytu trhlin nebo jiných defektů v zinkovém povlaku. Charakteristické jsou drobné černé body – puchýře.

Nebylo prokázáno, že by se na zvýšení odolnosti zinkového povlaku projevilo období „pasivace" před uvedením rozvodu do provozu, např. po provedení tlakové zkoušky – viz Kapitola 2 této příručky.

4. Kontrola korozního stavu potrubí

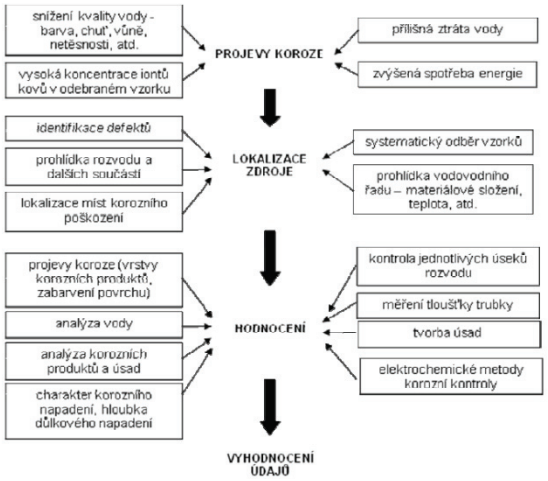
Údržba distribučního systému vody je základem pro udržení kvality vody. Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících kvalitu vody je korozní chování instalovaných trubek, spojovacího a dalšího materiálu v důsledku reakcí s korozními vlastnostmi dopravované vody. Časté jsou stížnosti odběratelů na problémy se zabarvením vody červenými korozními produkty oceli. V případě rozvodů z žárově zinkovaných trubek je to prvním signálem, že dochází ke korozi podkladového materiálu.

Rozvody teplé vody jsou velmi složitý systém, ve kterém se řada parametrů mění dynamicky, a odvození určitých souvislostí mezi jednotlivými sledovanými parametry a korozním napadením žárového zinkového povlaku vyžaduje řadu hodnocení. Analýzu rizika korozního poškození distribučního systému je nutné provádět hodnocením stavu a změn v celém korozním systému na základě technických norem zahrnujících hygienické i materiálové parametry pro posouzení pravděpodobnosti vzniku koroze (norma ČSN EN 12502). V tomto posouzení je nutné zahrnout následující údaje:

- struktura distribuční sítě včetně podmínek proudění a tlakových zón,
- materiál trubek a dalších prvků distribuční sítě,
- doba provozu distribuční sítě,
- způsob úpravy vody,
- složení distribuované vody, atd.

Součástí zajištění a udržení požadované jakosti pitné vody při úpravě a distribuci je monitorování koroze v distribučním systému. Jeho smyslem je predikce korozního chování materiálů na základě informací o podmínkách provozu systému a využití těchto informací při řízení provozu pomocí různých proměnných jako např. pH, teplota, konduktivita, $KNK_{4,5}$ a dalších. Výsledky slouží k odvození optimálních podmínek chemické úpravy vody a vedou k prodloužení životnosti používaných zařízení, zlepšení jakosti upravené vody, predikci způsobu a intervalů údržby a ke snížení provozních nákladů.

Některé způsoby monitoringu poskytují výsledky okamžitě využitelné v praxi, jiné informují o korozních rychlostech příp. o celkové korozi – Obrázek 31. Většina způsobů monitoringu se hodí nejlépe pro posuzování plošné koroze (viz Kapitola 3.3), případně je možné lokalizovat důlkovou korozi. Žádný způsob monitoringu neposkytuje všechna potřebná data k vlastnímu hodnocení účinnosti procesu úpravy vody z hlediska koroze. Vhodné je použití několika způsobů.



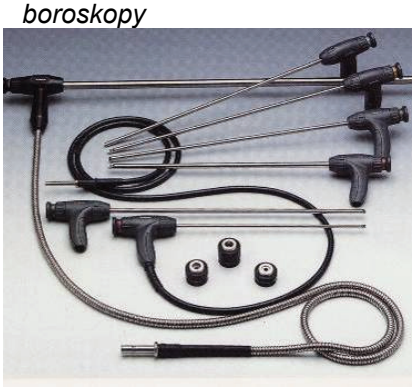
Obrázek 31 – Postup při hodnocení koroze v rozvodu TV

4.1 Vizuální kontrola

V případě, že se korozní poškození žárově zinkované trubky neprojevuje průsaky (celková perforace včetně ocelové podkladu), lze stav vnitřního povrchu trubky vizuálně posoudit s pomocí různých přístrojů (Obrázek 32). Nevýhodou je většinou je nelze kontrolu provádět v zaplněném potrubí, omezení použití může způsobit i nedostatečný počet přístupů do rozvodu, popř. malé průměry trubek.

Příklad projevů koroze v žárově zinkovaných trubkách hodnoceném boroskopem je na Obrázku 33. Výskyt tuberkul korozních produktů podkladové oceli je projevem důlkové koroze trubky – v tomto místě je pod vrstvou korozních produktů korozní důlek v základním materiálu.

- *boroskopy*



- *fibroskopy*

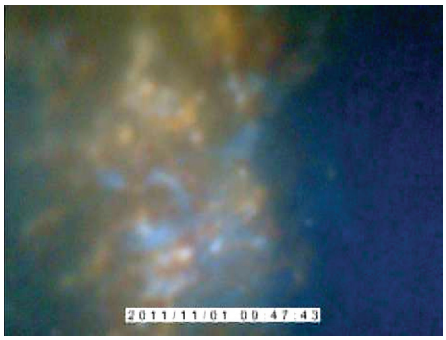


- *videoskopy*

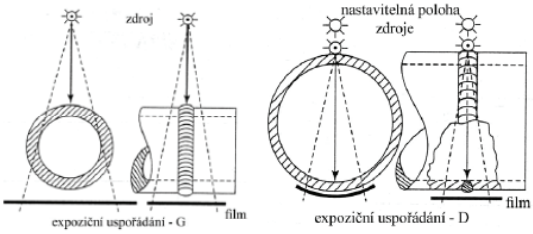


Obrázek 32 – Přístroje používané pro pozorování vnitřních nepřístupných povrchů





Obrázek 33 – Příklad koroze vnitřního povrchu trubky hodnoceném boroskopem

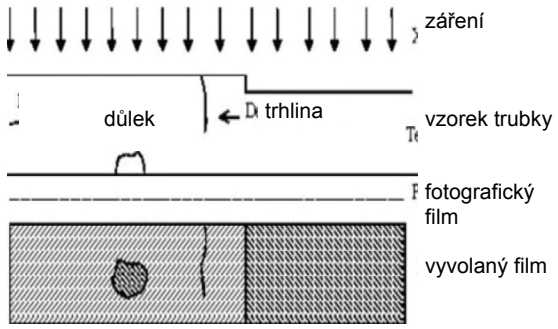


Obrázek 34 – Uspořádání měření potrubí

4.2 Radiografické prozařovací metody

Tato metoda patří mezi základní nedestruktivní (tzv. objemové) metody. Princip metody je využití lokální změny intenzity pronikavého záření prošlého zkoušeným předmětem. Změna záření se registruje pomocí radiografického filmu, kde je v negativu zobrazen vnitřní objem zkoušeného předmětu.

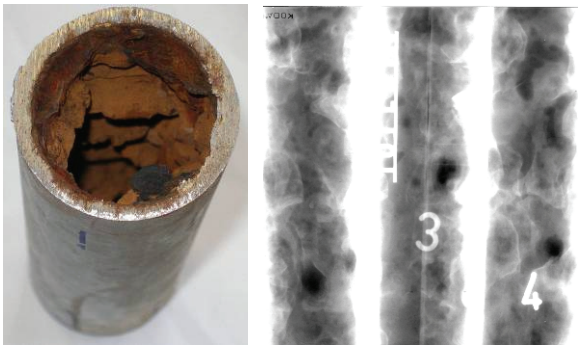
Je-li tloušťka materiálu zeslabena ve směru záření vadou o určité velikosti a vhodné orientaci (korozní úbytek), dopadne v průmětu vady na fotografický film záření o větší intenzitě než v ostatních částech – po vyvolání filmu je obraz vady tmavší než okolní film (Obrázek 35). Rentgenové záření se užívá u oceli do tloušťky asi 75 mm.



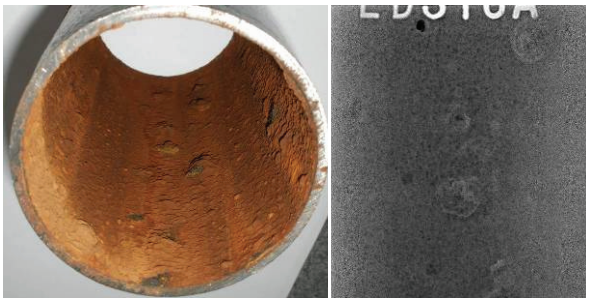
Obrázek 35 – Princip metody

Jako příklad jsou uvedeny trubky z uhlíkové oceli:

- trubka A, kterou proudila teplá voda. Na vnitřním povrchu je tlustá vrstva nánosů a korozních produktů (Obrázek 36). Tmavé skvrny na rentgenogramu jsou korozní důlky. Tuberkule (výrůstky na vrstvě korozních produktů) se jeví jako světlé objekty.



Obrázek 36 – Příklady radiografického měření trubky



Obrázek 37 – Příklady radiografického měření trubky

- trubka B (Obrázek 37) – voda proudící potrubím má vysoký obsah kyslíku a naopak nízkou koncentraci HCO_3^-, Ca^{2+} apod. Teplota se pohybuje v rozmezí 5 – 12°C. V místech důlkového napadení se tvoří korozní produkty, tzv. tuberkule (výrůstky). Na rentgenogramu trubky jsou patrné korozní důlky (tmavé skvrny) a tuberkule (jeví se světlé).

4.3 Ultrazvukové metody

Ultrazvukovou metodu (impulsní odrazová metoda) je možné používat ke kontrole trubek z vnějšího povrchu – ke zjišťování úbytků tloušťky stěny způsobených korozí resp. erozí.

Ultrazvuk jsou mechanické kmity částic prostředí kolem rovnovážné klidové polohy o frekvencích vyšších než 20 kHz (neslyšitelné frekvence). Šíření ultrazvukových vln je ovlivněno každým rozhraním, na kterém pak nastává odraz vln resp. při šikmém dopadu i lomu vlny. Rychlost šíření ultrazvukových vln v homogenním prostředí je konstantní a závisí na modulu pružnosti a hustotě prostředí. Hodnota rychlosti šíření ultrazvukové vlny je uváděna v odborné literatuře pro řadu známých materiálů. V případě tloušťek zinkového povlaku 55 μm se jedná o zanedbatelnou vrstvu ve srovnání s tloušťkami stěn trubek (obvykle 3,0 – 3,5 mm), a proto se měření provádí při rychlosti šíření ultrazvukových vln pro uhlíkovou ocel (Tabulka 9).

Tabulka 9 – Rychlost šíření ultrazvukových podélných vln v materiálu trubek

materiál	rychlost šíření UZ vln (m/s)
ocel	5900
zinek	4200

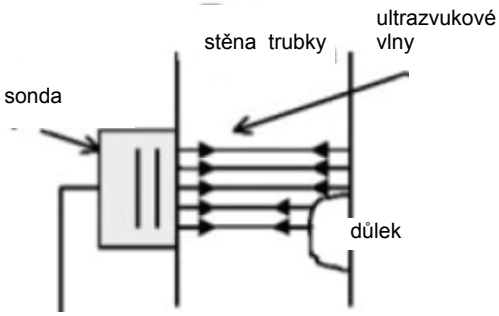
Měření na zakřiveném povrchu: při měření na zakřiveném (konvexním) povrchu, např. u trubek malých průměrů, musí být sonda na povrchu měřeného objektu přiložena tak, aby akustická dělící rovina sondy byla orientována, pokud možno, kolmo k podélné ose zkoušeného výrobku (Obrázek 38).



Obrázek 38 – Přiložení dvojité sondy při měření na zakřiveném povrchu

Při měření tloušťky se často diskutuje otázka bodové koroze. Její zjištění je závislé na kvalitě a vlastnostech sond. Silně korodovaný vnitřní povrch dílu nabízí jen velmi malou odraznou plochu, jejíž vzdálenost od povrchu má být změřena.

Použití ultrazvukového tloušťkoměru bylo ověřováno pro určení ploch trubek, kde došlo k významnému zeslabení tloušťky stěny bez demontáže rozvodu. K měření byl použit přenosný ultrazvukový tloušťkoměr. Měření bylo realizováno v režimu jediného echa SE Mode, které umožňuje zjištění důlků a trhlin. Přesnost měření je negativně ovlivněna zakřivením povrchu trubek, ale poskytuje první informaci o pravděpodobnosti výskytu důlkového korozního napadení trubek v rozvodech bez demontáže rozvodu.



Obrázek 39 – Princip metody

5. Optimalizace provozních podmínek rozvodu TV provedeného z žárově zinkovaných trubek

Volba vhodného způsobu ochrany je především otázkou ekonomickou (pokud voda odpovídá ČSN 75 7111 *Pitná voda* (norma byla zrušena bez náhrady) i normě TNV 75 7121 *Požadavky na jakost vody dopravované potrubím*). Způsob úpravy je z hlediska omezení agresivity hospodárný, když náklady na úpravu nejsou vyšší, než úspora získaná prodloužením životnosti potrubí a snížením nákladů na elektrickou energii nutnou pro dopravu vody ke spotřebiteli.

5.1 Posouzení pravděpodobnosti vzniku koroze žárově zinkovaných trubek

Pravděpodobnost vzniku koroze žárově zinkovaných trubek v daném rozvodu TV lze odvodit na základě výsledků šetření korozně poškozených rozvodů (historické údaje) a ověřených modelů korozního chování trubek v laboratorních (statické i dynamické zkoušky) i provozních různých podmínkách (teplota, chemické složení vody, přítomnost iontů mědi, vliv desinfekčních prostředků, struktura zinkového povlaku apod.).

Pravděpodobnost vzniku koroze žárově zinkovaných trubek v daném rozvodu TV lze matematicky vyjádřit jako součet pravděpodobnosti vzniku koroze na základě jednotlivých parametrů daného rozvodu:

$$P_k = P_T + P_F + P_V + P_P + P_D$$

kde P_T je pravděpodobnost vzniku koroze podmíněná teplotou vody,
P_F je pravděpodobnost vzniku koroze podmíněná podmínkami proudění,
P_V je pravděpodobnost vzniku koroze podmíněná chemickým složením vody,
P_P je pravděpodobnost vzniku koroze podmíněná kvalitou zinkového povlaku,
P_D je pravděpodobnost vzniku koroze podmíněná dalšími parametry.

Pro posouzení vhodnosti použití žárově zinkovaných trubek pro rozvod vody byl vypracován jednoduchý nomogram, z kterého lze odvodit pravděpodobnost $P_F + P_V$ na základě hodnotících kritérií uvedených v Příloze 6.

Na základě publikovaných kritérií a provedených hodnocení trubek z různých rozvodů a zkoušek, byly pro posouzení vhodnosti použití žárově zinkovaných trubek doplněná kritéria uvedená v Příloze 6 a byl odvozen rozšířený nomogram zahrnující všechny výše uvedené pravděpodobnostní faktory a limitní hodnoty – viz Příloha 7:

- $P_k > 1$ ..... v tomto rozvodu TV lze použít žárově zinkované trubky;
- $P_k \sim -10$ ... životnost žárově zinkovaných trubek bude v tomto rozvodu TV snížena;
- $P_k < -20$ ..... v tomto rozvodu nelze použít žárově zinkované trubky – k jejich prokorodování dojde po cca 2 – 3 letech provozu.

Pro tento nomogram a jednotlivá kritéria (které je nutné počítat na základě chemického složení vody) byl vytvořen software, který je dostupný na www.svuom.cz a www.acsz.cz.

5.2 Úprava distribuované vody

V průběhu řešení projektu byla provedena řada analýz vody z korozně poškozených potrubí – kvalita vody odpovídala požadavkům na pitnou vodu ve všech sledovaných parametrech. Koncentrace hydrogenuhličitanů není z hygienického hlediska sledována. V Příloze 8 jsou uvedeny průměrné hodnoty složení těchto vod. Uvedené hodnoty koncentrace vápníku i indexu S_1 ukazují, že vznik důlkové koroze zinkového povlaku je vysoce pravděpodobný v krátké době, což je také zjištěno z praxe.

Na základě těchto hodnot byla vypočtena optimální koncentrace hyrogenuhličitanu, která by snížila hodnotu S_1, a tedy agresivitu vody vyvolávající důlkové korozní napadení zinkového povlaku. **Optimální hodnota koncentrace HCO_3^- je cca 280 mg/l**, tj. cca 5krát vyšší koncentrace než je v současných pitných vodách.

Protože na hodnotu S_1 má výrazný vliv koncentrace síranů, je další možností úpravy vody kombinace obou faktorů – snížení koncentrace SO_4^{2-} a zvýšení koncentrace HCO_3^-. Nejvýraznější vliv by se projevil při snížení koncentrace síranů na ½ stávajících hodnot, další snižování je technicky obtížné a neekonomické. Dalším z iontů, jejichž snížení koncentrace by se spolu s ostatními faktory příznivě projevilo z hlediska důlkové koroze zinkového povlaku, jsou dusičnany.

Závěr

Výzkum a metodiky k zajištění kvality jsou zaměřeny na kvalitu pitné vody a především na dálkové rozvody, kde jsou nejčastěji používaným konstrukčním materiálem uhlíková ocel nebo litina.

Vodovodní systémy, které byly realizované před desítkami let, sestávaly téměř výlučně z ocelových pozinkovaných trubek. První potrubí z ocelových pozinkovaných trubek rozváděla jen studenou vodu. Koroze se projevovala převážně pouze na vnějším povrchu (Obrázek 40). Před rozhodnutím, zda potrubní systém z ocelových pozinkovaných trubek nahradit stejným systémem (důvodem nejčastěji bývá nízká cena trubek), je třeba vyhodnotit příčiny vzniku koroze.



Obrázek 40 – Koroze zinkované trubky na vnějším povrchu

Žárově zinkované trubky jsou použity především v ležatých rozvodech v prostorách společných garáží, apod., které jsou většinou považovány za chráněné únikové cesty v případě vzniku požáru. Další rozvody (stoupací potrubí) jsou již obvykle provedeny plastovým potrubím. Použití žárově zinkovaných trubek pro tyto části vnitřních rozvodů vychází jednak z požadavků na podmínky bezpečného užívání stavby, a dále z porovnání investičních nákladů. Realizace distribučních soustav teplé vody z ocelových pozinkovaných potrubí je v konečném důsledku investičně i provozně náročnější než při použití kvalitnějších materiálů.

Poznámka: Délka ležatého rozvodu TV provedeného v kovovém potrubí může v bytovém domě dosahovat až 1 800 m.

Jestliže průzkumy korozně poškozených rozvodů TV ukazují, že maximální životnost žárově zinkovaných trubek je cca 5 – 6 let, lze odhadnout, že při použití jiných kovových materiálů s vyšší životností (korozivzdorná ocel, měď) budou náklady srovnatelné po předpokládanou (plánovanou) dobu životnosti rozvodu cca 30 let.

Podmínky bezpečného užívání stavby z hlediska požární ochrany stanoví vyhláška č. 23/2008 Sb. Z hlediska požárních norem jsou potrubní rozvody kategorizovány na potrubí z nehořlavého nebo hořlavého (popř. nesnadno hořlavého) materiálu (ČSN EN 13501-1). Na chráněných únikových cestách nelze umístit např. hořlavé předměty z plastu, množství hořlavého materiálu nesmí překročit stanovenou mez. Hořlavý předmět nesmí být umístěn na strop nebo podhled nebo do prostoru pod stropem nebo podhledem.

Pro vnitřní vodovody TV se uplatňují potrubí z polyvinylchloridu (PVC), polypropylenu (PP-R, resp. PP typ 3) a polybutenu (PB). PVC materiál trubek i tvarovek je podle ČSN 73 0862 zařazen do třídy hořlavosti B, tj. klasifikován jako nesnadno hořlavý. PVC hoří jen tehdy, je-li přítomen trvalý zdroj plamene, jinak je samozhášivý, tj. tyto trubky by bylo možné použít pro ležaté rozvody TV v prostorách chráněné únikové cesty. Podle vyhlášky č. 23/2008 Sb. je množství nesnadno hořlavých materiálů v prostoru omezené. Je nutné tuto možnost projednat v projektové fázi výstavby pro konkrétní podmínky budovaného objektu. Plastové potrubí obecně má vysokou tepelnou roztažnost, proto je potřeba tepelnou roztažnost potrubí vhodně kompenzovat (izolace, kompenzátory, kompenzační smyčky atd.). U kovových potrubí z mědi nebo korozivzdorné oceli je podobně jako u žárově zinkovaných potrubí tepelná roztažnost minimální.



Obrázek 41 – Příklad tvorby úsad v plastovém potrubí po 2 – 2,5 letech (velmi tvrdá voda)

Korozní úbytek tloušťky zinkového povlaku a následně ocelového základního materiálu podmiňuje životnost potrubí. Charakter korozního mechanismu (rovnoměrná nebo

důlková koroze) má zásadní význam. V případě rovnoměrné koroze jsou k dispozici údaje, umožňují predikci životnosti, ale pro důlkové korozní napadení nejsou dosud podobné údaje k dispozici.

Stav rozvodného systému by měl být hodnocen z hlediska výskytu důlkového korozního poškození žárově zinkovaných trubek před uplynutím záruční doby, tj. po 2 letech provozu. V případě, že k tomuto koroznímu napadení dochází, lze nedestruktivními metodami (ultrazvukovou, vizuální – boroskopy), zjistit jeho projevy. Také zvýšený obsah železa v teplé vodě je indikátorem vzniku koroze základního materiálu trubek.

Literatura

[1] Z. Žabička, Vodovod a kanalizace, Vydavatelství ERA, 2004, ISBN: 80-86517-67-5

[2] J. Valášek, a kol.: Zdravotnětechnická zařízení a instalace, Jaga group, Bratislava, 2001

[3] R. Starý, Úprava otopné a teplé vody, Zpravodaj Pražské Teplárenské a.s., č. 1, ročník 19, 3/2011

[4] Příručka instalace a údržby pro výměníky, SWEP International AB, www.swep.net

[5] Příručka k projektování systémů z měděných trubek v technických zařízeních budov, Hungarien Copper Promotion Centre, www.medportal.cz

[6] L.R. Hilbert, H.J. Albrechtsen, A. Andersen, Effect of material and water quality on disifection and risks of corrosion, sborník přednášek konference EUROCORR 2010, 13. – 16. 9. 2010, Moskva

[7] J.Bystrianský, L. Joska, P. Novák, Příčiny snížené životnosti konstrukčních materiálů teplárenských komponent, Koroze a ochrana materiálu, 48(2), 2004, pp. 28-37

[8] G. Quorin, G. Richeux, E. Delaunois, Corrosion and biocorrosion of galvanized steel tubes used in water distribution systems, proceedings of 2nd International conference Corrosion and Material Protection, ISBN 978-80-903933-6-3, 19-22 April 2010, Prague

[9] H. M. Herro, Deposit-Related Corrosion in Industrial Cooling Water Systems, Corrosion ’89, New Orleans, Louisiana, April 17–21, 1989

[10] V. Galád, TZB – efektivnost přípravy a rozvodu teplé vody v budovách z pohledu projektanta a praxe – měřené výsledky, seminář psm cz, 27.10.2011, Praha

[11] J. Castillo Montes, O. Correc, J. Creus, S. Touzain, F. Derrien, N. Berthelot, Y. Gourbeyre, Impact of Disifection Treatments on Pipe Materials Durability in Hot Water Distribution Systems, sborník konference EUROCORR 2010, Moskva

[12] M. Bajt Leban, T. Kosec, A. Legat, Compatibility of Legionella prevention methods with galvanized steel pipes in drinking water system, proceeding of EUROCORR 2011, Stockholm, Sweden

[13] L.R. Hilbert, H.J. Albrechtsen, A. Andersen, Effect of material and water quality on disinfection and risks of corrosion, proceeding of EUROCORR 2011, Stockholm, Sweden

[14] A. Becker, U. Ruhrberg, T. Jentzsch, Optimisation of a drinking water corrosion inhibitor with special regard to electrochemical investigation in field studies, proceeding of EUROCORR 2011, Stockholm, Sweden

[15] A. Becker, C. Sorge, Analysis of critical corrosion points to develop a well adapted maintenance strategy for water distribution networks, proceeding of EUROCORR 2011, Stockholm, Sweden

[16] Korozivzdorná ocel s pečetí kvality v instalaci pitné vody, Focus Nerez, 02/2010 (107), str. 14-16

[17] J.Sláma, Výroba, Zkoušení a příklady použití podélně svařovaných a za tepla redukovaných trubek, příručka ArcelorMittal Tubular Products Karviná

Předpisy a technické normy

Vyhláška č. 252/2004 Sbírky zákonů – Požadavky na kvalitu pitné a teplé vody pro zásobování obyvatelstva a zaměstnanců

Vyhláška č. 187/2005 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

Metodické doporučení Státního zdravotního ústavu – Odborné skupiny hygieny vody ke kontrole jakosti teplé vody (zvláště s ohledem na riziko přítomnosti legionel) podle § 3 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb.

Změny, revize a zavádění technických norem probíhají v pravidelných intervalech a je nutné sledovat aktuální stav českých technických norem.

ČSN 06 0320 *Ohřívání užitkové vody – Navrhování a projektování*

ČSN 73 0873 *Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou*

ČSN 73 6660 *Vnitřní vodovody* – zrušená norma

ČSN 75 5401 *Navrhování vodovodního potrubí*

ČSN 75 5455 *Výpočet vnitřních vodovodů*

ČSN 75 7111 *Jakost vod. Pitná voda* – zrušená norma

ČSN 83 0616 *Jakost teplé vody* – zrušená norma

ČSN EN 806-1 *Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě. Část 1: Všeobecně*

ČSN EN 806-2 *Vnitřní vodovod pro rozvody vody určené k lidské spotřebě – Část 2: Navrhování*

ČSN EN 806-3 *Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě. Část 3: Dimenzování potrubí – Zjednodušená metoda*

ČSN EN 806-4 *Vnitřní vodovod pro rozvody vody určené k lidské spotřebě – Část 4: Montáž*

prEN 806-5 *Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě. Část 5: Provoz a údržba*

ČSN EN 10242 *Fitinky z temperované litiny s trubkovými závity*

ČSN EN 1717 *Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem*

ČSN EN 10240 *Vnitřní a/nebo vnější ochranné povlaky na ocelových trubkách – Požadavky na povlaky nanášené žárovým zinkováním ponorem v automatizovaných provozech*

ČSN EN 12502-3 *Ochrana kovových materiálů proti korozi - Návod na stanovení pravděpodobnosti koroze v soustavách pro distribuci a skladování vody - Část 3: Faktory ovlivňující žárově zinkované železné materiály*

ČSN EN 13501-1 *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň*

ČSN EN 15664 *Vliv kovových materiálů na vodu určenou k lidské spotřebě – Zkušební průtočná metoda pro posuzování uvolňování kovů*

ČSN EN 15316-3-1 *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení energetických potřeb a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)* - zrušena 2010

TNV 75 7121 *Jakost vod. Požadavky na jakost vody dopravované potrubím*

Technická zpráva TC 164 WI 164353 *Doporučení pro prevenci před nárůstem Legionelly ve vnitřních vodovodech pro rozvod vody určené k lidské spotřebě*

ASTM A53 *Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless*

DIN 50929 Part 3 *Corrosion of metals; probability of corrosion of metallic materials when subject to corrosion from the outside; buried and underwater pipelines and structural components*

DIN 50928 *Corrosion of metals; testing and assessment of the corrosion protection of coated metallic materials in contact with aqueous corrosive agents*

VDI 2067 *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen*

Technická pravidla H - 132 98 *Ohřívání užitkové vody. Zásady pro navrhování* (vydaná Cechem topenářů a instalatérů)

Oborová příručka *Úprava a rozvod užitkové vody* (vydaná Hospodářskou komorou ČR)

Technická příručka SABS 0374-1 *The suitability of hot dip galvanized steel piping for the transportation of potable water*

PŘÍLOHA 1 - ZNAČENÍ VODOVODNÍCH TRUBEK

Vodovodní trubky podle EN 10255, pozinkované podle EN 10240-A.1 musí být vždy označeny těmito údaji:

- výrobce trubky (např. název, logo, značka)
- označení hmotnostní řady "**M**"(medium – střední)
  "**H**" (heavy – těžká)

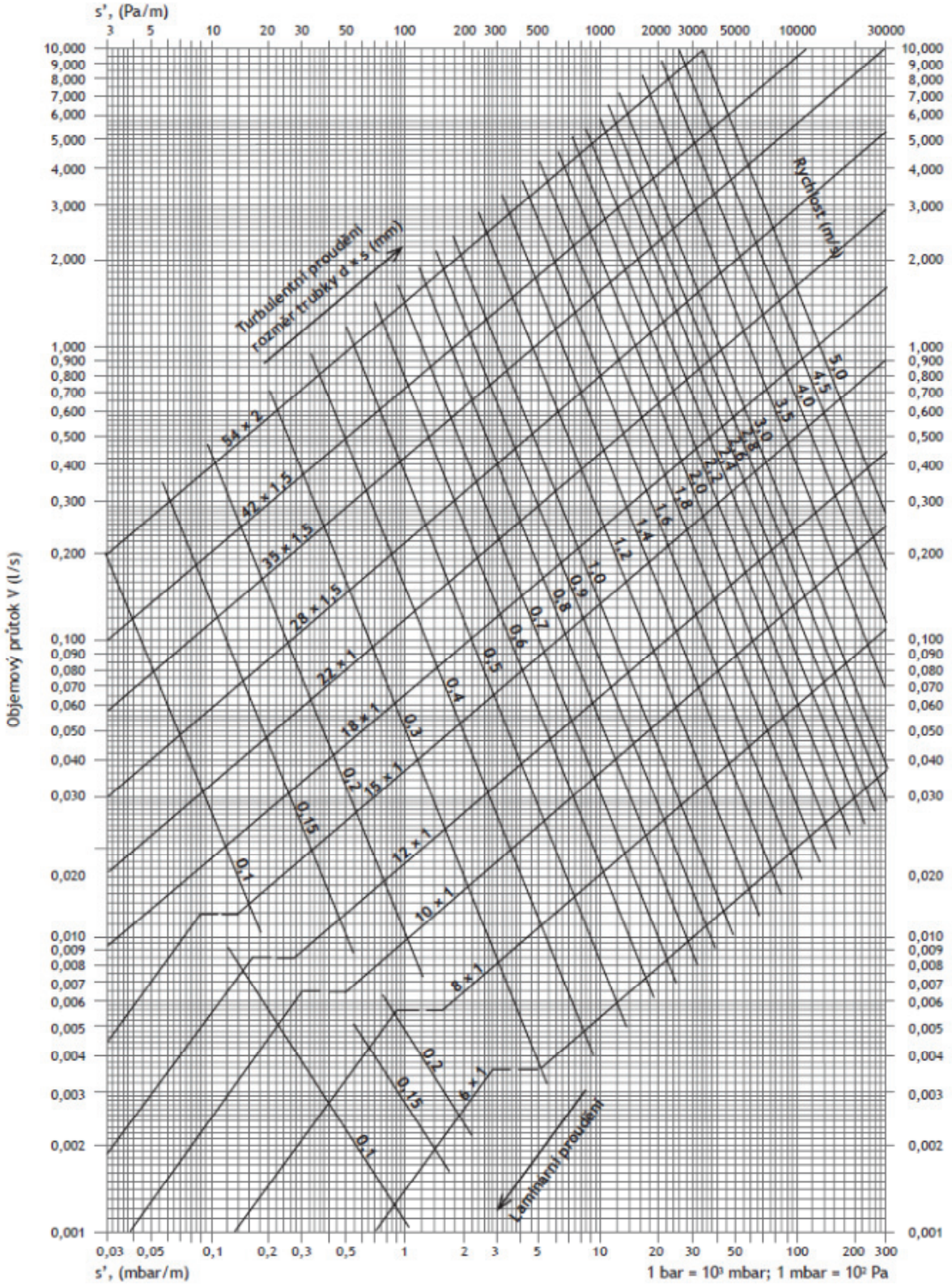
  *Pozor označení **L**, **L1** nebo **L2** se týká Lehkých řad trubek podle EN 10255, podle normy **EN 806-2** však použití Lehkých řad pro vodovody není přípustné*
- označená typu trubky "**W"** (welded – svařovaná)
  "**S**" (seamless – bezešvá)
- výrobce zinkového povlaku (pokud je jiný než výrobce trubky)
- jakost zinkového povlaku **EN 10240-A.1** (jiná podle normy **EN 806-2** není přípustná)
- navíc se na trubce může objevit označení značkou shody CE (harmonizace s CPD Direktivou pro výrobky pro stavebnictví), umístění na trubce však není podmínkou: značka shody může být uvedena v obchodních dokumentech, v dokumentech kontroly nebo na závěsném štítku.

U trubek EN 10255 postačuje uvádět celé značení na 1 konci trubky, pokud se ale trubky budou řezat na kratší kusy, je vhodné dohodnout značení na obou koncích trubky nebo v intervalu 1 metr.





PŘÍLOHA 2 - DIAGRAM PRO NÁVRH SVĚTLOSTI TRUBKY PRO TEPLOU VODU 60 °C



PŘÍLOHA 3 – INDEXOVÉ TABULKY PRO VÝPOČET LANGELIEROVA INDEXU I_s

Alkalita		Tvrdost		Teplota	
mg $CaCO_3$/l	TA	mg $CaCO_3$/l	TD	°C	TC
5	0,7	5	0,5	0	0,0
25	1,4	25	1,0	3	0,1
50	1,7	50	1,3	8	0,2
75	1,9	75	1,5	12	0,3
100	2,0	100	1,6	15	0,4
150	2,2	150	1,8	19	0,5
200	2,3	200	1,9	24	0,6
250	2,4	300	2,0	29	0,7
300	2,5	400	2,1	34	0,8
400	2,6	800	2,2	40	0,9

Příklad výpočtu I_s:

parametr vody	hodnota	index
pH	7,4	7,4
celková alkalita	150 mg $CaCO_3$/l	2,2
celková tvrdost	200 mg $CaCO_3$/l	1,9
celkový obsah rozpustných látek	1000 mg/l	-12,1
teplota	29	0,7

$$I_S = pH + TA + TD + TDS + TC = 7,4 + 2,2 + 1,9 – 12,1 + 0,7 = 0,1$$

PŘÍLOHA 4 – PODKLADY PRO VÝPOČET LANGELIEROVA INDEXU

celkový obsah rozpuštěných látek		teplota		vápníková tvrdost		alkalita (pH 4,5)	
mg/l	A	°C	B	mg/l	C		
50–100	0,1	0–1	2,6	10–11	0,6	10–11	1,0
400–4000	0,2	2–6	2,5	12–13	0,7	12–13	1,1
> 4000	0,3	7–9	2,4	14–17	0,8	14–17	1,2
		10–13	2,3	18–22	0,9	18–22	1,3
		14–17	2,2	23–27	1,0	23–27	1,4
		18–21	2,1	28–34	1,1	28–35	1,5
		22–27	2,0	35–43	1,2	36–44	1,6
		28–31	1,9	44–55	1,3	45–55	1,7
		32–37	1,8	56–69	1,4	56–69	1,8
		38–43	1,7	70–87	1,5	70–88	1,9
		44–49	1,6	88–110	1,6	89–110	2,0
		50–56	1,5	111–138	1,7	111–139	2,1
		57–85	1,4	139–174	1,8	140–176	2,2
				175–229	1,9	177–220	2,3
				230–279	2,0	221–279	2,4
				280–349	2,1	280–359	2,5
				350–439	2,2	360–449	2,6
				440–559	2,3	450–559	2,7
				560–699	2,4	560–699	2,8
				700–879	2,5	700–899	2,9
				880–1049	2,6	890–1109	3,0
				1050–1409	2,7	1110–1399	3,1
				1410–1759	2,8	1400–1769	3,2
				1760–2220	2,9	1770–2239	3,3
						2240–2819	3,4
						2820–3159	3,5
						3160–3549	3,6
						3550–4459	3,7
						4460–5600	3,8

Výpočet I_S:

1. Určení hodnot koeficienty A, B, C a D z tabulky
2. pHs = (9,3 + A + B) – (C+ D)
3. S = pH - pHs

Příklad výpočtu I_S:

Parametry vody zjištěné analytickým rozborem

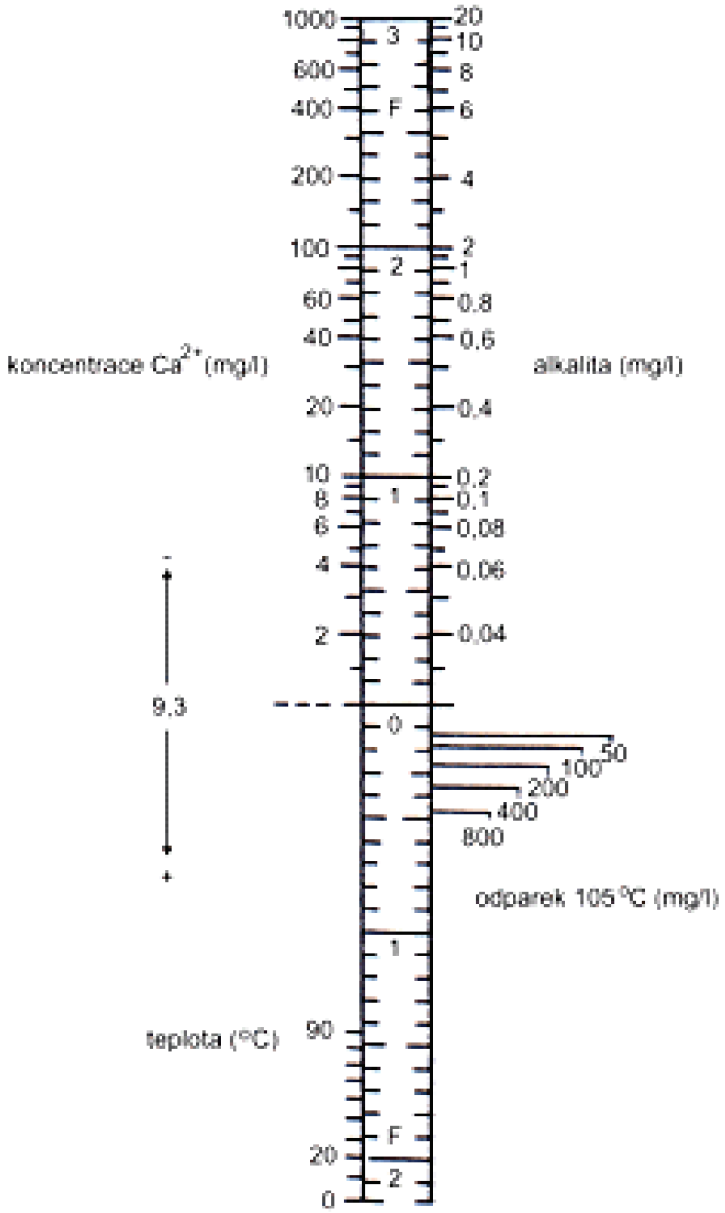
- celkový obsah rozpuštěných látek TDS 400 mg/l = 0,2 (sloupec A)
- teplota vody 25°C = 2,0 (sloupec B)
- vápníková tvrdost 240 mg/l = 2,0 (sloupec C)
- alkalita 196 mg/l = 2,3 (sloupec D)
- pH vody 7,2

Dosazení koeficientů do rovnice

$$pHs = (9,3 + A + B) – (C + D) = (9,3 + 0,2 + 2,0) – (2,0 + 2,3) = 7,2$$

$$I_S = pH – pHs = 7,2 – 7,2 = 0$$

PŘÍLOHA 5 – NOMOGRAM PRO STANOVENÍ pH_s



PŘÍLOHA 6 - DODATEČNÉ PARAMETRY PRO HODNOCENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI KOROZE ZINKOVÉHO POVLAKU TRUBEK ROZVODU TV

hodnota	parametr		jednotka	rating
A	typ vody	proudící	-	-2
		stagnující		+1
		anaerobní		-5
B	$0,03[Cl^-] + 0,04[SO_4^{2-}]$	< 5	mg/l	0
		5 – 20		-1
		> 25		-2
		> 100		-3
		> 300		-4
C	celková alkalita	< 50	mg/l ($CaCO_3$)	-1
		51 – 200		1
		201 – 300		0
		> 301		1
D	tvrdost vápená	< 50	mg/l ($CaCO_3$)	0
		50 – 200		2
		200 – 800		3
		> 801		4
E	pH	< 5,5	-	-6
		5,5 – 6,5		-4
		6,5 – 7,0		-1
		> 7,1		1
F	Langelierův saturační index I_s (viz Příloha 5)	< -2	-	-2
		-2 – 0		-1
		0		0
		0 – 6		1
		> 6		0

Pravděpodobnost vzniku koroze žárově zinkovaných trubek lze odvodit ze vztahu jednotlivých hodnocených parametrů, resp. ratingu přiděleného vlivu těchto parametrů:

$$P_{sum} = P_P + P_V = A + B + C + D + E + F$$

Jestliže je hodnota

$P_{sum} > 1$ je pravděpodobnost životnosti zinkového povlaku vysoká (25 let),

P_{sum} v intervalu 1 až -1 je pravděpodobnost životnosti zinkového povlaku nízká,

P_{sum} v intervalu -3 až -5 nelze předpokládat dostatečnou životnost zinkového povlaku.

PŘÍLOHA 7 – ROZŠÍŘENÁ KRITÉRIA PRO PREDIKCI ŽIVOTNOSTI ŽÁROVÉHO ZINKOVÉHO POVLAKU V ROZVODU TV

Faktor (výskyt/zvýšená hodnota)		limitní hodnota	parametr	rating
vlastnosti vody	pH	6,6 - 12,5	< 5,5	-6
			5,5 – 6,5	-4
			6,5 – 7,0	-1
			> 7,1	1
	vodivost	500 µS.cm^{-1}	< 500 µS.cm^{-1}	0
			<1000 µS.cm^{-1}	-2
			<1500 µS.cm^{-1}	-4
	celková alkalita	50 mg/l ($CaCO_3$)	< 50 mg/l	-1
			51 – 200 mg/l	1
			201 – 300 mg/l	0
			> 301 mg/l	1
	koncentrace Ca^{2+} (tvrdost vápená)	160 mg/l	< 60 mg/l	3
			60 – 160 mg/l	1
			160 – 800 mg/l	-2
			> 801 mg/l	-4
	Langelierův saturační index I_s	0	< -2	-2
			-2 – 0	-1
			0	0
			0 – 6	1
			> 6	0
	koeficient S_1 [1)]	1,0	< 0,3	1
			0,3 – 1,5	0
			1,5 – 2,9	-4
			≥ 3	-6
	korozní index CI [2)]	1	< 1	0
			1,2 -1,5	-1
			> 1,5	-2
	desinfekce chloroxidem ClO_2	0,4 mg/l	< 0,4 mg/l	0
			0,4 – 0,8 mg/l	-1
			> 0,8 mg/l	-2
	volný chlór	0,05 mg/l	0,05 mg/l	0
			0,10 mg/l	-2
			0,25 mg/l	-4
	koncentrace Cu^{2+}	0,1 mg/l	0 mg/l	1
			< 0,1 mg/l	0
			> 0,1 mg/l	-2

Poznámky: [1)] Koeficient S_1 se vypočte podle normy ČSN EN 12502-3.

[2)] Korozní index CI se vypočte podle rovnice uvedené v Kapitole 3.3.

PŘÍLOHA 7 - pokračování

provozní parametry	rychlost proudění	min. 0,3 m.s-1	proudící	-2
			stagnující	+1
			anaerobní	-5
	teplota	55°C	50°C	0
			55°C	-1
			60°C	-3
		ohřev pro šokovou desinfekci	70°C	-6
	výskyt jiných kovů v rozvodu TV	není vhodný, vhodné fitinky apod. z temperované litiny s povlakem žárového zinku	měď	-6
			bronz	-4
			nikl	-1
			litina	0
			korozivzdorná ocel	0
	koncentrace Cu^{2+} na povrchu trubky	1,0 mg/m2	0 mg/m2	0
			< 1 mg/m2	-1
			1 – 2 mg/m2	-4
			> 2 mg/m2	-6
	výskyt úsad	1,0 g.m-2.d-1	< 1 g.m-2.d-1	0
			1 – 2 g.m-2.d-1	-1
			> 2 g.m-2.d-1	-2
	výskyt MIC	není vhodný	bez výskytu	0
			s výskytem	-4
materiál	tloušťka zinkového povlaku	55 µm	< 55 µm	-6
			> 55 µm	0
	tloušťka η fáze	18 µm	< 18 µm	-6
			> 18 µm	0
	výskyt trhlin v povlaku	nepřípustné	výskyt trhlin	-6
			bez trhlin	0
	anomálie na povrchu	nepřípustné	výskyt anomálií	-6
			bez anomálií	0

PŘÍLOHA 8 - PARAMETRY VODY – OPTIMÁLNÍ KONCENTRACE HCO_3^-

Ukazatel	Jednotka	Průměrné hodnoty parametrů	Optimální hodnoty parametrů		
			1	2	3
chloridy	mg/l	19,7	19,7	19,7	19,7
vápník	mg/l	30,5	30,5	30,5	30,5
sírany	mg/l	46,0	46,0	**23,0**	**11,5**
dusičnany	mg/l	29,3	29,3	29,3	**15,0**
hydrogenuhličitany	mg/l	58,6	**282,0**	**190,0**	**115,4**
S_1	-	**2,4**	**0,5**	**0,5**	**0,5**

To pravé pro odborníky



SILNICE ŽELEZNICE

KONSTRUKCE
ODBORNÝ ČASOPIS PRO STAVEBNICTVÍ A STROJÍRENSTVÍ

www.silnice-zeleznice.cz
www.konstrukce.cz

www.konstrukce-media.cz

KONSTRUKCE Media

SVÚOM s.r.o.
U Měšťanského pivovaru 934/4
170 00 Praha 7 – Holešovice
www. svuom.cz

L 1096

SVÚOM s.r.o. je společnost zabývající se řešením problematiky v oblastech koroze, protikorozní ochrany a povrchových úprav včetně výzkumné a vývojové činnosti v daném oboru. Ve své odborné činnosti navazuje na činnost Státního výzkumného ústavu ochrany materiálu.

Přehled základních poskytovaných služeb

- akreditovaná zkušební laboratoř č. 1096 (ČSN EN ISO/IEC 17 025) pro zkoušení korozní odolnosti materiálů v kapalných a plynných prostředích a zkoušení protikorozních a fyzikálně-mechanických vlastností povlaků a nátěrových hmot

- znalecké posudky včetně soudně znaleckých posudků v celé oblasti protikorozní ochrany a povrchových úprav např. znalecké posudky technologií povrchových úprav a protikorozní ochrany prováděné na výrobcích, zařízeních, budovách a konstrukcích (mosty, TV ocelové konstrukce atd.).

- inspekční činnost při provádění povrchových úprav na stavbách a v dílnách, posuzování defektů protikorozních opatření v průběhu technického života protikorozních ochran na konstrukcích nebo zařízeních. Inspekční činnost provádí pracovníci SVÚOM s.r.o. na základě platných certifikátů (inspektoři s certifikáty podle ČSN EN V 12387)

- zkoušení výrobků a povrchových úprav na atmosférických korozních stanicích v různých environmentálních podmínkách včetně stanovení korozní agresivity lokalit (vnější i vnitřní prostory, měření korozními senzory)

- analytická laboratoř zajišťující analýzy korozních produktů a prostředí včetně měření znečištění ovzduší pasivními vzorkovači

- zkoušení klimatické a korozní odolnosti materiálů v různých i agresivních prostředích a vyhodnocení různých fyzikálních parametrů jejich degradace

- sledování a hodnocení korozního chování kovů, slitin a povrchových úprav v reálných podmínkách (např. vliv průmyslových chladících kapalin, korozní praskání kovů v prostředí sulfanu za zvýšených teplot, koroze ocelové výztuže v betonu, korozní poškození při přepravě a skladování, atd.)

- sledování teoretických a praktických problémů s ochranou proti korozi v celém oboru – vypracování rešeršních studií a jiných publikací, příruček, apod.

- vypracování návrhů protikorozních opatření pro výrobky, zařízení ve všech průmyslových odvětvích včetně optimalizace protikorozních opatření, kontroly provozních podmínek, atd.

- komplexní řešení environmentálních problémů v oblasti ochrany před korozí povrchovými úpravami, zpracování odborných posudků podle zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ovzduší), vypracování odborných posudků podle zákona č. 76/2002 Sb. (OZO), zpracování provozních a havarijních řádů

- konzultace a komplexní služby v oblasti protikorozní kontroly v různých průmyslových odvětvích: stavebnictví, doprava, chemický průmysl, v energetice a také v oblasti kulturního dědictví, historických památek a objektů včetně technických památek

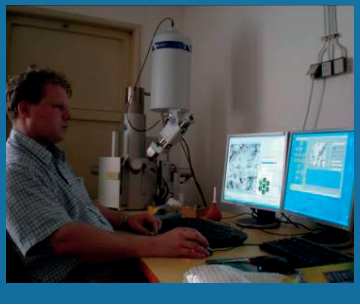












ASOCIACE ČESKÝCH A SLOVENSKÝCH ZINKOVEN

SEZNAM ČLENŮ Z ČESKÉ REPUBLIKY

1. ACO INDUSTRIES, k. s.
Havlíčkova 260
582 22 Přibyslav
kontaktní osoba: Jaroslav Štěpán
tel.: +420 569 491 377
fax: +420 569 491 308
E-mail: morirna@aco.cz
www.aco-povrchoveupravy.cz
rozměr vany: 4,0 × 1,1 × 2,5 m

2. ALKA HOLDING spol. s r. o.
Sokolohradská 360
583 01 Chotěboř
kontaktní osoba: Josef Horák
tel.: +420 569 641 018
fax: +420 569 622 125
E-mail: horak@alka.cz
www.alka.cz
rozměr vany: 2,0 × 0,8 × 1,0 m

3. APOLLO METAL, spol. s r. o.
provozovna Brniště
471 29 Brniště
kontaktní osoba: Miroslav Pokorný
tel.: +420 487 850 108
fax: +420 487 850 134
E-mail: info@apollometal.cz
www.apollometal.cz
rozměr vany: 4,5 × 1,2 × 2,5 m
2,8 × 1,2 × 1,5 m

4. APOLLO METAL, spol. s r. o.
provozovna Čenkov
262 24 Čenkov
kontaktní osoba: Miroslav Pokorný
tel. M. Pokorný: +420 487 823 280
tel./fax zinkovna: +420 318 692 283
E-mail: info@apollometal.cz
www.apollometal.cz
rozměr vany: 7,0 × 1,5 × 2,5 m

5. ArcelorMittal Distribution Solutions Czech Republic s. r. o.
Vratimovská 689
707 02 Ostrava 7 – Kunčice
kontaktní osoba: Bc. Jan Mikoláš
tel.: +420 595 684 403
fax: +420 595 682 360
E-mail: jan.mikolas@arcelormittal.com
www.arcelormittal.com/ostrava
rozměr vany: 5,0 × 1,1 × 2,5 m

6. ArcelorMittal Tubular Products Karviná a. s.
Rudé armády 471
733 23 Karviná – Hranice
kontaktní osoba: Ing. Lubomír Cieslar
tel.: +420 596 391 430
fax: +420 596 311 373
E-mail: lubomir.cieslar@arcelormittal.com
www.jakl.cz
kontinuální zinkování trubek
rozměr vany: 8,0 × 1,3 × 1,5 m

7. BEKAERT BOHUMÍN s. r. o.
Drátovenská 366
735 51 Bohumín
kontaktní osoba: Ing. Radek Michalík
tel.: +420 596 095 112
fax: +420 596 015 922
E-mail: radek.michalik@bekaert.com
www.bekaert.com
kontinuální zinkování drátů

8. HBB, s. r. o.
Úterská 291
349 53 Bezdružice
kontaktní osoba: Ing. Michael Bartl
tel.: +420 374 692 061
fax: +420 374 692 403
E-mail: m.bartl@bezdruzickazinkovna.cz
www.hbb.cz
rozměr vany: 3,8 × 1,6 × 2,3 m

9. MEA MEISINGER, s. r. o.
Domažlická 180
314 56 Plzeň
kontaktní osoba: Marta Šilhavá
tel.: +420 377 494 207 – 8
fax: +420 377 494 236
E-mail: marta.silhava@cz.mea.de
www.mea.cz
rozměr vany: 7,5 × 1,5 × 2,5 m

10. OBLASTNÍ PRŮMYSLOVÝ PODNIK POLIČKA a. s.
Starohradská 396
572 01 Polička
kontaktní osoba: Ing. Luděk Klimeš
tel.: +420 461 722 130
fax: +420 461 725 257
E-mail: klimesl@opp.cz
provoz: Březová nad Svitavou
Slunečné údolí 287
tel./fax: +420 461 521 244
mobil: +420 731 655 551
E-mail: truhlarp@opp.cz
www.opp.cz
rozměr vany: 2,0 × 0,8 × 1,2 m
mokrý způsob, práce v kleštích

11. SEMPRA PRAHA a. s.
strojírenský závod Děčín
Pod Chlumem 209
406 02 Děčín III
kontaktní osoba: Ing. Miroslav Horejš
tel.: +420 412 517 184
fax: +420 412 516 801
E-mail: decin@sempra.cz
www.sempra.cz
rozměr vany: 8,0 × 1,2 × 1,8 m

12. WIEGEL ŽEBRÁK ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ s. r. o.
Za dálnicí 509
267 53 Žebrák
kontaktní osoba: Pavel Procházka
tel.: +420 311 545 400
fax: +420 311 545 454
E-mail: info@wzz.wiegel.de
www.wiegel.cz
rozměr vany: 7,0 × 1,7 × 2,75 m

13. WIEGEL CZ ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ s. r. o.
závod Velké Meziříčí
Průmyslová 2052
594 01 Velké Meziříčí
kontaktní osoba: Ing. Věra Matoušková
tel.: +420 566 503 611
fax: +420 566 503 610
E-mail: info@wvz.wiegel.de
www.wiegel.cz
rozměr vany: 15,5 × 1,8 × 3,2 m
odstředivka drobných dílů

14. WIEGEL CZ ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ s. r. o.
závod Hradec Králové
Dvorská 696
503 11 Hradec Králové
kontaktní osoba: Ing. Pavel Douda
tel.: +420 495 737 000
fax: +420 495 737 099
E-mail: info@whz.wiegel.de
www.wiegel.cz
rozměr vany: 7,0 × 1,8 × 2,95 m

15. ZEMĚDĚLSKÉ DRUŽSTVO HRANIČÁŘ LODĚNICE
Holasovice, Loděnice 50
747 74 Neplachovice
kontaktní osoba: Ing. Václav Agel
tel.: +420 553 609 645
fax: +420 553 662 428
E-mail: mech@zdhranicar.cz
pridruzena.vyroba@zdhranicar.cz
www.zdhranicar.cz
rozměr vany: 1,65 × 1,1 × 1,6 m
1,8 × 1,4 × 1,6 m
odstředivka drobných dílů

SEZNAM ČLENŮ ZE SLOVENSKÉ REPUBLIKY

1. ELBA, a. s.
Československej armády 264/58
967 01 Kremnica
kontaktní osoba: Ľubomír Golecký
tel.: +421 456 704 375
fax: +421 456 704 174
mobil: +421 918 381 815
E-mail: lgolecky@elba.sk
www.elba.sk
rozměr vany: 2,2 × 0,75 × 1,2 m
odstředivka

2. ELEKTROVOD ŽILINA, a. s.
Bytčická cesta 4
010 42 Žilina
kontaktní osoba: Ing. Jozef Mano
tel.: +421 415 636 244
fax: +421 415 636 360
E-mail: mano@elektrovodzilina.sk
www.elektrovodzilina.sk
rozměr vany: 9,0 × 1,4 × 2,5 m

3. WIEGEL SEREĎ ŽIAROVÉ ZINKOVANIE s. r. o.
Priemyselná ulica 4430/2
926 01 Sereď
Kontaktná osoba: Miroslav Mičo
tel.: +421 317 883 211
fax: +421 317 883 299
E-mail: info@wsz.wiegel.de
www.wiegel.sk
rozměr vany: 7,0 × 1,8 × 2,95 m

4. ZIN s. r. o.
sídlo: Mýtné nám. 464
966 53 Hronský Beňadik
kontaktní osoba: Ing. Peter Hós
tel.: +421 456 893 320
fax: +421 456 893 214
E-mail: zinkovo@stonline.sk
obchodní kancelář: Čapkova 2
811 04 Bratislava
kontaktní osoba: Ing. Jozef Lesay
tel.: +421 252 492 007
fax: +421 252 492 009
E-mail: zin@stonline.sk
www.zinkovo.sk
rozměr vany: 4,5 × 1,2 × 1,8 m
odstředivka

5. ZINKOZA, a. s.
Hornádská 83
053 42 Krompachy
kontaktní osoba: Ing. Imrich Lovás
tel.: +421 534 297 130
fax: +421 534 297 128
E-mail: lovas@zinkoza.sk
www.zinkoza.sk
rozměr vany: 7,0 × 1,4 × 2,5 m

SEZNAM PŘIDRUŽENÝCH ČLENŮ AČSZ

AB CHEMITRANS s. r. o.
Budovatelská 333, 735 52 Bohumín
kontaktní osoba: Vít Kupka
tel.: +420 777 909 230
fax: +420 596 035 302
E-mail: info@abchemitrans.com
www.abchemitrans.com
obor činnosti: nákup a prodej chemických látek, přípravků, EPS a plastů, odpady neželezných kovů, spedice, nákup a prodej biomasy (štěpka a piliny)

ČESKÁ ASOCIACE OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ
Na Obvodu 41, 703 00 Ostrava
kontaktní osoba: Ing. Marek Janda
tel.: +420 596 771 560
fax: +420 596 771 560
E-mail: janda@caok.cz
www.caok.cz
obor činnosti: sdružení, jehož smyslem je rozvoj oboru ocelových konstrukcí, podporuje informovanost architektů, projektantů, inženýrů a všech zainteresovaných subjektů

DIPL.-ING. HERWIG GmbH
Wasserloses Tal 47
D-58097 Hagen, Germany
Kontaktní osoba: Oliver Herwig
tel.: +49 233 191 555
fax: +49 233 115 504
E-mail: info@herwig-gmbh.com
www.herwig-gmbh.com
obor činnosti: dodavatel chemických látek (odmašťovací přípravky, fluxy, inhibitory), zinkových slitin, dezoxidačních činidel a dalších látek pro použití při žárovém zinkování

EKOMOR, s. r. o.
Lískovec 397, 739 30 Frýdek-Místek
kontaktní osoba: Ing. Pavel Váňa
tel.: +420 558 483 650
fax: +420 558 482 437
E-mail: pavel.vana@ekomor.cz
www.ekomor.cz
obor činnosti: dodavatel zařízení „na klíč" pro povrchové úpravy kovů – žárové zinkovny, mořírny uhlíkatých a legovaných ocelí, fosfatizační linky apod., OZO

EKOZINK PRAHA, s. r. o.
Žateckých 10a, 140 00 Praha 4
kontaktní osoba: Ing. Zdeňka Havránková
tel.: +420 241 405 404
fax: +420 241 400 446
E-mail: ekozink@grbox.cz
www.web.telecom.cz/ekozink
obor činnosti: zpracování zinkových odpadů, prodej tavidel firmy Floridienne Chimie s.a., soudní znalectví v oboru žárového zinkování

GIMECO srl
Via 1° Maggio, 31
20069 – Trezzano Rosa, Milano, Italy
kontaktní osoba: Ermes Moroni
tel.: +390 290 960 751
fax: +390 290 960 461
E-mail: ermesm@gimeco.it
www.gimeco.it
obor činnosti: inženýrská a výrobní společnost zaměřena na průmysl žárového zinkování ponorem

TEPLOTECHNA PRŮMYSLOVÉ PECE s. r. o.
Legionářská 8, 771 11 Olomouc
kontaktní osoba: Ing. Josef Šubert
tel.: +420 585 570 333
fax: +420 585 226 991
E-mail: josef.subert@teplotechna.cz
www.teplotechna.cz
obor činnosti: dodavatel různých druhů průmyslových pecí a žárotechnických vyzdívek

WESTERN TECHNOLOGIES EUROPE Ltd.
Unit 1, No. 38 Thornleigh Trading Estate
Blowers Green Road, Dudley DY2 8UB
West Midlands, United Kingdom
kontaktní osoba: Paul H. Bicqué
tel.: +44 1384 214 774
fax: +44 1384 214 778
E-mail: phbicque@yahoo.com
www.westechgalv.com
obor činnosti: dodavatel zařízení oboru povrchových úprav, manipulace s materiálem, technologie a inovace pecí, využití odpadního tepla, řízení provozu, systémů kontroly znečištění a navrhování závodů

www.acsz.cz