



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**

## **Koroze v distribučních systémech pitné vody**

### **DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Ing. Michal Skalický**

Doktorský studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Školitel: prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc.

**Praha, 2018**





**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## **PROHLÁŠENÍ**

Jméno doktoranda: Ing. Michal Skalický

Název disertační práce: Koroze v distribučních systémech pitné vody

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval/a samostatně pod vedením školitele prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc.

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne 31. 01. 2018

.....  
podpis



## **Poděkování**

*Nejprve bych chtěl poděkovat školiteli prof. Ing. Alexandru Grünwaldovi, CSc. za vedení v průběhu mé práce, ochotu, trpělivost a odborné rady.*

*Můj dík patří všem pracovníkům Jihočeského vodárenského svazu, kteří mi svým vstřícným přístupem umožnili získat nezbytná data. Především chci poděkovat panu Františkovi Rytíři – JVS, provoznímu náměstkovi JVS a panu Janu Šímovi – vedoucímu provozu Tábor za podněty, konzultace a poskytování dat o provozu systému zásobování vodou.*

*Děkuji také Ing. Filipu Horkému, Ph.D. a Ing. Kateřině Slavíčkové, Ph.D. za cenné konzultace při sestavení hydraulického modelu a modelování kvality vody.*

*V neposlední řadě děkuji své přítelkyni, rodině a všem blízkým za podporu, povzbuzení a trpělivost při psaní mé disertační práce.*



## **ABSTRAKT**

Tato disertační práce se zabývá studiem rychlosti koroze v distribučním systému pitné vody v podmínkách Jihočeské vodárenské soustavy, která sloužila jako modelová distribuční vodovodní síť.

První úkol spočíval ve shromáždění a nastudování informací o distribučním systému v jižních Čechách, tedy podrobné informace o celé síti. Tento distribuční systém byl tedy podkladem pro sestavení hydraulického modelu vybrané části distribuční soustavy v programu Epanet 2. Daný model byl následně využit k namodelování nárůstu železa a úbytku volného a celkového aktivního chloru v distribuční síti.

Nejdůležitější součástí disertační práce bylo posouzení rychlosti koroze a agresivity vody v podmínkách soustavy v jižních Čechách. Pro toto zjištění se dá použít několik způsobů měření. Pro potřeby této práce byl použit přímý postup měření, a to metodou zkušebních destiček, na které působí hodnocená voda při průtokové rychlosti zvolené podle skutečné rychlosti v potrubí. Podrobný popis postupu této metodiky zkoumání je popsán v normě TNV 75 7121 Požadavky na jakost vody dopravované v potrubí.

Ocelové destičky o předem stanovených rozměrech jsou při osazení vystaveny okolnímu prostředí a dochází tedy k plošné a důlkové korozi. Pomocí normy byla zjištěna korozní rychlost výpočtem hmotnostního rozdílu kuponů před a po osazení v potrubí.

Norma stanovuje i vyhodnocení korozního úbytku, množství korozních produktů zachycených na destičkách a hmotnost inkrustací zachycených na osazených destičkách.

Samotné terénní měření probíhalo ve dvou po sobě navazujících cyklech v druhé polovině roku 2013.

Jestli se jedná o korozi plošnou či důlkovou díky výpočtu nepoznáme, na to je potřeba zvolit senzorické vyhodnocení zasažení korozí. Pro tento způsob vyhodnocení byla zvolena metoda segmentace obrázku pomocí prahové hodnoty v softwaru Matlab.

Příslušnou metodou bylo zjištěno, že voda v této části distribučního systému má stupeň agresivity II, tedy střední. Výpočtům korozních rychlostí odpovídá i vyhodnocení druhu koroze pomocí Matlabu. Zasažení korozních destiček plošnou korozí se pohybuje lehce nad 50 %. Nezanedbatelný je i výskyt bodové koroze již při tak krátkém vystavení proudící pitné vodě v potrubí.

Nedílnou součástí práce bylo vyhodnocení jakosti vody ze vzorků odebíraných a měřených přímo na místě nebo následně v laboratoři během instalace korozních kuponů přímo na vodojemech.

Získané výsledky se porovnály s výsledky agresivity vody s dříve naměřenými hodnotami na největší úpravně vody celého systému, tedy na ÚV Plav.





## **ABSTRACT**

This dissertation studies corrosion rates in the drinking water distribution system in the terms of South Bohemian water system, which was used as a model water distribution network.

The first task was to collect and study data about the drinking water distribution system in South Bohemia, namely detailed information about the entire network. This distribution system was then a basis for assembling the hydraulic model of a selected part of distribution system in the Epanet 2 program. The model was then used to model an increase in iron and decrease in free and total chlorine within the distribution network.

The most important part of the dissertation was to assess the corrosion rate and water aggression in the terms of the South Bohemia distribution system. Several methods of measurement can be used for this determination. For the needs of this dissertation a direct measurement procedure was used, namely using the method of test plates on which the evaluated water acts in a flow speed selected according to the real speed in the pipelines. Detailed description of this method is described in the Standard TNV 75 7121 Requirements for water quality transported in the pipeline.

The steel plates of predetermined sizes are displayed to environment while mounting, which causes flat and pitting corrosion. The corrosion rate was determined using Standard by calculating the weight difference of plates before and after mounting in the pipeline.

The Standard determines also the evaluation of corrosion loss, the amount of corrosion products on the plates and the weight of incrustation captured on the mounted plates.

The field measurement itself was carried out in two consecutive cycles in the second half of 2013.

Whether the corrosion is flat or pitting due to the calculation we do not know, it is necessary to use the sensory evaluation of the impact of the corrosion. For this manner of evaluation, the image segmentation method was chosen, using the threshold values in the Matlab software.

By the appropriate method has been identified that water in this part of the distribution system has a level of aggression II, medium. The calculation of corrosion rates corresponds to the evaluation of the corrosion type using Matlab. The impact of surface corrosion on the plates is slightly above 50 %. The occurrence of point corrosion is also rather significant in such a short exposure to flowing drinking water in pipeline.

The integral part of the work was the evaluation of water quality from samples taken and measured directly at the place or later at the lab during the installation of corrosion plates directly on the water reservoirs.

The obtained results were compared with the results of water aggression with values taken previously at the largest water treatment plant of the entire system, the WTP Plav.

## **SEZNAM ZKRATEK**

ATS	automatická tlaková stanice
ČS	čerpací stanice
DN	jmenovitý vnitřní průměr potrubí
GIS	geografický informační systém
KAO	katodická ochrana
KB	koliformní bakterie
OVZ	ochrana veřejného zdraví
P	fosfor
RŠ	redukční šachta
SMO	svaz měst a obcí
ÚV	úpravna vody
VD	vodní dílo
VDJ	vodojem



# OBSAH

<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>11</b>
<b>1. CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>17</b>
<b>2. ÚVOD</b> .....	<b>19</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>21</b>
<b>3. KOROZE DISTRIBUČNÍCH POTRUBÍ</b> .....	<b>21</b>
3.1.    Základní charakteristika koroze .....	21
3.1.1.    Podstata korozních dějů.....	21
3.2.    Typy koroze .....	23
3.2.1.    Rovnoměrná koroze .....	23
3.2.2.    Nerovnoměrná koroze.....	23
3.3.    Hodnocení koroze (monitoring) .....	23
3.4.    Ochrana distribučních systémů před korozí.....	24
<b>4. DISTRIBUČNÍ SYSTÉMY</b> .....	<b>25</b>
<b>5. MODELOVÁNÍ DISTRIBUČNÍHO SYSTÉMU</b> .....	<b>26</b>
<b>6. PITNÁ VODA</b> .....	<b>27</b>
6.1.    Dezinfekce vody .....	27
6.2.    Depozity.....	28
<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>7. POPIS SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU</b> .....	<b>29</b>
7.1.    Charakteristika distribučního systému .....	30
7.1.1.    Historie .....	30
7.1.2.    Rozdělení .....	30
7.1.3.    Rozvod z ÚV Plav do tří větví.....	34
7.1.4.    Nepříznivé klimatické vlivy .....	46
<b>8. METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>52</b>
8.1.    Postup korozní zkoušky.....	53
8.2.    Místa osazení .....	58

8.2.1.	VDJ Hodušín.....	58
8.2.2.	VDJ Milevsko - nový .....	60
8.3.	Metodika procentuálního zasažení kuponů koroze .....	61
8.3.1.	Postup a princip převedení ocelové kupony do elektronické podoby... ..	62
8.3.2.	Sestavení algoritmu .....	62
8.4.	Postup modelování v Epanetu 2 .....	62
8.4.1.	Sestavení hydraulického modelu .....	63
8.4.2.	Modelování změn jakosti vody.....	63
<b>9.</b>	<b>VYHODNOCENÍ POMOCÍ EPANET 2.0.....</b>	<b>66</b>
9.1.1.	Schematizace objektů v modelu .....	66
9.1.2.	Základní parametry modelu .....	71
9.2.	Vyhodnocení zdržení vody v síti .....	74
9.3.	Vyhodnocení úbytku celkového aktivního chloru .....	76
9.4.	Vyhodnocení úbytku volného aktivního chloru .....	80
<b>10.</b>	<b>MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ KOROZNÍCH RYCHLOSTÍ .....</b>	<b>84</b>
10.1.	Průtoky na nátocích a odtocích z některých VDJ na sledované distribuční síti JVS .....	84
10.1.1.	VDJ Zdobá.....	84
10.1.2.	ČS + VDJ Sudoměřice.....	87
10.1.3.	VDJ Hodušín.....	88
10.1.4.	VDJ Milevsko .....	92
10.2.	Vyhodnocení rychlostí koroze podle hmotnostního úbytku exponovaných kuponů.....	95
10.2.1.	Vyhodnocení korozních rychlostí na ÚV Plav .....	95
10.2.2.	Vyhodnocení korozní rychlosti na vodojemech Hodušín a Milevsko....	99
10.3.	Vyhodnocení zkorodovaných ploch kuponů.....	110
10.4.	Hmotnost inkrustů .....	114
<b>11.</b>	<b>VYHODNOCENÍ JAKOSTI VODY .....</b>	<b>116</b>
<b>12.</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>121</b>
<b>13.</b>	<b>ZÁVĚRY.....</b>	<b>125</b>
<b>14.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>127</b>
<b>15.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>135</b>

<b>16. SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>138</b>
<b>17. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>140</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>141</b>
Příloha 1 Korozní techniky .....	141
Příloha 2 Způsoby monitorování koroze.....	142
Příloha 3 Charakteristika způsobů monitorování koroze .....	143
Příloha 4 Faktory ovlivňující korozní vlastnosti vody .....	144
Příloha 5 Porovnání požadavků na dávkování, zařazení a vlastnosti dezinfekčních činidel	145
Příloha 6 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů dezinfekce pitné vody .....	146
Příloha 7 Přehled vedlejších produktů dezinfekce .....	147
Příloha 8 Algoritmus vytvořený v programu Matlab pro vyhodnocení procentuálního zasažení plošnou a důlkovou korozí .....	148
Příloha 9 Vyhodnocení plošné a důlkové koroze na ÚV Plav .....	151
Příloha 10 Vyhodnocení plošné a důlkové koroze na VDJ Hodušín a VDJ Milevsko	162
Příloha 11 Vyhodnocení hmotností inkrustací .....	166





# 1. CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce se zabývá korozí v distribučním systému pitné vody při její dopravě a rozvodu. Jejím cílem je i definování interakcí mezi materiálem potrubí a chemickým složením distribuované vody. Základem výzkumu bylo vybrání konkrétní rozvodné sítě v jižních Čechách, jejímž správcem je Jihočeský vodárenský svaz.

Konkrétní cíle předkládané disertační práce spočívají ve splnění několika dílčích bodů:

- 1) shromáždění a nastudování informací o distribučním systému v jižních Čechách,
- 2) sestavení hydraulického modelu vybrané části distribuční soustavy v programu Epanet 2,
- 3) provedení terénního měření agresivity vody pomocí zvolené přímé metody korozních kuponů dle TNV 75 7121 Požadavky na jakost vody dopravované v potrubí vydané v roce 2002,
- 4) vyhodnocení jakosti vody ze vzorků odebíraných a měřených přímo na místě nebo následně v laboratoři během instalace korozních kuponů na vodojemech Hodušín a Milevsko,
- 5) vyhodnocení jednotlivých i celkových výsledků agresivity vody díky terénnímu měření,
- 6) porovnání výsledků agresivity vody s dříve naměřenými hodnotami na největší úpravně vody celého systému, tedy na ÚV Plav,
- 7) stanovení procentuálního zasažení korozních kuponů plošnou a důlkovou korozí,
- 8) vyhodnocení inkrustace na měřených vzorcích,
- 9) závěrečné posouzení naměřených vlivů na vznik koroze v distribučním systému,
- 10) porovnání naměřených hodnot, vypočítaných výsledků a dosažených závěrů s jinými výzkumy v zahraničí.



## 2. ÚVOD

Voda, společně se vzduchem, resp. zemskou atmosférou, tvoří základní podmínky pro existenci života na zemi. Vodu lze rozdělit na mnoho skupin a podskupin (dle skupenství, meteorologie, vlastností, mikrobiologie, atd.). Základ dělení tvoří využitelnost z hlediska potřeb člověka. Mezi nejvyužívanější druhy vod se řadí pitná voda, která musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Jako zdroj pitné vody k hromadnému zásobování obyvatelstva jsou využívány především vody povrchové a vody podzemní. V závislosti na míře znečištění se pro povrchové a podzemní vody volí vhodný způsob úpravy.

Pitná voda a koroze jsou v dnešní době celosvětově diskutovaná témata na vědecké scéně a nejen tam. Bez neomezeného přístupu k pitné vodě si dnešní „moderní“ člověk nedokáže představit několik hodin, natož den či týden. Koroze zase způsobuje každodenně nemalé finanční ztráty. Jedná se o náklady spojené s údržbou, rekonstrukcí nebo celkovou obnovou konkrétního zařízení, a to jak v automobilovém, lodním, leteckém či strojírenském průmyslu, ale i v železniční dopravě. Nejznámější samonosná ocelová konstrukce na světě, Eiffelova věž, je příkladem každodenního boje s korozi.

Pokud ale spojíme tyto dva fenomény v jeden celek, dostaneme jedno důležité téma dnešní doby, a to je koroze v distribučním systému pitné vody. Na první pohled se možná zdá, že se jedná o jednoduchou záležitost, která je již dávno vyřešena, ale opak je pravdou. Musíme si uvědomit, že se jedná o distribuci potravin, jež musí splňovat nejpřísnější hygienické požadavky a mít veškeré kvalitativní vlastnosti.

Kvalita upravené vody v distribuční síti se může měnit v závislosti na rychlosti dopravované vody, na druhu a dodávce dezinfekčního činidla, na době zdržení vody v síti, na teplotě, pH a dalších ovlivňujících vlivech.

Nezanedbatelným faktorem je samozřejmě i zvolený materiál, kterým vodu distribuujeme, a to včetně jeho povrchových úprav. Musí splňovat nejen hygienické nároky pro styk s pitnou vodou, ale odolávat prostředí vnějšímu (bludné proudy, vnější tlaky, teplota...) i vnitřnímu (chemické složení vody, rychlost, tlak...).

Pitná voda vždy byla, je a bude strategickou surovinou. Zastavení koroze nebo alespoň minimalizování jejího dopadu při dodržení kvalitních dodávek pitné vody je velkou výzvou pro budoucnost. Proto monitoring koroze v potrubí s pitnou vodou je jedním ze základů k porozumění dané problematice.

Zpráva o kvalitě pitné vody v České Republice za rok 2016 uvádí, že bylo pitnou vodou z veřejného vodovodu zásobováno 9 872 827 obyvatel. Podle získaných údajů z IS PiVo bylo v roce 2016 v České republice 3 967 239 obyvatel (40,20 %) a 3 584 oblastí (87,86 %) zásobováno pitnou vodou vyrobenou z podzemních zdrojů, 3 840 790 obyvatel (38,90 %) a 302 oblastí (7,40 %) z povrchových zdrojů a konečně 2 064 789 obyvatel (20,90 %) a 193 oblastí (4,73 %) ze smíšených zdrojů. [1].

Výrazné omezení přístupu lidské populace k pitné vodě je způsobeno znečištěním vodních zdrojů, a to především vlivem činností člověka jako je např. zemědělství, farmacie, doprava, průmysl a další. Na takto znečištěné zdroje je pak z hlediska úpravy vody vynakládáno velké množství finančních prostředků.

Během hledání optimálního a funkčního řešení, které odpovídá současným nárokům, se mohou v rámci předprojektové, projektové a realizační činnosti vyskytnout komplikace. Příprava rekonstrukce je o to složitější, že se odehrává v existujícím provozu, který musí po dobu rekonstrukce zajišťovat výrobu pitné vody.

V současné době je nedílnou součástí procesů distribuce pitné vody využití výsledků z matematických modelů, které si kladou za cíl garanci, spolehlivost, kvalitu, množství a bezpečnost vodárenského systému. Numerické modely jsou také využívány k predikci potřeb pitné vody. Současně také dochází k rozvoji matematických modelů, které umožňují hydraulické modelování a modelování kvality vody, a tím možnost optimalizace provozu distribučních sítí. Modelování kvality vody je založeno na vytvoření podrobného hydraulického modelu. Hydraulické síťové modely jsou formulované pro dané zatěžovací podmínky (potrubí, délka, DN, drsnost, hladina ve vodojemu atd.). Výpočetní zařízení pak vypočítá průtok v každém potrubí a tlak pro každý uzel. Toto řešení poskytuje odhad stavu distribuční sítě a dokáže tudíž informovat o směru a rychlosti proudění, díky němuž je možno sledovat šíření látky.

## TEORETICKÁ ČÁST

### 3. KOROZE DISTRIBUČNÍCH POTRUBÍ

Koroze lze nazvat proces probíhající mezi tuhou látkou (materiálem) a prostředím, které ji obklopuje. K poškození potrubí může docházet jak na vnější, tak i vnitřní straně pláště. Problémy koroze v dálkových přivaděčích i v distribučních systémech pitné vody souvisejí s chemickými, fyzikálně-chemickými a biologickými procesy probíhajícími v potrubí. Rozeznáváme dva hlavní druhy koroze, a to korozi plošnou a korozi důlkovou (bodovou), která je hůře zjištělná a celkově problematičtější. Hlavním důvodem výskytu koroze je tvorba elektrochemických článků. Průvodním znakem jsou změny jakosti pitné vody v celé řadě ukazatelů. Dochází ke zhoršení jakosti dopravované vody, což se projeví zejména zhoršením jejich senzorických vlastností, kdy se z bezbarvé kapaliny stane červená voda se zákalem. To způsobuje zvýšení koncentrace rozpuštěné formy železa (tzv. zaželezování vody) ve vodě, změnu pH, konduktivity a následné zvýšení obsahu nerozpouštěných látek a tím také podporuje bakteriální rekontaminaci. Charakteristickým znakem korozních procesů je pokles koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě [2].

V praxi se však ukazuje, že v nestacionárních podmínkách např. v podmínkách zásobování s relativně dlouhou dobou zdržení, vznikají velké problémy s korozi, které korelují přímo s provozními podmínkami [3].

Korozní procesy probíhají ve zvýšené míře tam, kde se dopravuje voda s vyšším obsahem neutrálních solí, přičemž dřívější práce ukazují na přímou závislost na poměru součtu aniontů  $\text{Cl}^-$  a  $\text{SO}_4^{2-}$  k aniontům  $\text{HCO}_3^-$  [4].

#### 3.1. Základní charakteristika koroze

Průběh koroze kovů nejvíce ovlivňuje pH, teplota, tlumivá kapacita, obsah kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě, iontové složení vody, obsah organických látek, velikost styčné plochy, povrchové vlastnosti kovového materiálu, doba působení, existence a druh úsad, vlastnosti korozních produktů, hydraulické podmínky a eventuálně přítomnost některých mikroorganismů [5], [6].

U potrubí musíme rozlišovat korozi vnějšího povrchu potrubí a korozi uvnitř potrubí. Vnější korozní narušení kovových zařízení v zemi v zásadě může nastat ze dvou základních důvodů, buď agresivními zeminami, tj. přímým účinkem zemin na kov za vzniku korozních článků (půdní koroze) anebo bludnými elektrickými proudy. Koroze uvnitř potrubí závisí zejména na jakosti a hydraulických podmínkách dopravované vody, které se mohou měnit, a na materiálu potrubí a armatur [7], [8], [9].

##### 3.1.1. Podstata korozních dějů

Při užívání ve styku s okolním prostředím podléhají materiály změnám, které jsou vyvolány chemickými vlivy, fyzikálními vlivy, biologickými vlivy a jejich kombinacemi.

Pod pojmem koroze jsou zahrnovány děje, které vedou k rozrušování materiálu [10], [11].

Základem jsou oxidačně-redukční reakce, které mají za následek degradaci a znehodnocení materiálu. Při styku vody s negativními materiály dochází za běžných podmínek k anodickému rozpuštění Fe a  $Fe^{2+}$ . Na katodě se z rozpuštěného kyslíku tvoří anionty  $OH^-$ . Ionty  $Fe^{2+}$  po oxidaci a vysrážení tvoří ochrannou vrstvu [12], [13].

V čisté vodě jsou obě „elektrody“ blízko u sebe, vzniklá vrstvička hydroxidu železnatého a oxidů ulpívá pevně na povrchu kovu, čímž omezují další korozi. Za přítomnosti elektrolytů (solí) mohou být katoda a anoda značně vzdálené,  $Fe^{2+}$  a  $OH^-$  se setkávají teprve v difuzi do roztoku a hydroxid železitý se vylučuje jako porézní usazenina nebránící přístupu kyslíku a další korozi [14].

V ochranné vrstvě se mohou tvořit reakcí s některými složkami ve vodě málo rozpustné sloučeniny jako např. [12] uhličitán železitý (siderit), hydroxid železitý, nebo může dojít k jejich oxidaci přes více nebo méně rozpustné mezistupně až na magnetit ( $Fe_3O_4$ ) a hydratovaný oxid železitý ( $FeOOH$ ). Menší část iontů  $Fe^{2+}$  v ochranné vrstvě oxiduje na  $Fe^{3+}$  a tvoří viskózní vrstvu na korozních produktech [13].

Koroze může probíhat pouze v korozním prostředí, které je elektricky vodivé, tj. umožňuje průchod elektrického proudu. Elektrochemická reakce vedoucí k oxidaci kovu, tedy k jeho rozpuštění, a tudíž k vlastní korozi, se označuje jako dílčí anodická reakce. Anodou je vždy kov s nižším elektrochemickým potenciálem a korozní aktivita je dána pořadím kovů: nerez ocel > měď > mosaz > olovo > litina > ocel > zinek [5], [15], [16].

Chemické korozní děje probíhají v prostředích, která jsou elektricky nevodivá. Chemická koroze kovů spočívá v jejich oxidaci, při které se atomy kovů mění na ionty. Je-li oxid ve svém okolí rozpustný, koroze pokračuje. Je-li vznikající oxid nerozpustný, koroze může ustát v důsledku vzniklé vrstvy oxidu. Průběh uvedené reakce závisí na poměru mezi parametry mřížky oxidu, kovu a na poměru jejich hustot. Takovým prostředím jsou nejčastěji plyny a některé organické kapaliny. Z nekovových materiálů, podléhajících chemické korozi, připadá v úvahu cement a beton [7], [17].

Ke galvanické korozi dochází v případě, že zemí prochází bludné proudy jako zdroj potřebné elektrické energie. Výsledkem této koroze je elektrolýza a úbytek kovu v souladu s Faradayovými zákony. Velký význam při tomto druhu koroze má opět množství elektrolytu, které vstupuje, a v tomto případě tedy vlhkost půdy. Jako zdroje proudu přicházejí v úvahu zařízení, která používají stejnosměrný proud. Těmi jsou např. elektrické pouliční dráhy, lanovky, které pracují se stejnosměrným proudem a jsou jedním pólem uzemněny. Pokud bude v blízkosti kolejí uloženo v zemi kovové zařízení – potrubí, proud do tohoto zařízení v určitém úseku vstupuje a je jím veden a v určitém úseku opět vystupuje [18], [19].

### **3.2. Typy koroze**

Z vodárenského hlediska mluvíme o různých typech koroze a dělíme je podle povahy napadení kovu na rovnoměrné (plošné) a nerovnoměrné [5].

#### **3.2.1. Rovnoměrná koroze**

Projevuje se stejnoměrným úbytkem kovu po celém jeho povrchu v kyselém prostředí, vyvolaném nejčastěji rozpuštěným oxidem uhličitým. Tento druh koroze je nejrozšířenější a podléhájí mu ve větší nebo menší míře prakticky všechny konstrukční materiály [5], [10].

#### **3.2.2. Nerovnoměrná koroze**

Je procesem, který probíhá nerovnoměrně. Podle jeho průběhu lze rozlišovat mezi korozí makroskopickou, biologickou a erozí [5], [10].

Makroskopická koroze probíhá na povrchu vlivem změn  $ZNK_{8,3}$ , koncentrace  $O_2$  a rozpuštěných solí při absenci inhibitorů a lze ji po určité době snadno zjistit již pouhým okem. Projevuje se napadením pouze určité části povrchu kovu anebo vznikem větších nebo menších důlků. Nazývá se proto koroze důlková (bodová). Bývá většinou průvodním jevem v podmínkách, kdy na kovu vznikají tuhé korozní produkty, které nemají ochranné vlastnosti. Tato koroze je typická pro některé kovy, jejichž odolnost je dána vlastnostmi přirozené oxidové vrstvy, která se na nich vytváří. Jsou to zejména korozivzdorné oceli, hliník i jeho slitiny apod. [5], [10].

Biologická koroze je důsledkem interakce mezi kovem a bakteriemi, řasami a kvasinkami. Bakterie mohou urychlovat korozi tvorbou míst s různou koncentrací rozpuštěného kyslíku, rozpuštěných látek a kovů. Některé bakterie také katalyzují reakce spojené s korozními procesy [20], [21].

Při erozi dochází k poškozování materiálu vlivem vysokých průtoků a abrazivním působením nerozpuštěných látek, příp. plynů.

Například přítomnost koliformních bakterií (KB) indikuje fekální znečištění z trávicího traktu teplokrevných živočichů včetně člověka. Mohou být však přítomny také v půdě, rostlinách a povrchové vodě. Indikují slabou ochranu vodního zdroje, nedostatky v úpravě vody, jejím zdravotním zabezpečení a distribuci, případně sekundární kontaminaci. V případě jejich přítomnosti existuje nebezpečí průniku jiných podmíněně patogenních a patogenních mikroorganismů [22].

### **3.3. Hodnocení koroze (monitoring)**

Monitoring koroze je diagnostický nástroj, kterým se shromažďují informace pro řešení korozních problémů. Žádný způsob monitoringu neposkytuje všechna potřebná data k vlastnímu hodnocení účinnosti procesu úpravy vody z hlediska koroze. Volba závisí na použitelnosti v systému a na očekávaných výsledcích. Některé způsoby monitoringu poskytují výsledky okamžitě využitelné v praxi, jiné informují o korozních rychlostech, příp. o celkové korozi. Vhodné je použití několika způsobů. K nejznámějším přímým způsobům patří kuponové testy, použité v praktické části této disertační práce [23], [24].

Monitorování koroze je integrální součástí každého programu úpravy vody. Slouží ke stanovení účinnosti úpravy a k odvození optimálních podmínek pro její dopravu. Smyslem monitoringu koroze je výpočet a predikce korozního chování systému.

Způsob přímé metody vyhodnocení koroze pomocí kuponových testů je založen na dlouhodobém exponování kuponů z definovaných materiálů do proudící vody. Hodí se k posouzení počáteční koroze, protože povrch kovu je v „aktivním“ stavu vlivem úpravy povrchu [25].

Zjišťování koroze pomocí kuponů je jednoduché. Je to nejpřímější metoda, která umožňuje porovnání mezi kupony z různých slitin a také vizuální kontrolu při lokalizaci škod způsobených důlkovou korozí, případně jejími jinými formami. Metoda má však určitá omezení. Kupony vyžadují zjištění ztráty hmotnosti k definování rychlosti koroze. Ztráta má akumulativní charakter a vyjadřuje celkovou ztrátu materiálu za celou dobu expozice. Metoda proto neumožňuje určit čas nebo velikost koroze v určitém časovém úseku [25].

Většina způsobů monitoringu se hodí nejlépe pro situace, kdy se posuzuje plošná koroze z celkového hlediska, případně se lokalizuje důlková koroze. Přehled korozních technik je uveden v Příloze 1. Způsoby monitorování koroze jsou v Příloze 2 a přehled charakteristických vlastností jednotlivých způsobů monitorování koroze je uveden v Příloze 3 [25].

Nevýhodou kuponových testů je dlouhý časový interval měření (30 – 90 d), jejich výhodou je naproti tomu jednoduchá interpretace a stanovení jak plošné, tak důlkové koroze. V současné době se objevují způsoby, které kombinují výhody kuponových testů s náhradou klasické gravimetrické koncovky za použití skenovací techniky [26], [27].

### **3.4. Ochrana distribučních systémů před korozí**

Úplné zabránění vzniku koroze je prakticky nemožné, protože ke korozním procesům dochází při přímém kontaktu materiálu potrubí a vody. V současné době jsou známy následující možné postupy k eliminaci, zmírnění či odstranění následků koroze vodovodního potrubí. Způsoby ochrany potrubí a zařízení je možno rozdělit na [28]:

- stabilizaci vody,
- izolaci potrubí ochrannou vrstvou (ochranné nátěry, kovové ochranné vrstvy, vrstvy z umělé hmoty, popř. cementové vrstvy),
- elektrické způsoby ochrany (katodová a anodová ochrana).



## **4. DISTRIBUČNÍ SYSTÉMY**

Pitná voda dopravovaná distribučním systémem působí na potrubí několika faktory, které je potřeba zohlednit při návrhu a obnově trubního materiálu. Musí se uvážit a respektovat řada hledisek i kritérií, podle nichž je třeba některé trubní materiály pro daný případ zcela vyloučit, nebo počítat s nižší efektivitou použití [7], [29].

Vyhláška MZ č. 409/2005 Sb. definuje požadavky na povrchovou úpravu výrobků, na složení plastických, kovových a pryžových výrobků a další požadavky. Velká část potrubí, která se ukládala do země především do 70. let, byla zhotovena z litiny a ocele bez vnitřní ochrany [30].

U řadů, kde se dosahuje vysokého zatížení a provozního tlaku, se pro dopravu vody používají hlavně ocelová potrubí. Využívá se přitom výborných mechanických vlastností oceli, jako je vysoká pevnost, pružnost, houževnatost a odolnost proti únavě. V současné době se využívá několik metod ochrany ocelového potrubí, např. cementovou, PVC, PE nebo PP vystýlkou. Materiál vystýlky může určitým způsobem ovlivnit jakost dopravované vody [31], [32].

I litinové povrchy je třeba pro dlouhodobou expozici ve vnějších atmosférických podmínkách chránit před korozi povlaky [33].

Materiály s cementovou vystýlkou tvoří druhou velkou skupinu v distribučních systémech. Patří k nim zejména azbestocementové roury a litinové a ocelové roury s cementovou vystýlkou. U těchto materiálů hraje kvalita dopravované vody mimořádnou roli [5], .

K problémům vzhledem ke kvalitě pitné vody dochází ve spojení s cementovou vystýlkou u potrubí používaných k dopravě vod s nízkým obsahem vápníku a hořčíku. Protože k vytvoření karbonátových ploch uvnitř potrubí musí být k dispozici dostatečné množství volného oxidu uhličitého, dochází zejména u měkkých vod při delších dobách zdržení v transportní síti ke zvýšení pH, přesahující hodnotu 9,5 [5].

U azbestocementových rour, které nemají žádnou vnitřní krycí vrstvu, nebo u rour, u nichž vnitřní vrstva není neporušena, dochází u vod agresivních na cement k analogické situaci jako u ostatních rour s cementovou vystýlkou po karbonizaci povrchu, jehož karbonátová vrstva se opět rozpouští.

V USA v rámci „Safe Drinking Water“ je uveden návrh limitního počtu „Proposed Maximum Contamination Level (PMCL)“  $7 \cdot 10^6$  vláken.l<sup>-1</sup> o délce nad 10  $\mu$ m. Přitom se neuvádí žádný analytický postup pro stanovení jejich počtu [5].

Vzhledem ke korozním problémům v distribučních sítích, spojených s používáním materiálů ze železa, oceli, litiny a materiálů na bázi cementu, se v praxi v současné době nejvíce používají kovy s ochrannými povlaky a potrubí z plastu [7].

Nevýhodou plastů je menší pevnost ve srovnání s kovy, která klesá s časem, nízká odolnost při vyšších teplotách, křehnutí při nízkých teplotách, velká tepelná roztažnost, hořlavost, citlivost na vruby, vyhledávání zasypaného potrubí detektory, nemožnost uzemňování a rozmrazování elektrickým proudem.

## **5. MODELOVÁNÍ DISTRIBUČNÍHO SYSTÉMU**

Matematické modelování se v současné době řadí mezi základní prostředky v procesu distribuce pitné vody. Umožňuje tak porovnání experimentálních a teoretických výsledků výzkumu za účelem hlubšího poznání a porozumění procesů, které probíhají v proudící vodě a na stěnách potrubí distribučního systému.

Modelováním kvality vody v distribučním systému lze proces distribuce pitné vody nejen hodnotit či předpovídat možné zhoršení kvality vody, ale také lze vytvořit alternativní strategii řízení pro zlepšení kvality vody v systému jako je například návrh optimalizace řízení akumulčních nádrží, optimalizace hygienického zabezpečení s ohledem na výši vynaložených provozních nákladů [7].

Kalibrace modelu je proces, při němž jsou měněny hodnoty některých veličin tak, aby byla dosažena co největší shoda vypočtených a naměřených hodnot. Většinou se jedná o parametry, které nejsou přímo změřitelné a pro jednotlivé části distribučního systému se mohou lišit. Pro hydraulické modely je typickým příkladem parametr koeficient hydraulické drsnosti potrubí. Tato veličina prakticky nikdy není známa a v jednotlivých částech distribučního systému se liší. Hodnota drsnosti je závislá na používaném materiálu, stáří potrubí a na průtokových poměrech dané sítě v daném místě. Např. o několik desítek metrů dále může být poloviční nebo naopak dvojnásobná [34].

Vodovodní síť je tlakový trubní systém, při jehož hydraulické analýze se s výhodou využívá metod matematického modelování. Cílem je získání potřebných informací o tlakových a průtokových poměrech v těchto sítích zejména pro potřeby provozování a řízení stávajících distribučních systémů, projektování nových trubních rozvodů a také pro potřebu jejich rekonstrukcí, případné rozšiřování a napojování nových odběratelů. Měření přímo na síti umožňuje získat informace o průtokových a tlakových poměrech přímo v místě měření. K získání těchto údajů pro celou síť je nutné osadit na síti velké množství měřících zařízení. To je sice technicky proveditelné, ale ekonomicky velmi náročné [35].

Velmi vhodné je používat k získání informací o průtokových a tlakových poměrech v síti matematický model, který je verifikován a zkalibrován na základě výsledků měření na skutečné síti ve vhodně a účelně zvolených bodech. Tento způsob poskytuje sice méně přesné informace než přímé měření, podá však informace o celé síti [35], [36].

## **6. PITNÁ VODA**

Zhoršování kvality pitné vody je důsledkem chemických, fyzikálně-chemických a biologických procesů, které probíhají v systému její distribuce, a to jak bezprostředně v dopravované pitné vodě, tak i v interakci se změnami na stěnách potrubí, vodojemů a armatur. K takovýmto procesům patří např. biochemický rozklad organických látek, nitrifikace, bakteriální dekontaminace, koroze, oxidace, hydrolýza, chlorace organickými sloučeninami, sedimentace částic různé velikosti a další [37], [38].

Procesy degradující kvalitu upravené vody v distribuční síti mohou probíhat různou rychlostí v závislosti na složení dopravované vody, na druhu a dodávce dezinfekčního činidla, na době zdržení vody v síti, a dále na teplotě, v závislosti na ročním období [39], [40], [41].

Mezi faktory významně ovlivňující kvalitu dopravované vody patří materiál potrubí včetně případné ochranné vrstvy vnitřního povrchu, technický stav celku či úseků distribuční sítě, charakter hydraulických poměrů a doba zdržení dopravované vody v síti [42].

Za nejdůležitější faktory ovlivňující průběh koroze kovů je nutno považovat: pH, teplotu, tlumivou kapacitu, obsah kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě, iontové složení vody, obsah organických látek, velikost styčné plochy, povrchové vlastnosti kovového materiálu, dobu působení, existence a druh úsad, vlastnosti korozních produktů, hydraulické podmínky a eventuálně přítomnost některých mikroorganismů (viz. Příloha 4). V konkrétní kombinaci těchto faktorů se pak uplatňuje různá míra jejich podílu na ovlivnění korozní rychlosti i převládajícímu druhu koroze, [5], [43], [44], [45].

### **6.1. Dezinfekce vody**

Dezinfekce pitné vody se může provádět různými způsoby a prostředky, musí však zničit patogenní zárodky i jiné mikroorganismy, které ovlivňují konečnou jakost vody. Volba jednotlivých způsobů a prostředků závisí na několika činitelích např. na množství vody a jejím složení, na způsobu jímání a distribuce, dále způsobu úpravy, na místních poměrech a konečně i na ekonomických ukazatelích. Porovnání požadavků na dávkování, zařazení a vlastnosti dezinfekčních činidel je uvedeno v Příloze 5. Tabulka s výhodami a nevýhodami jednotlivých způsobů dezinfekce pitné vody je uvedena v Příloze 6 [46].

Jedním z procesů probíhajících při dopravě vody ke spotřebiteli a ovlivňujících změny kvality vody je úbytek zbytkového dezinfekčního činidla v důsledku reakce s organickými a anorganickými materiály ve vodě, reakcí s biomasou na stěně potrubí za souběžné tvorby vedlejších produktů dezinfekce [47].

Přehled vedlejších produktů dezinfekce, které se tvoří při použití jednotlivých dezinfekčních činidel, je uveden v Příloze 7.

## **6.2. Depozity**

V každé distribuční síti pitné vody dochází k usazování nerozpuštěných látek, pocházejících jak z vlastního procesu úpravy, tak z procesů probíhajících v potrubí. Nerozpuštěné látky z procesu úpravy vody jsou tvořeny zejména částicemi náplně filtrů (písek, antracit, aktivní uhlí) příp. vločkami hydratovaných oxidů železa nebo hliníku, pocházejícími z praní filtrů příp. tvořenými dodatečnou flokulací v upravené vodě [48].

V potrubí mohou nerozpuštěné látky vznikat vlivem koroze, příp. eroze cementové vystýlky, v důsledku oprav nebo výměny potrubí, oddělením části biofilmu atd. Také rozpuštěné organické látky mohou v dopravované vodě přecházet v důsledku trofické aktivity na látky nerozpuštěné [49], [50].

V závislosti na hydraulických podmínkách může docházet v distribuční síti jak k usazování nerozpuštěných látek, tak k jejich resuspendování. Vodou unášené částice nerozpuštěných látek zhoršují její senzoričné vlastnosti (barva, zákal, pach, chuť), zvyšují spotřebu dezinfekčního činidla k hygienickému zabezpečení a stávají se potenciálním zdrojem rizikových látek, vznikajících chemickými reakcemi mezi organickými látkami a dezinfekčním činidlem, většinou chlorem [51], [52], [53].



Voda z této soustavy je dodávána do všech bývalých okresů v kraji – významná spotřebišť zásobená z tohoto zdroje jsou České Budějovice, Český Krumlov, Prachovice, Strakonice, Písek, Blatná, Tábor, Jindřichův Hradec, Milevsko a další obce. Celkem dodává pitnou vodu do 151 měst a obcí.

Z úpravny pitná voda protéká vodovodními řady dlouhými přes 533 kilometrů. Jde o území s rozlohou cca 6 300 km<sup>2</sup> a přes 380 tisíce obyvatel. V rámci zásobení pitnou vodou na území Jihočeského kraje je její úloha tudíž nezastupitelná. Objekt úpravny vody je možno najít mezi obcemi Vidov a Heřmaň v okrese České Budějovice [31].

### **7.1. Charakteristika distribučního systému**

Zdrojem surové vody je vodárenská nádrž Římov (1 500 l.s<sup>-1</sup>) ležící na řece Malši a vrt Vidov (40 l.s<sup>-1</sup>). Malše pramení na severním svahu Viehbergu v Rakousku v nadmořské výšce 900 m.

V minulosti byly pro ochranu největší vodárenské nádrže Římov v rámci udržení poměrů v povodí pod většími zmeliorovanými celky vybudovány dočišťovací předzdrže. Jedná se o rybníky Malče, Květoňov, Štanglice, Dobečov, Budákov, Dlouhá a Výheň.

Nezanedbatelným problémem je i zanášení nádrže splaveninami vlivem smyvu z okolí a abraze břehů. Zanášení se týká všech nádrží, a je mu věnována pouze malá pozornost.

#### **7.1.1. Historie**

V letech 1971-1978 byla na řece Malši vybudována vodárenská nádrž Římov, která spolu s o tři roky později dokončenou úpravnou vody Plav vytvořila základ dnešní Jihočeské vodárenské soustavy.

#### **7.1.2. Rozdělení**

Vodní dílo je rozděleno na tyto objekty:

- I. Vodní nádrž Římov s věžovým objektem
- II. Přívod surové vody
- III. Úpravna vody Plav

#### **I. Vodní nádrž Římov s věžovým objektem**

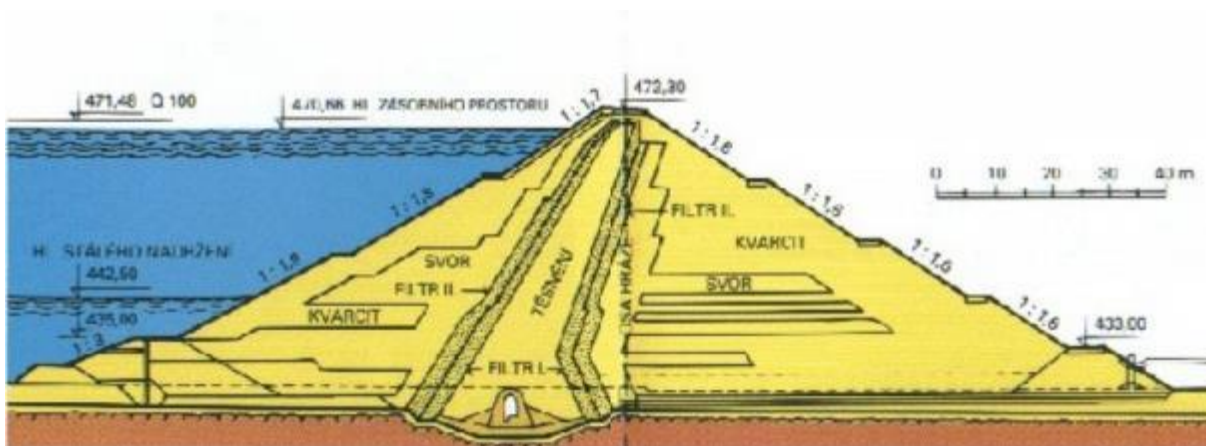
Vodárenská nádrž na řece Malši

celkový ovladatelný objem nádrže	33 636 mil. m <sup>3</sup>
zatopená plocha ovladatelného prostoru	210,31ha
minimální průtok pod hrází	650 l.s <sup>-1</sup>
zajištěný průtok pro úpravnu (čistý průměr)	1 680 l. s <sup>-1</sup>
plocha povodí pro profil hráze	488 km <sup>2</sup>

Hráz je přímá, kamenitá, sypaná z místních materiálů (rul, svorů a kvarcitů) s vnitřním zemním těsnícím jádrem. Mezi těsnící a stabilizační částí je dvoustupňový

štěrkopískový filtr. Základem těsnícího jádra prochází železobetonová injekční a kontrolní štola (profil 2,5 x 3,65 m), založená do skalního podloží.

výška přehrady	48 m
délka hráze v koruně	328,8 m
šířka hráze v patě	183,7 m
celková kubatura hráze	491 872 m <sup>3</sup>



Obr. 2 Řez hrází vodní nádrže Řimov. Zdroj: [www.rimov.cz](http://www.rimov.cz)

Odběrový věžový objekt je postaven v nádrži u návodní paty hráze a dosahuje nad nejvyšší hladinu v nádrži. Na vrcholu je umístěna horní strojovna, přístupná po ocelové příhradové lávce z koruny hráze. Vodárenský objekt tvoří dvě mokré šachty, vysoké 39,15 m s možností zonálního<sup>1</sup> odběru surové vody. Ze dna každé odběrné šachty je voda odváděna samostatným potrubím, uzavíratelným klapkovým uzávěrem v dolní strojovně.



Obr. 3 Odběrový věžový objekt. Zdroj: [www.foto.mapy.cz](http://www.foto.mapy.cz)

<sup>1</sup> druh odběru, při němž se odebírá voda z různých hloubek na vertikální ose objektu

## II. Přívod surové vody

Surová voda přitéká potrubím z přehradní nádrže Římov na řece Malši do úpravně vody v Plavu. Je přiváděna štolovým přivaděčem DN 2 000 a ocelovým potrubím DN 1 400 do ÚV Plav přes turbínu o výkonu 610 kW.



Obr. 4 Potrubí o průměru 1200 milimetrů přivádí surovou vodu. Zdroj: [www.jvs.cz](http://www.jvs.cz)

## III. Úpravna vody Plav

ÚV Plav je největším zdrojem pitné vody pro celou oblast jižních Čech. Maximální projektovaný výkon ÚV Plav v současné době je  $1\,400\text{ l. s}^{-1}$ , skutečná produkce je cca 21 mil.  $\text{m}^3$  ročně, tj.  $665\text{ l. s}^{-1}$  [54].



Obr. 5 ÚV Plav. Zdroj: [www.jvs.cz](http://www.jvs.cz)

### *i. Technologické části*

Dvoustupňová (trojstupňová - 3. stupeň uveden do provozu až po provedení měření) úprava povrchové vody:

1. stupeň: koagulace, flokulace, usazování
2. stupeň: písková filtrace, ztvrzování, zdravotní zabezpečení
3. (stupeň: GAU - 5 filtrů naplněných aktivním uhlím)







## I. Západní větev

### i. Úsek 1 část A ÚV Plav - VDJ Včelná - VDJ Hlavatce

Z ÚV Plav je voda čerpána do vodojemu Včelná 6 x 6 000 m<sup>3</sup> (462,00 / 456,00 m n. m.) řadem DN 1 000 délky 2 972 m, odkud je gravitačně přiváděna do vodojemu Hlavatce 8 000 m<sup>3</sup> (424,00 / 419,00 m n. m.) řadem DN 1 000 délky 24 640 m.

- **úsek 1 - 3 VDJ Včelná - České Budějovice - Hluboká nad Vltavou**

Z VDJ Včelná je voda čerpána do VDJ Včelná – Benzina 400 m<sup>3</sup> (486,00 / 481,00 m n. m.) zásobující přes ATS obec Včelná. Z VDJ Včelná vede řad DN 1000 přes šachtu Litvínovice do II. tl. pásma Č. Budějovic s odbočkou do obcí Homole, Nová Homole a do VDJ Černý Dub 50 m<sup>3</sup> (441,80 / 439,00 m n. m.), z něhož je voda čerpána do obce Černý Dub. Přes rozvodnou síť Českých Budějovic pokračuje řad z VDJ Včelná do Hluboké nad Vltavou. Město Hluboká nad Vltavou je zároveň zásobeno i řadem z VDJ Hosín I.

Na řadu z Č. Budějovic do Hluboké nad Vltavou jsou zřízeny odbočky na České Vrbno a ČOV Hrdějovice a přes RŠ do Bavorovic.

- **úsek 1 - 3 - 1 Hluboká nad Vltavou - VDJ Zliv**

Z Hluboké nad Vltavou natéká voda zásobním řadem do VDJ Zliv I a do ČS ÚV Zliv. Na řadu jsou zřízeny odbočky do Bezdrevské Bašty a do Munic.

- **úsek 1 - 3 - 2 VDJ Zliv - ČS Olešník - VDJ Chlumeč**

VDJ Zliv I je zdrojem pitné vody obce Zliv, která je zásobena i z VDJ Zliv II a řadu Zliv - MAPE. Do věžového VDJ Zliv II 100 m<sup>3</sup> (447,90 / 443,1 m n. m.) je voda čerpána ČS Zliv z řadu Hluboká nad Vltavou - Zliv. Z ČS Zliv je voda též dopravována výtlačným řadem do VDJ Chlum 300 m<sup>3</sup> (472,40 / 468,40 m n. m.). Z tohoto VDJ pokračuje řad do ČS Olešník a dále do VDJ Chlumeč.

Na trase z VDJ Chlum do ČS Olešník jsou z řadu dvě odbočky:

- jedna gravitačně zásobuje obce Zahájí, Mydlovary a Zbudov, odbočka pokračuje do MAPE,
- druhá odbočka těsně před ČS Olešník

Z ČS Olešník se čerpá voda do dvou směrů. Prvním výtlačným řadem do VDJ Dříteň 500 m<sup>3</sup> (470,87 / 467,57 m n. m.) odkud voda gravitačně napájí dva zásobní řady:

- jeden gravitační řad zásobuje obce Dříteň, Libiv, Velice a Nákří,
- druhý gravitační řad zásobuje Malešice a Chvalešovice s odbočkou přes ATS obec Kočín.

Druhý směr čerpání z ČS Olešník je na VDJ Chlumeč, z kterého se zásobuje gravitačně obec Chlumeč a též gravitačně z něj natéká voda do PK Purkarec 50 m<sup>3</sup> (428,20 / 425,70 m n. m.) zásobuje obec Purkarec.

### **Odbočky na řadu VDJ Včelná - VDJ Hlavatce**

### **úsek 1 - 4 ČS Dubné - VDJ Lipí**

Obec Dubné je zásobena odbočkou z řadu VDJ Včelná - VDJ Hlavatce, za obcí je voda čerpána ČS Dubné jednak do VDJ Lipí 100 m<sup>3</sup> (499,00 / 496,00 m n. m.), který je zároveň dotován z prameniště Lipí, a zároveň přes AT stanici do Lipí a Kaliště u Lipí. Z VDJ Lipí natéká voda gravitačně do VDJ Habří.

### **úsek 1 - 5 ČS Čakov - VDJ Jankov**

Odbočka má dvě větve. První je voda čerpaná přes ČS Čakov do VDJ Jankov 300 m<sup>3</sup> (498,10 / 494,80 m n. m.), který zásobuje jednak Čakovec a Čakov a dále přes ATS Jankov obec Jankov. Druhá větev přivádí vodu do Žabovřesek a přes redukční šachtu do Jaronic a Křenovic.

### **úsek 1 - 6 VDJ Hlavatce - Češnovice**

Z VDJ Hlavatce je voda přiváděna do obcí Hlavatce, Sedlec, Vlnovy a Malé Chrástany a přes redukci tlaku Plástovice, Pašice, Pištín a Češnovice.

### **úsek 1 - 7 VDJ Hlavatce - Dívčice**

Z VDJ Hlavatce jsou zásobeny obce Lékařova Lhota, Novosedly, Česká Lhota, Dubenec a Dívčice.

### **Z ČS Hlavatce je voda čerpána třemi řady:**

#### **úsek 1 - 1 - Hlavatce - VDJ Zdobá - ČS Sudoměřice - VDJ Hodušín**

##### **• úsek 1 - 1 - část A VDJ Hlavatce - VDJ Zdobá**

Pitná voda je vedena výtlačným řadem DN 500 délky 19 951 m do VDJ Zdobá 3 000 m<sup>3</sup> (560,00 / 555,00 m n. m.). Z řadu VDJ Hlavatce - VDJ Zdobá vedou odbočky přes redukci tlaku do:

- VDJ Záblatí 100 m<sup>3</sup> (432,00 / 429,00 m n. m.), který gravitačně zásobuje obce Záblatí, Záblatíčko a Radomilice,
- VDJ Čičenice 250 m<sup>3</sup>, zásobuje obce Čičenice, Strpí a Újezdec.

Z VDJ Zdobá je zásobena jaderná elektrárna Temelín a obec Litoradlice.

##### **• úsek 1 - 1 - část B VDJ Zdobá - VDJ Varta II - ČS Sudoměřice**

Z VDJ Zdobá voda natéká přes VDJ Varta II 3 000 m<sup>3</sup> (452,50 / 447,50 m n. m.) gravitačním řadem DN 400 délky 11 209 m směrem do ČS + VDJ Sudoměřice 3 000 m<sup>3</sup> (456,30 / 451,30 m n. m.).

*Na úseku VDJ Zdobá - VDJ Varta II je několik odboček:*

- VDJ Sudoměřice je propojen s VDJ Hodětín 500 m<sup>3</sup> (463,47 / 458,97 m n. m.). Tého propojení není v současné době využíváno. Do vodojemu Hodětín natéká voda z vrtu Nová Ves přes úpravnu vody a čerpací stanici, zároveň jsou vrty zdrojem vody pro obec Nová Ves. Na řadu VDJ Sudoměřice - VDJ Hodětín jsou dvě odbočky na obce Březnice a Hodětín.

- VDJ Hodětín přivádí vodu do Bechyně a obcí Senožaty a Haškovicova Lhota. Nad městem Bechyně je vybudovaný vodojem Šibeniční vrch 300 m<sup>3</sup>, který je v současnosti mimo provoz. Z něho vedou odbočky do obcí Hutě a Bechyňská Smoleč, které mají vlastní zdroj s vodojemem. Odbočkou z tohoto řadu natéká voda do ČS s akumulací Černýšovice 40 m<sup>3</sup>, zásobuje pak obec Černýšovice.
- Z VDJ Sudoměřice je voda čerpána do VDJ Bezděčín 1 300 m<sup>3</sup> (508,00 / 504,00 m n. m.), ze kterého je zásobena obec Bezděčín a Želeč. Z vodojemu je čerpána voda do věžového VDJ Čenkov 500 m<sup>3</sup> (550,24 / 544,18 m n. m.). Tento zásobuje gravitačně obce Čenkov a Malšice.
- **úsek 1 - 1 - část C VDJ Sudoměřice - Bechyně - VDJ Hodušín**

Z VDJ Sudoměřice je voda čerpána ČS Sudoměřice do VDJ Hodušín I 650 m<sup>3</sup> (540,40 / 535,40 m n. m.) řadem DN 400 délky 19 833m.

VDJ Hodušín I je propojen s VDJ Hodušín II 2 x 1000 m<sup>3</sup> (540,40 / 535,40 m n. m.) a s nedalekým VDJ Skrýchov 400 m<sup>3</sup> (516,50 / 513,00 m n. m.), který zásobuje pitnou vodou obce Skrýchov u Opařan, Opařany a Stádlec.

Z VDJ Hodušín jsou samostatným řadem zásobovány obce Zběšičky, Srlín a Bernartice.

Na VDJ Hodušín navazuje řad severní větve vodárenské soustavy (úsek 2 - C) z VDJ Všečov přes VDJ Hodušín do Milevska.

**ii. Úsek 1 část B ČS Hlavatce - VDJ Drahonice - RO Vítkov**

Do VDJ Drahonice 12 000 m<sup>3</sup> (512,20 / 507,20 m n. m.) je veden výtlačný řad o profilech DN 1000 délky 7 981 m, DN 700 délky 6 753 m a DN 600 délky 8 380 m.

Z řadu vedou odbočky do obce Hvoždany a na ČS Hvoždany, z níž je voda čerpána do Libějovic, Chelčic a do VDJ Lomec 250 m<sup>3</sup> (506,45 / 503,15 m n. m.), který zásobuje přes AT stanici obec Lomec.

Další odbočka vede přes dochlorovací stanici do Vodňan, které jsou zároveň zásobeny i z VDJ Vodňany 1 300 m<sup>3</sup> (464,00 / 459,00 m n. m.), který zásobuje ještě obec Křtětice. VDJ Vodňany je dotovaný z řadu ČS Hlavatce - VDJ Drahonice přes rozdělovací objekt Krašovice. Z něho pak voda natéká výtlačným řadem do VDJ Drahonice.

Mezi největší odběratele na úseku 1 část B jsou města jako Strakonice, Písek, Protivín a Blatná, ale tento úsek již není v zájmové oblasti rozsahu disertační práce.

**iii. Úsek 1 - 2 ČS Hlavatce - VDJ Těšovice - VDJ Šibeniční Vrch**

Řad VDJ Hlavatce - VDJ a ČS Těšovice:

- Z ČS Hlavatce je voda čerpána řadem délky 22 180 m DN 500 do ČS a VDJ Těšovice 3 000 m<sup>3</sup> (511,50 / 506,50 m n. m.) s následujícími odbočkami:

- do VDJ Horánek 600 m<sup>3</sup> (477,60 / 473,00 m n. m.), odtud voda natéká do VDJ Hlodačky 100 m<sup>3</sup> (480,00 / 475,00 m n. m.), který zásobuje Sedlovice, Němčice a Mahouš. Z VDJ Horánek vede zásobní řad do Netolic a přes ČS Greinarov do obcí Lhenice a Vadkov,
- výtlačným řadem do VDJ Ptáčník 500 m<sup>3</sup> (470,00 / 465,00 m n. m.), který též zásobuje Netolice,
- do VDJ Velký Bor 100 m<sup>3</sup> (543,30 / 538,00 m n. m.), tento zásobuje obec Velký Bor,
- do VDJ Šipoun 100 m<sup>3</sup> (max. hladina 496 m n. m.), zásobující obec Šipoun, navrhuje se vybudovat odbočku s vodojemem 1 x 30 m<sup>3</sup> do obce Protivec,
- výtlačným řadem do VDJ Strunkovice - nový 250 m<sup>3</sup> (500,00 / 497,00 m n. m.), zásobující jednak Strunkovice nad Blaníci a Žichovec. Tento vodojem je propojen s VDJ + ČS Strunkovice - starý 100 m<sup>3</sup> (498,50 / 494,50 m n. m.) a z něj je voda čerpána do VDJ Dub - nový 100 m<sup>3</sup> (505,70 / 501,80 m n. m.) a VDJ Dub - starý 50 m<sup>3</sup> (505,00 / 501,80 m n. m.). Z těchto je poté zásobena obec Dub.
- Výhledově se vybuduje na řadu VDJ Strunkovice - starý a VDJ Dub - nový odbočka s vodojemem Dubská Lhotka 40 m<sup>3</sup>. Z tohoto vodojemu bude zásobena obec Dvorce a Dubská Lhotka.

Řad ČS Těšovice - Prachatice:

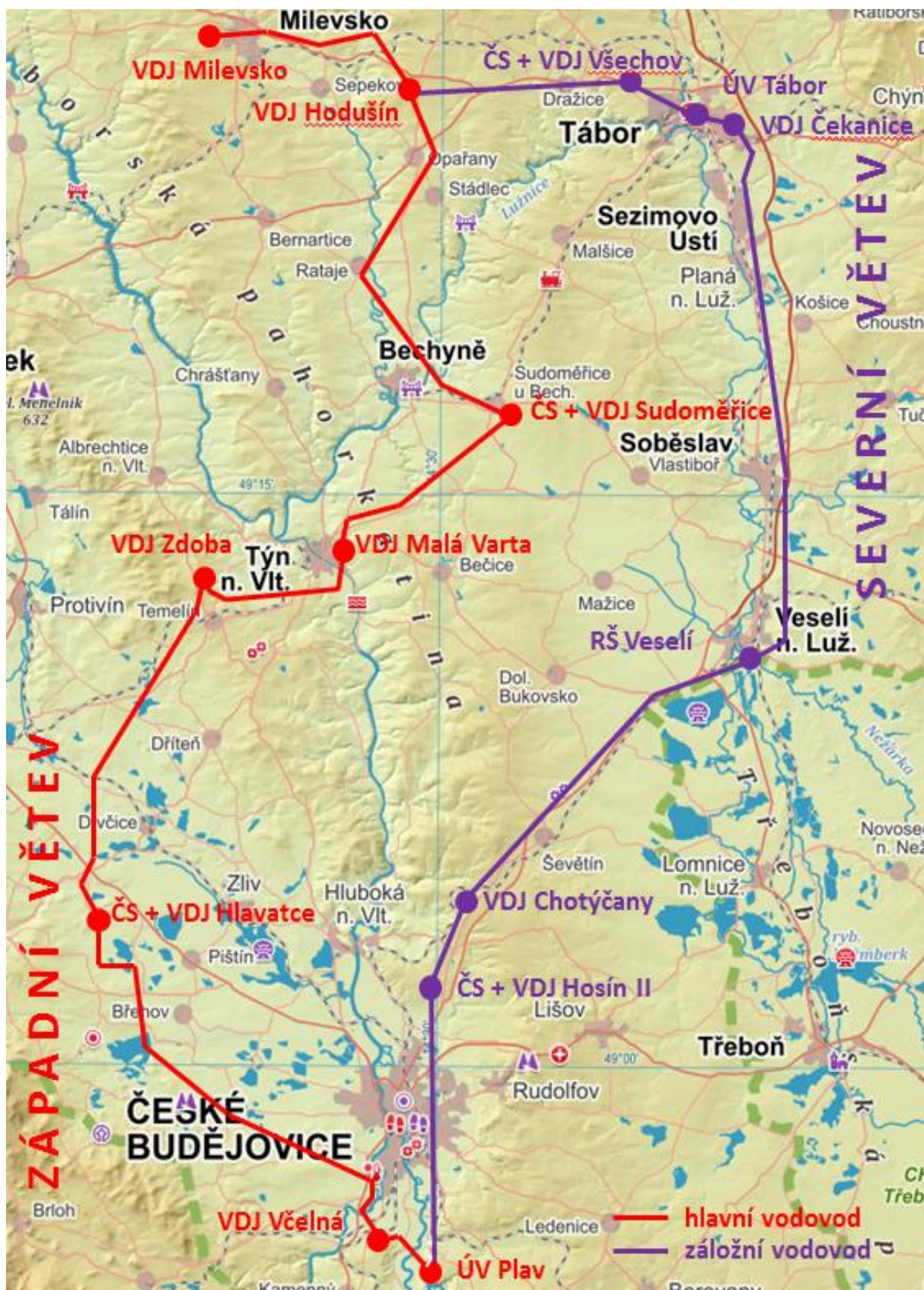
- Z VDJ Těšovice 3 000 m<sup>3</sup> je voda čerpána řadem DN 300 délky 3 500 m do VDJ Šibeniční Vrch I 1 300 m<sup>3</sup> (659,95 / 656,50 m n. m.) a s ním propojeného VDJ Šibeniční vrch II 2 000 m<sup>3</sup> (685,00 / 680,00 m n. m.). Tyto vodojemy jsou hlavní zásobárnou vody pro město Prachatice, které se dělí na tři tlaková pásma. Dalším vodojemem pro město je VDJ Hřbitovní 650 m<sup>3</sup> (621,78 / 616,26 m n. m.), do kterého natéká voda přes ÚV Prachatice z VDJ Šibeniční Vrch II.
- Z ČS Těšovice je voda též čerpána další odbočkou do VDJ Husinec 500 m<sup>3</sup> (578,10 / 574,80 m n. m.). Tento gravitačně zásobuje obec husinec a Výrov. Výhledově bude z VDJ Husinec vybudován přívodní řad do Vlachova Březí.
- Z Výtlačného řadu ČS Těšovice do Prachatic natéká voda i do místního vodojemu Těšovice 250 m<sup>3</sup> (max. hladina 560,00 m n. m.), který zásobuje obce Běleč, Bělečská Lhota a Těšovice.

### **úsek 1 - 2 - 1 VDJ Šibeniční Vrch - Prachatice**

Dalšími zdroji vody pro Prachatice jsou studna s ČS Nemocnice, jímání Lázně, ze kterého natéká voda do VDJ Lázně - starý a Lázně - nový, a VDJ Fefry 260 m<sup>3</sup> (619,38 / 616,38 m n. m.), který je dotován vodou z jímání Fefry a také z VDJ Šibeniční Vrch I.

Navrhuje se řad propojovací ÚV Prachatice s VDJ Šibeniční Vrch I. Z tohoto vodojemu bude výhledově vybudováno propojení s přívodním řadem z VDJ

Kahoy 1 x 20 m<sup>3</sup>, do něhož je surová voda jímána. Z tohoto vodojemu je zásobována obec Kahoy a výhledově obce Podolí a Oseky.



Obr. 7 Vodovodní přivaděče západní a severní větve pro VDJ Hodušín a VDJ Milevsko

## **II. Severní větev**

Z ÚV Plav je voda čerpána do vodojemu Hosín II 12 000 m<sup>3</sup> (462,00 / 457,00 m n. m.) řadem ocel DN 1 000 délky 15 255 m, a odkud je dále čerpána do vodojemu Chotýčany 2 x 6 000 m<sup>3</sup> (535,00 / 530,00 m n. m.) řadem ocel DN 1 000 délky 4 885 m. Odtud voda natéká gravitačně směrem na Veselí nad Lužnicí do RŠ Veselí řadem DN 1000 délky 19 966 m. Z RŠ pokračuje gravitační řad DN 1000 délky 2 797 m a DN 800 délky 29 175 m z oceli do VDJ Čekanice zásobující Tábor a gravitační řad DN 400 délky 8 482 m do VDJ Pleše 3 360 m<sup>3</sup> (501,5/496,5 m n. m.), ze kterého je voda čerpána do VDJ Děbolín 4 200 m<sup>3</sup> (536,20 / 541,20 m n. m.). Odtud natéká gravitačně do Jindřichova Hradce a přes ČS Hvězdárna o kapacitě 40 l/s do VDJ Fedrpuš 2 800 m<sup>3</sup> (540,1 / 535,1 m n. m.) a dále je propojen přes úpravnu vody Hamr až do VDJ Třeboň, ze kterého je pitnou vodou zásobeno město Třeboň.

Z VDJ Čekanice voda gravitačně natéká do ÚV Tábor, která slouží jako záložní zdroj pro město Tábor a odtud se přečerpává do VDJ ČS Všechnov. Z VDJ Všechnov se jako náhradní zásobování voda čerpá do VDJ Hodušín a dále gravitačně teče do VDJ Milevsko.

### **i. Úsek 2 část A ÚV Plav - VDJ Chotýčany - šachta Veselí nad Lužnicí**

Z ÚV Plav je voda čerpána do VDJ Heřmaň 400 m<sup>3</sup> (470,00 / 465,00 m n. m.), z něhož jsou zásobeny obce Plav, Heřmaň, Borovice a Nová Ves.

Na výtlačném řadu ÚV Plav - VDJ Hosín II je vybudována odbočka do Vidova a dále šachta Hodějovice, ze které voda natéká do VDJ a ČS staré Hodějovice 4 000 m<sup>3</sup> (462,00 / 475,00 m n. m.). Z tohoto vodojemu je voda dopravována do Českých Budějovic, VDJ Srubce a VDJ Hůrka.

Z následující šachty Dubičné na výtlačném řadu natéká voda do VDJ Dubičné 5 000 m<sup>3</sup> (462,00 / 457,00 m n. m.), z něhož je čerpána voda do VDJ Rudolfov III, do Dobré Vody a do Nového Vráta.

Z VDJ Hosín II natéká voda gravitačně do VDJ a ČS Hosín I a dále je výtlačným řadem dopravována čerpací stanicí Hosín II do VDJ Chotýčany. Odtud voda natéká do VDJ VAÚ Chotýčany 100 m<sup>3</sup>, z něhož jsou přes RŠ zásobovány Dobřeňovice. ATS Chotýčany dopravuje vodu z VDJ Chotýčany do obcí Chotýčany, Lhotice, Kolný a Velechvín. Z VDJ Chotýčany voda dále pokračuje gravitačně do šachty Veselí nad Lužnicí.

#### **• úsek 2 - 3 VDJ Staré Hodějovice - VDJ Hůrka - VDJ Srubec**

Z VDJ Staré Hodějovice je voda přečerpána do VDJ Srubec 500 m<sup>3</sup> (542,00 / 539,00 m n. m.) zásobující obec Srubec. AT stanicí je voda dopravována do části Staré Hodějovice, zbývající část gravitačně zásobuje VDJ Staré Hodějovice. Z VDJ Staré Hodějovice se voda čerpá do VDJ Hůrka 300 m<sup>3</sup> (531,00 / 527,00 m n. m.), z něhož jsou gravitačně zásobeny přes RŠ Nedabyle a Doubravice, dále Nová Ves, Borovnice a Heřmaň. Gravitačně je voda přiváděna i do části obce



Hůrka, zbývající část se zásobuje z VDJ Hůrka přes AT stanici. VDJ Staré Hodějovice patří mezi jeden z vodojemů pro zásobování Českých Budějovic.

- **úsek 2 - 4 - 1 VDJ Dubičné - Rudolfov - Hůry**

Z VDJ Dubičné 5 000 m<sup>3</sup> (462,00 / 457,00 m n. m.) se voda čerpá výtlačným řadem do VDJ Rudolfov III - Hlinicova Hora 2 000 m<sup>3</sup> (513,50 / 508,50 m n. m.), z kterého voda natéká přes rozvodnou síť II. tlakového pásma města Rudolfov do II. tlakového pásma Adamova a dále do II. tlakového pásma Hůr. I. tlakové pásmo Adamova a Hůr zásobuje VDJ Hůry 300 m<sup>3</sup> (529,00 / 525,00 m n. m.), do III. tlakové pásma je voda gravitačně přiváděna z VDJ Rudolfov II - Baba 250 m<sup>3</sup> (545,00 / 542,00 m n. m.), jehož zdrojem je přečerpaná voda z prameniště Trubky.

- **úsek 2 - 4 - 2 VDJ Dubičné - VDJ Rudolfov - Dobrá Voda**

Z VDJ Rudolfov III je voda dopravována přes ATS Kodetka do Hlincovy Hory. Přes další AT stanici jsou z VDJ Rudolfov II zásobeny dvě tlaková pásma Dubičného. Zároveň z vodojemu voda gravitačně natéká do VDJ Dobrá Voda 100 m<sup>3</sup> (493,00 / 489,00 m n. m.), z něhož je zásobena Dobrá Voda a Stará Pohůrka. Část rozvodné vodovodní sítě Dobré Vody je dotována vodou z VDJ Dubičné I.

- **úsek 2 - 5 VDJ Hosín - VDJ Hůry - VDJ Lišov**

Z VDJ Hosín I do Českých Budějovic odbočuje jednak gravitační řad do obce Úsilné a dále výtlačný řad přes ČS Úsilné pro dopravu vody do VDJ Hůry a do VDJ Lišov 650 m<sup>3</sup> (561,70 / 556,70 m n. m.). VDJ Hůry zásobující Libnič a části obcí Adamov a Hůry. Z VDJ Lišov vede gravitační řad do Lišova a přes jeho rozvodnou síť voda natéká do VDJ 150 m<sup>3</sup>, z něhož jsou zásobeny Hůry a Sosní.

- **úsek 2 - 6 VDJ Hosín I - VDJ Těšín - České Budějovice**

Z VDJ Hosín II natéká voda do VDJ Hosín I 4 000 m<sup>3</sup> (457,00 / 452,00 m n. m.). Z ČS Hosín I je voda čerpána do VDJ Těšín 800 m<sup>3</sup> (473,00 / 468,00 m n. m.). VDJ Hosín I zásobuje vodou České Budějovice a Hrdějovice, ty jsou zároveň zásobeny i z VDJ Těšín.

- **úsek 2 - 7 VDJ Hosín I - VDJ Těšín - VDJ Hluboká-Zámostí**

Z VDJ Hosín I natéká voda i do VDJ Hluboká - Zámostí 500 m<sup>3</sup> (442,50 / 439,20 m n. m.). Z tohoto řadu vedou odbočky na České Budějovice, do Hrdějovic a přes RŠ do Opatovic. Z VDJ Těšín je voda čerpána do obce Hosín a gravitačně je z něho zásobena Borek a II. tlakové pásmo Hrdějovic.

- **úsek 2 - 8 - 1 SMO Bukovská voda**

Řad Dolní Bukovsko propojuje řad VDJ Zdobá - VDJ Varta II a VDJ Chotýčany - RŠ Veselí. Zdrojem vody pro skupinový vodovod jsou vrty, z nichž je surová voda čerpána do úpravny vody Dolní Bukovsko. Upravená voda je z ÚV čerpána dvěma směry. Směrem na Jindřichův Hradec přes RŠ Veselí, kde je na odbočce vybudován věžový VDJ Bošilec 200 m<sup>3</sup> (498,00 / 494,00 m n. m.) zásobující obec Bošilec. Druhým směrem je voda vedena výtlačným řadem do VDJ Smrčí 1 600

m<sup>3</sup> (533,00 / 528,00 m n. m.). Z vodojemu teče voda gravitačně zpět do ČS Dolní Bukovsko s gravitační odbočkou do obcí Popovice a Hvozdno, která pokračuje jako výtlačný řad přes ATS Hvozdno do Radonic a Drahotěšic. Na řadu VDJ Smrčí - ČS Dolní Bukovsko je zbudována další odbočka, ze které je přes RŠ zásobeno Dolní Bukovsko, Pelejovice, a Neplachov. Na gravitačním řadu VDJ Smrčí - VDJ Varta I. Je zbudována gravitační odbočka do Bzí, Sobětic a Horního Bukovska, odbočka do Pořežánek a přes AT stanice do Modré Hůrky a Tuchonic, odbočka přes RŠ do Žlutice a Krakovčice, další odbočka přes RŠ do Bečice, odbočka do Dobšice a odbočka přes RŠ do Smilovic.

VDJ Varta II 2 x 1 500 m<sup>3</sup> (452,50 / 447,50 m n. m.) zásobuje II. tlakové pásmo, VDJ Varta I 650 m<sup>3</sup> (425,00 / 420,00 m n. m.) zásobuje I. tlakové pásmo Týna nad Vltavou. Celé město Týn nad Vltavou je zásobeno pitnou vodou z úpravny vody Dolní Bukovsko, odkud je voda přivedena přes VDJ Smrčí do VDJ Varta II a z něj i do VDJ Varta I. Ve VDJ Varta II je propojena VSJČ se skupinovým vodovodem Dolní Bukovsko (možnost náhradního zásobování města vodou z VSJČ). VDJ Varta II zásobuje přes redukci tlaku obec Hněvkovice vodou z VSJČ.

- **úsek 2 - 8 - 2 SMO Bukovská voda - Ševětín - Vitín**

Z VDJ Chotýčany natéká voda gravitačně do RŠ Veselí. Odbočky na řadu přivádějí vodu do Chotýčan - nádraží a do Ševětína. Obce Ševětín a Vitín jsou zásobeny ze skupinového vodovodu Dolní Bukovsko. VDJ Ševětín 250 m<sup>3</sup> (533,60 / 529,10 m n. m.) je v současné době umístěn za spotřebišťem, a proto slouží jako rezerva v případě poruch či oprav na vodovodních řadech.

- ii. **Úsek 2 část B šachta Veselí nad Lužnicí - VDJ Čekanice - VDJ Všečov**

Z rozdělovací šachty Veselí nad Lužnicí pokračuje řad DN 1 000 délky 2 797 m a DN 800 délky 29 175 m do VDJ Čekanice v Táboře. Z VDJ Čekanice vede gravitační řad DN 300 délky 2 084 m do ÚV Tábor. ÚV Tábor s odběrem povrchové vody z nádrže Jordán prošla v roce 2006 rekonstrukcí a v současné době slouží jako záložní zdroj vody při poruše na přívodním řadu z ÚV Plav. Z ÚV Tábor se voda čerpá řadem DN 400 do VDJ Všečov.

Na hlavním řadu je za rozdělovací šachtou Veselí vybudována odbočka, kterou je přiváděna voda do VDJ Zlukov 3 000 m<sup>3</sup> (473,00 / 468,00 m n. m.). Vodojem je zároveň napojen na ÚV Veselí nad Lužnicí přes ČS, tyto jsou v současné době mimo provoz. Z VDJ Zlukov jsou gravitačně dopravována azbestocementovým řadem DN 500 délky 7 375 m a DN 400 délky 14 120 m do ČS Sezimovo Ústí. Dále řad pokračuje jako výtlačný řad DN 400 délky 2 845 m do VDJ Svatá Anna v Táboře.

Z hlavního přívodního řadu DN 500 a DN 400 je voda přiváděna do obce Řípec a odbočným řadem DN 200 do VDJ Chlebov 1 000 m<sup>3</sup> (485,50 / 453,50 m n. m.), ze kterého jsou zásobovány Soběslav a Chlebov. Přímo z řadu jsou dále zásobena obec Zvěrotice - přes ATS a Klenovice. Odbočkou z hlavního řadu natéká voda do

VDJ Roudná 100 m<sup>3</sup> (440,85 / 437,55 m n. m.), který zásobuje přes ATS Janov obec Janov. Gravitačně je zásobena Roudná, část obce Skalice a Rybova Lhota. Zbýlá část Skalice je zásobena přes AT stanici.

Přes RŠ je na hlavní přívodní řad napojena obec Košice a Doubí. Košice jsou zároveň zásobeny ze studny přes věžový VDJ Košice 100 m<sup>3</sup> (486,79 / 482,20 m n. m.). Přímo z hlavního řadu je voda přiváděna do obcí Strkov a Planá nad Lužnicí. ČS Sezimovo Ústí s akumulací 1 000 m<sup>3</sup> (431,30 / 426,30 m n. m.) přečerpává vodu do VDJ sv. Anna I - Měšice 2 000 m<sup>3</sup> (477,50 / 472,50 m n. m.), který je zásobním vodojemem pro vodovodní síť Sezimova Ústí a I. tlakového pásma Tábora. VDJ sv. Anna I je propojen s VDJ sv. Anna II 4 000 m<sup>3</sup> (477,50 / 472,50 m n. m.), který je dotován vodou z hlavního řadu z ÚV plav. Z tohoto VDJ je též přes AT zásobeno Záluží.

Po trase hlavního řadu z rozdělovací šachty Veselí do VDJ Čekanice DN 1 000 a DN 800 jsou kromě odbočky do VDJ Zlukov ještě odbočky pro obec Košice, odbočka do VDJ Svatá Anna a odbočka do teplárny v Táboře. VDJ Čekanice I 3 000 m<sup>3</sup> a VDJ Čekanice II 12 000 m<sup>3</sup> (485,10 / 480,10 m n. m.) jsou zdrojem vody pro II. tlakové pásmo Tábora. III. tlakové pásmo města je zásobeno z VDJ Všechnov 3 000 (496,50 / 491,50 m n. m.), do kterého je voda přečerpávána přes ÚV Rytíř s akumulací 1 200 m<sup>3</sup> (437,23 / 435,23 m n. m.). ÚV Rytíř je v současné době v klidovém režimu, jako záložní zdroj pro náhradní zásobování.

Na rozvodnou vodovodní síť Tábora je napojen řad, kterým je dodávána voda do VDJ + ČS Dolní Horky 800 m<sup>3</sup> (453,00 / 448,00 m n. m.). Z tohoto je poté zásobena obec Horky.

#### • **úsek 2 - 9 - 1 šachta Veselí nad Lužnicí - VDJ Pleše - VDJ Děbolín**

Do VDJ Pleše je přiváděna voda z šachty Veselí nad Lužnicí dvěma souběžnými řady. Řad DN 500 v majetku SMO Bukovská voda přivádí vodu z ÚV Dolní Bukovsko a řad DN 400 v majetku JVS přivádí vodu z ÚV Plav (napojen v rozdělovací šachtě Veselí z řadu z VDJ Chotýčany do Tábora). Z VDJ Pleše je vedeno gravitační vodovodní potrubí, kterým je zásobeno Záhoří a Lžín, a ze kterého voda natéká do VDJ Doňov 100 m<sup>3</sup>, zásobující obce Doňov a Újezdec. Gravitačně je přes RŠ zásobena i Kardašova Řečice. Z VDJ Pleše je veden řad, který je posilován z ČS Pleše, přes rozvodnou síť obce Pleše až do věžového VDJ Višňová 100 m<sup>3</sup>. Tento zásobuje poté gravitačně obce Višňová a Dírná.

Z VDJ Pleše je voda přečerpána výtlačným řadem, z něhož je přímo zásoben Mnich a sv. Barbora, až do VDJ Děbolín 4 200 m<sup>3</sup> (541,20 / 536,20 m n. m.). Řad pokračuje z VDJ Děbolín do Jindřichova Hradce s odbočkami do Děbolína a Velkého Ratmírova, do Buku a přes AT stanici matná do obcí Matná a Ratiboř.

#### • **úsek 2 - 9 - 2 VDJ Děbolín - Jindřichův Hradec - VDJ Chlum u Třeboně**

Na rozvodnou vodovodní síť města Jindřichův Hradec jsou napojeny obce Dolní Skrýčov, Radouňka a Otín. Z řadu VDJ Děbolín - Jindřichův Hradec je voda čerpána ČS Hvězdárna do VDJ Fedrpuš I 2 800 m<sup>3</sup> (540,10 / 535,10 m n. m.), který

je propojen s VDJ Fedrpuš II 3 000 m<sup>3</sup> (540,10 / 535,10 m n. m.). VDJ Fedrpuš I je zdrojem pitné vody pro část Jindřichova Hradce a obcí Horní a Dolní Pěna. Z VDJ Fedrpuš II vede řad DN 400 do VDJ Chlum a ÚV Hamr.

Na tomto řadu jsou vybudovány i další odbočky. Přes RŠ je napojen Horní Žďár a přes AT stanici obec Polínko. Přímo z řadu jsou zásobeny obce Malíkov nad Nežárkou, Lásenice, Dolní Lhota, Příbraz, Libořezy a Lutová. Přes RŠ jsou připojeny Horní Lhota a Dolní Žďár, Mníšek a Stříbřec. Na tomto řadu je dále vybudována odbočka, na kterou je přes RŠ napojena Pístina - Odbočkou je zároveň voda dopravována do VDJ Stráž nad Nežárkou 250 m<sup>3</sup> (474,10 / 469,60 m n. m.), který gravitačně zásobuje Stráž nad Nežárkou.

- **úsek 2 - 9 - 3 VDJ Chlum u Třeboně - Třeboň - Novosedly nad Nežárkou**

Odbočkou z řadu VDJ Fedrpuš - ÚV Hamry natéká voda z ÚV Hamry do VDJ Chlum 400 m<sup>3</sup> (500,00 / 496,40 m n. m.), který slouží pouze jako armaturní komora bez využití akumulace. Ve VDJ je umístěna AT stanice pro vyšší pásmo Chlumu u Třeboně. Voda pro nižší tlakové pásmo je dopravována dále do města Chlum u Třeboně a přes jeho rozvodnou síť je napojena obec Staňkov. Na odbočce z řadu ÚV Hamr - VDJ Chlum u Třeboně je napojena přes armaturní šachtu obec Hamr. V armaturní šachtě Hamr je proveden propoj pro obce Hamr, Chlum u Třeboně a Staňkov s redukcí tlaku.

Zdrojem vody ÚV Hamr je štěrkopískové jezero Hamr, z něho je voda čerpána do akumulace. Z ÚV je voda čerpána do obce Majdaléna a dále do VDJ Třeboň - Kopeček 2 000 m<sup>3</sup> (444,60 / 475,40 m n. m.). Z VDJ Třeboň - Kopeček je voda čerpána ČS Kopeček do vodovodní sítě vysokého tlakového pásma Třeboně. Na rozvodnou síť města je napojena obec Břilice.

ČS Kopeček dopravuje s redukcí tlaku vodu jednak do nízkého tlakového pásma Třeboně a současně do obcí Nová Hlína a Stará Hlína je přes obce Mláka a Novosedly nad Nežárkou zároveň zásobena z věžového VDJ Novosedly nad Nežárkou 100 m<sup>3</sup> (480,00 / 475,00 m n. m.). Do vodojemu je voda čerpána přes úpravnu vody Novosedly nad Nežárkou z vrtů. Přes rozvodnou síť města Novosedly nad Nežárkou jsou napojeny i obce Kolence a Klec.

V případě závažných havarijních stavů a odstávky ÚV Hamr lze z ÚV Plav přes ČS Pleše, VDJ Děbolín a Jindřichův Hradec řadem (VDJ Fedrpuš - ÚV Hamr) zásobovat uvedené obce a města včetně Třeboně.

**iii. Úsek 2 část C VDJ Všechnov - VDJ Hodušín - VDJ Milevsko**

VDJ Všechnov je propojen s VDJ Hodušín I, II výtlačným řadem DN 350 délky 11 255 m. Z tohoto řadu jsou přímo zásobeny obce Zahrádky a Dražice i částečně Drhovice. Odbočkou z VDJ Hodušín je přivedena voda do Skrýchova u Opařan a do VDJ Skrýchov 400 m<sup>3</sup> (516,50 / 513,00 m n. m.), který gravitačně zásobuje Opařany a Stádlec. Z vodovodů Hodušín I, II jsou přímo zásobeny Zběšičky a Srlín. Z VDJ Hodušín voda gravitačně natéká do VDJ Bernartice 500 m<sup>3</sup> (467,70 / 484,40 m n. m.) zásobující obec Bernartice.

Z VDJ Hodušín voda gravitačně natéká řadem DN 350 a DN 300 délky 10 454 m do VDJ Milevsko nový 1 000 m<sup>3</sup> a dále do VDJ Milevsko starý 100 m<sup>3</sup> (522,00 / 518,00 m n. m.), a do VDJ ZVVZ 500 m<sup>3</sup>. Tyto vodojemy zásobují Milevsko a obec Zbelítov.

Na řadu z VDJ Hodušín I do VDJ Milevsko je odbočka do VDJ Sepekov 200 m<sup>3</sup> (minimální hladina 475,20 m n. m.), ze kterého jsou zásobeny obce Sepekov a Božetice. Dále je voda čerpána s odbočkami do obcí Držkrajov a Týnice do VDJ Přeštěnice 150 m<sup>3</sup>, z něj gravitačně přitéká do Přeštěnic.

### **III. Jižní větev**

Z ÚV Plav je voda čerpána do vodojemu Bukovec 4 000 m<sup>3</sup> (513,00 / 508,00 m n. m.) řadem ocel DN 400 délky 5 160 m. Z ČS Bukovec je výtlačným řadem DN 400 délky 10 678 m a DN 500 délky 915 m voda čerpána (přes hranice okresů ČB a ČK) do vodojemu Domoradice (Liščí vrch) 2 × 2 500 m<sup>3</sup> (597,00 / 592,00 m n. m.), který je řídicím vodojemem pro Český Krumlov. Z ČS Bukovec odbočuje též výtlačný řad DN 300 do VDJ Netřebice pro zásobování Velešínska a Kaplicka.

Z řadu do vodojemu Domoradice jsou provedeny dvě významnější odbočky. Jedna (zdvojená) byla realizována pro možnost zásobení obce Dolní a Horní Třebonín resp. jako nátok ke zrychlovací ČS pro uvažovaný záměr dopravovat vodu do VDJ Netřebice. V současné době jsou obě větve - ocel DN 200 délky 2 × 180 m - trvale zavřeny, neboť obec Dolní Třebonín je stále připojena na skupinu Pořešín a záměr čerpat vodu do VDJ Netřebice nebyl v této trase realizován. Ve výhledu se počítá s výstavbou nového řadu, který by přímo propojil VDJ Bukovec a VDJ Netřebice. Druhá odbočka je vysazena pro plnění VDJ Rájov 150 m<sup>3</sup> (511,60 / 507,90 m n. m.), (není součástí soustavy). Odbočka z výtlačky do VDJ je z IPE DN 90 délky 400 m. V místě odbočky je armaturní šachta s redukcí tlaku a vodoměrem.

Na řad ÚV Plav - VDJ Domoradice jsou připojeny následující odbočky. Z řadu je voda čerpána do VDJ Kamenný Újezd 200 m<sup>3</sup> (534,20 / 527,80 m n. m.), odtud voda přitéká přes redukční šachtu do města Kamenný Újezd. Na rozvodnou síť města je napojena obec Kosov. Levostrannou odbočkou je voda přiváděna výtlačným řadem do VDJ Ovčín 2 × 150 m<sup>3</sup> (472,00 / 468,00 m n. m.), z něhož je gravitačně zásobena obec Straňany, Doudleby a ve výhledu i obec Dolní Stropnice. Z vodojemu Bukovec vede přímá odbočka do obce Bukovec.

S vodojemem Domoradice je propojen vodojem a čerpací stanice Nádraží 1 × 650 m<sup>3</sup> (581,42 / 576,42 m n. m.), do něhož natéká voda přes VDJ Vyšný – Vojsko 1 × 150 m<sup>3</sup> (616,70 / 611,90 m n. m.) a VDJ Vyšný 1 × 150+1 × 650 m<sup>3</sup> (657,30 / 654,00 m n. m.) z pramenišť Blanský Les a Vyšný. Z vodojemu Vyšný je zároveň zásobena obec Vyšný.

Na konci řadu pod VDJ Domoradice je provedena armaturní šachta s možností přímého propojení výtlačky z ČS Bukovec na zásobní řad DN 500 do VDJ Nádraží I města Český Krumlov (jen v případě havárie VDJ Domoradice).

Ve výhledu bude vybudována AT stanice, přes níž se na rozvodnou síť města Český Krumlov napojí stávající vodovod obce Slupenec. Ten je zásoben z vodojemu Slupenec  $1 \times 50 \text{ m}^3$ , do něhož přitéká voda z vrtu a studny.

Dalšími zásobními vodojemy pro město Český Krumlov jsou VDJ Ptačí Hrádek  $1 \times 650 \text{ m}^3$  (580,70 / 575,70 m n. m.), VDJ + PK Hessova Studna  $60 \text{ m}^3$  (536,60 / 534,10 m n. m.), VDJ + ČS Plešivec II.  $1 \times 650 \text{ m}^3$  (579,00 / 573,00 m n. m.), VDJ Plešivec III.  $1 \times 150 \text{ m}^3$  (611,20 / 606,20 m n. m.), VDJ Horní Brána  $1 \times 1 \times 400 \text{ m}^3$  (585,80 / 580,80 m n. m.) a VDJ Rozsyp  $2 \times 100 \text{ m}^3$  (571,30 / 568,60 m n. m.). Do posledního natéká voda z pramene Mariánský.

Jižní větev má ještě další rozvětvení, ale pro disertační práci je již nepodstatná.

#### **IV. Plánovaná výstavba řadů do budoucna**

Do budoucna se počítá s napojením severního Písecka na vodárenskou soustavu jižních Čech. Jedná se o obce Mirovice, Čimelice, Mirovice, Orlík nad Vltavou, Lety a další. V plánu bylo i napojení Příbrami, ale od toho bylo v roce 2009 upuštěno a Příbram je tak zásobena z jiných zdrojů.

##### **7.1.4. Nepříznivé klimatické vlivy**

###### **I. Mrazy**

Silný mráz způsobuje praskání vodovodního potrubí a tím i ztrátu vody. Při silných mrazech začátkem roku 2012 museli pracovníci Jihočeského vodárenského svazu řešit sedm poruch, zatímco třeba za celý rok 2011 bylo zaznamenáno pouze šest poruch, proto musela úpravná voda Plav zvýšit v arktických mrazech výkon proti běžnému období o deset procent. Důvodem byly vyšší ztráty na vodovodních sítích v jednotlivých městech a obcích. Většina vodovodů vede v obcích v komunikacích. Pod povrchem, který není na silnicích překryt sněhovou pokrývkou, pak dochází k rychlejšímu promrzání zeminy. A to má samozřejmě vliv na vodovodní potrubí, které praská.

###### **II. Povodně**

Povodně se svými hospodářskými i celospolečenskými dopady právem řadí mezi krizové situace. Uvádím krátkou informaci o tom, jakým způsobem ovlivnily povodně v srpnu roku 2002 systém centrálního zásobování v jižních Čechách.

Hodnocení vlivu povodní bylo rozděleno do čtyř oblastí: vliv povodně na zdroj surové vody, na úpravnou vodu a kvalitu vody a rozvodnou síť.

###### **i. Vliv na zdroj surové vody**

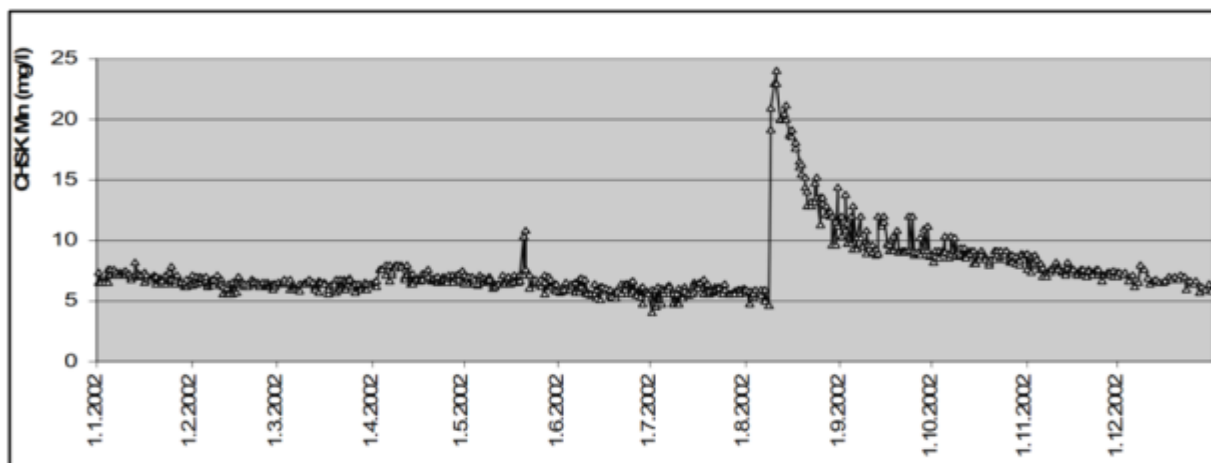
Surovou vodu lze za obvyklého stavu charakterizovat jako vodu huminového typu s hodnotou  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  v rozmezí 4 - 7  $\text{mg.l}^{-1}$ , málo mineralizovanou s neutralizační kapacitou 0,3 - 0,5  $\text{mmol.l}^{-1}$ , slabě kyselou pH 6 - 7.

Vliv povodně v srpnu 2002 na vybrané parametry surové vody je v následující Tabulce 1.

Tabulka 1 Srovnání průměrných parametrů surové vody odebírané pro ÚP Plav a maxim zaznamenaných při povodních v srpnu 2002

Parametr	Jednotka	před povodní (01. 01. 2002 - 31. 07. 2002)		povodňové maximum (09. 08. 2002)
		min-max	průměr	max
pH		6,2-7,8	6,52	5,9
KNK4,5	mmol.l <sup>-1</sup>	0,40-0,62	0,45	0,09
CHSK Mn	mg.l <sup>-1</sup>	2,6-10,8	5,6	24
Barva	mg.l <sup>-1</sup> Pt	7,1-11,7	8,3	120
Zákal	ZF	1,2-7,6	1,7	398
Ca+Mg	mmol.l <sup>-1</sup>	0,5-0,6	0,51	0,3
Mn	mg.l <sup>-1</sup>	0,0-0,08	0,014	0
Fe	mg.l <sup>-1</sup>	0,08-0,52	0,23	4,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,1-0,52	0,19	0,26
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	9,3-13,1	10,4	4,2
Cl <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	9,8-12,4	10,6	3,5
KB	KTJ.ml <sup>-1</sup>	0-18		1300
Pb	μg.l <sup>-1</sup>	<5		5
Hg	μg.l <sup>-1</sup>	<0,1		0,2

Pro ilustraci je na následujícím obrázku uveden detailní průběh změny obsahu organických látek (CHSK<sub>Mn</sub>) jako rozhodujícího parametru pro úpravu vody (obrázek 8).



Obr. 8 Surová voda pro ÚV Plav (ÚN Římov) I-XII. 2002

Povodňová voda byla zatížena především suspendovanými látkami, zákal vody se zvýšil cca 200x v porovnání s normálním stavem. Významně se zvýšil obsah organických látek i bakteriologické oživení vody. Ve vodě byly nalezeny měřitelné koncentrace olova, rtuti a arzenu. Ve všech případech šlo o hodnoty hluboko nad přípustným limitem. Chlorované pesticidy nebyly prokázány. Obsah minerálních solí  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  byl vlivem naředění dešťovou vodou cca poloviční v porovnání s obvyklými hodnotami.

K navrácení kvality surové vody do obvyklé polohy došlo po cca 140 dnech, to odpovídá teoretické době zdržení vody v nádrži při průměrném přítoku.

Kromě vlivu na kvalitu jímané vody způsobila povodňová vlna i technické problémy na vlastním přivaděči surové vody. Abrasní činností vody povodňového průtoku došlo k obnažení přivaděče surové vody DN 1 400 v úseku cca 120 m pod přehradou Římov a k podplavení pilířů mostu v Římově, který se propadal a ohrožoval potrubí hlavního přivaděče uloženého na mostní konstrukci. K odstranění tohoto rizika vydal hejtman Jihočeského kraje příkaz, kterým uložil JVS a Povodí Vltavy provedení nezbytných technických prací. Technické práce řídilo a financovalo Povodí Vltavy. Během noci z 10. na 11. srpna bylo na potrubí navezeno cca 500 m<sup>3</sup> kamene.

#### **ii. Vliv na provoz úpravny vody**

S ohledem na výškové umístění nebyly objekty úpravny vody v Plavu v bezprostředním ohrožení, rovněž nebyla přerušena dodávka elektrické energie. Veškerá opatření byla proto směřována na vlastní proces úpravy a eliminaci vlivu zhoršené kvality vstupní vody.

Provedená opatření zahrnovala:

- zajištění trvalé přítomnosti chemické služby pro řízení dávkování chemikálií, odkalování usazovacích nádrží, praní filtrů a provádění plánovaných základních rozborů (technolog + laborantka) podle stanovené normy
- doplnění provizorní předalkalizace surové vody do technologické linky ÚV dnes stabilní součástí procesu úpravy)
- optimalizaci dávek chemikálií

V porovnání s normálním stavem byl v době kulminace zaznamenán cca 50% nárůst spotřeby vody (930 l.s<sup>-1</sup> s oproti 620 l.s<sup>-1</sup>) i dávky základního koagulantu:

Tabulka 2 ÚV Plav - porovnání s normálním stavem

		před povodní (01. 01. 2002 - 31. 07. 2002)		během povodně (09. 08. 2002 - 09. 09. 2002)	
		min-max	avg.	min-max	avg.
výkon úpravny	l.s <sup>-1</sup>	600-850	622	600-930	711
dávka Fe	mg.l <sup>-1</sup>	7,4-9,6	7,7	7,8-13,4	12,6
dávka Cl <sub>2</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	1,2-1,6	1,4	1,3-1,6	1,5
spotřeba tech. vody	m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>		1500		2095

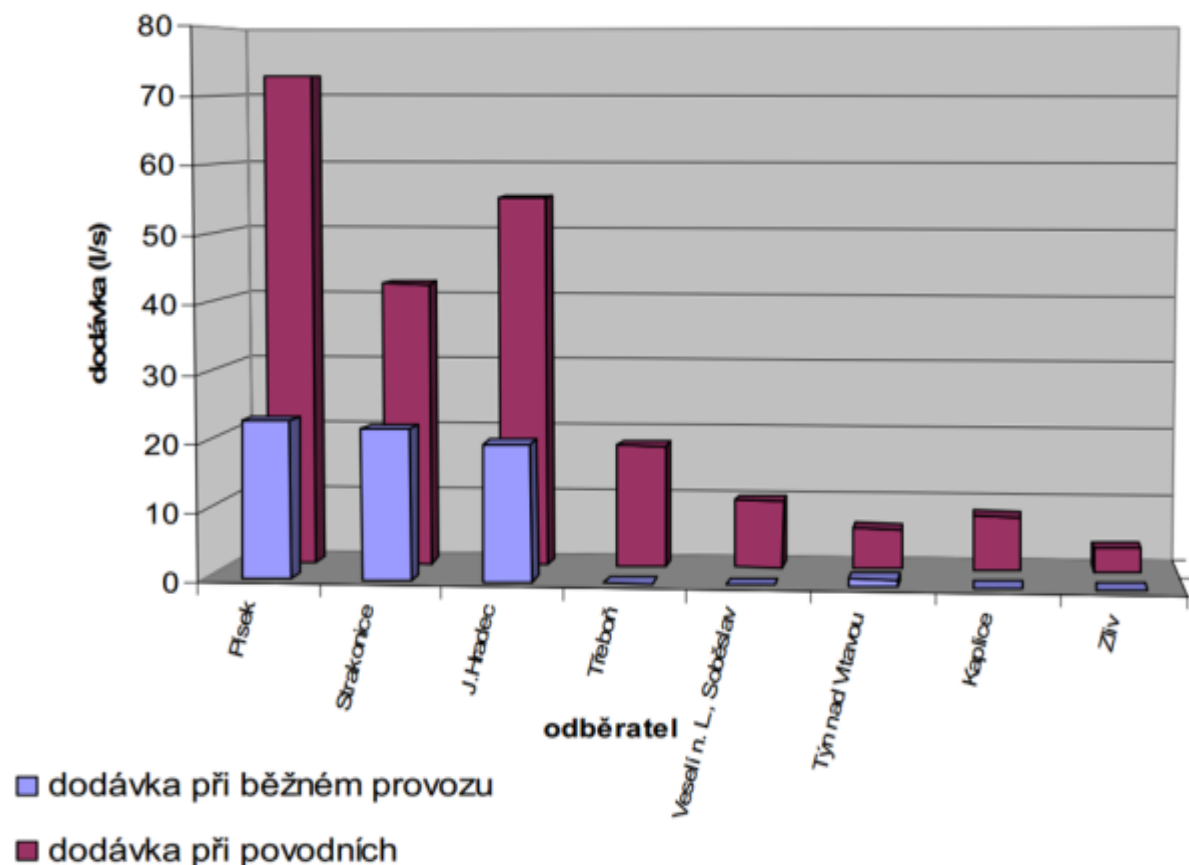


Zvýšená spotřeba vody byla způsobena dvěma faktory:

- zvýšená spotřeba vody při odstraňování následků povodně
- náhrada místních povodní znehodnocených zdrojů

V dosahu soustavy bylo nutno zcela nahradit 8 zdrojů o celkové kapacitě cca  $150 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Šlo o zdroje podzemní i povrchové vody (Malše, Otava, pískovna Majdalena).

Změna zásobovacího režimu je zřejmá z následujícího obrázku č. 9.



Obr. 9 Dodávka pitné vody z VSJČ

### **iii. Vliv na kvalitu dodávané vody**

Rozhodujícím faktorem pro efektivní vyčiření vody je dávka základního koagulantu. V prvních dnech povodně byla dávka měněna prakticky trvale a sledovala rychlé změny kvality surové vody. Ukázalo se, že povodňová voda má velice nízkou neutralizační kapacitu (pod  $0,1 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) a bylo nutné zavést předalkalizaci. Z těchto důvodů byla před rychlomísení dávkována vápenná suspenze. Po tomto kroku bylo možno přistoupit k vlastní optimalizaci dávky koagulantu. Tu prováděl technolog s využitím provozního dávkování. Po změně dávky byl 2 l kádinkou odebrán vzorek nadávkované vody a po 1 hod sedimentace byl v odsazené vodě stanoven obsah železa. V případě potřeby pak byla provedena korekce dávky. Tímto způsobem se podařilo proces dostatečně stabilizovat. Výsledkem byla voda, která trvale splňovala požadavky příslušné vyhlášky.

Tabulka 3 Vliv na kvalitu dodávané vody

		před povodní (09. 07. 2002 - 08. 08. 2002)		během povodně (09. 08. 2002 - 08. 09. 2002)	
		min - max	průměr	min - max	průměr
pH		7,7-8,7	8,33	7,7-8,9	8,51
KNK <sub>4,5</sub>	mmol.l <sup>-1</sup>	1,08-1,4	1,23	1,14-1,52	1,32
CHSK <sub>Mn</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	1,3-2,4	1,7	1,9-2,6	2,1
Mn	mg.l <sup>-1</sup>	0-0,04	0,01	0-0,04	0,03
Fe	mg.l <sup>-1</sup>	0,0-0,1	0,01	0,0-0,13	0,04
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	<0,05-0,05	0,03	<0,05-0,1	0,04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	11,5-14,5	12,5	4,6-10	6,2
Cd	µg.l <sup>-1</sup>	<1		<1	
Hg	µg.l <sup>-1</sup>	<0,1		0,2-0,4	0,03
Pb	µg.l <sup>-1</sup>	<5		<5	
KB	KTJ.ml <sup>-1</sup>	0		0	

#### iv. **Vliv na rozvodnou síť**

Velká voda nemá bezprostřední vliv na kvalitu dodávané vody vyjma případů, kdy způsobí poruchy, nebo kdy odstraňování následků poruchy vyžaduje přesměrování toku vody. To bylo během povodní zaznamenáno na několika místech v Českých Budějovicích. Závažnější je vliv technický, za kritická jsou označována zejména místa přechodu nebo podchodu vodních toků.

### III. **Závěry nepříznivých klimatických podmínek na ÚV Plav**

Průběh povodní v roce 2002 ukázal nesporné výhody centrálního zásobování zejména:

- řada místních zdrojů byla v důsledku zatopení krajiny na dobu několika měsíců zcela vyřazena z provozu
- centrální zásobení z vodárenské soustavy nesporně zjednodušilo záchranné a sanační práce a ušetřilo značné prostředky, které by bylo nutno směřovat do nouzového zásobování obyvatelstva
- pitná voda byla dodávána pro potřeby obyvatelstva trvale i v době, kdy docházelo k výpadkům dodávky elektrické energie, teplé vody, nešla telefonní síť apod.

Na druhé straně bylo identifikováno několik kritických míst v systému zásobení:

- je nutná a v současné době je před realizací instalace záložního zdroje elektrické energie na centrální úpravně a postupně i na čerpacích stanicích
- byla vytipována kritická místa na přívodním řadu a rozvodné síti, kterými jsou zejména úseky v blízkosti vodních toků s návrhem na jejich zabezpečení
- na centrální úpravně nebyly vytvořeny havarijní zásoby materiálu ani nebyl zajištěn jejich případný dovoz

V oblasti řízení stojí za úvahu myšlenka vybudování havarijního dispečinku na rozhodujícím objektu, tak jak je zavedeno např. v Anglii.

## 8. METODIKA PRÁCE

Podstata celé práce spočívá ve studiu rychlosti koroze v distribučním systému pitné vody v podmínkách jihočeské vodárenské soustavy, která mi byla modelovou distribuční vodovodní sítí. Ke sledování rychlosti koroze se dá použít několik způsobů měření.

Já jsem si zvolil použití zkušebních kuponů, na které působí hodnocená voda při průtokové rychlosti zvolené podle skutečné rychlosti v potrubí. Podrobný popis postupu této metodiky zkoumání je popsán v normě TNV 75 7121 Požadavky na jakost vody dopravované v potrubí.

Zvolení tohoto způsobu měření koroze mělo několik důvodů. Hlavním důvodem byly finanční možnosti, cenové relace přístrojů s online přenosem nebo datovým záznamem jsou příliš vysoké a pro peněženku studenta doktorského studia nereálné. Nepodařila se ani možnost zapůjčení některého z přístrojů za symbolickou cenu od specializovaných firem. Důvodem byla i možnost navázání na výsledky z předchozího výzkumu katedry, kdy se kupóny osazovaly na ÚV Plav pro porovnávání agresivity vody ve formě surové, filtrované a upravené. Dalším důvodem byla i neochota vedení Jihočeské vodárenské soustavy osazovat přístroje (navrtávat pasy na stávající řady i poskytnout elektrickou energii pro jejich provoz) a nakonec i korozní kupóny na samotné úpravě vody Plav s odůvodněním, že výzkum zde již probíhal a technologie úpravy vody se za tu dobu nezměnila.

Nezbývalo tedy nic jiného než využití korozních kuponů na nejvzdálenějším konci jedné z větví distribučního systému pitné vody v jižních Čechách a porovnávat výsledky s již naměřenými během dřívějšího výzkumu. Výběr tedy padl na VDJ Hodušín a VDJ Milevsko, jež jsou posledními vodojemy na zokruhované severní i západní větvi.

Prvotním úkolem bylo seznámení se s celou distribuční sítí Jihočeského vodárenského svazu (*viz kapitola 7.1.3 Rozvod z ÚV Plav do tří větví*), jež celou distribuční sítí vlastní, provozuje, spravuje, udržuje a obnovuje.

Druhým krokem bylo nastudování výzkumu prováděného Katedrou zdravotního a ekologického inženýrství v předchozích letech. Byl prováděn terénní výzkum, zkoumání systému, vlastní měření a modelování změn kvality vody na části distribuční sítě.

Třetím nedílným podkladem byla data poskytnutá přímo od správce Jihočeské vodárenské soustavy, konkrétně od pana Petra Šímy, vedoucího provozu pro okres Tábor a Písek.

Metodika hodnocení je dělena do několika dílčích částí. Pro ověření správnosti jednotlivých modelů je nutné porovnání průměrů namodelovaných a změřených koncentrací jednotlivých ukazatelů. Správnost modelu garantuje vysokou korelací měřených a vypočtených hodnot [31], [56].

### **8.1. Postup korozní zkoušky**

Podrobné postupy kupónových testů určují agresivitu a jsou stanoveny technickou normou TNV 75 7121 – požadavky na jakost vody dopravené potrubím. Norma obsahuje jednotný, závazný metodický postup jak pro experimentální provádění korozních zkoušek, tak i pro jejich konečné hodnocení.

Na začátku testu se zkušební kupony z ocelového plechu tř. 11 zváží (Obr. 10) na analytických laboratorních vahách METTLER AG245 ANALYTICAL BALANCE s přesností na 0,0005 g a po čtyřech kusech se upevní do držáku (Obr. 11).



Obr. 10 Analytické laboratorní váhy METTLER AG245 ANALYTICAL BALANCE



Obr. 11 Čtyři zkušební kupony upevněné v držáku a připravené pro vložení do potrubí

Držáky se zkušebními kupony se pak instalují na předem připraveného místo v distribuční síti (Obr. 12). V průběhu zkoušky se měří a zaznamenává průtok.



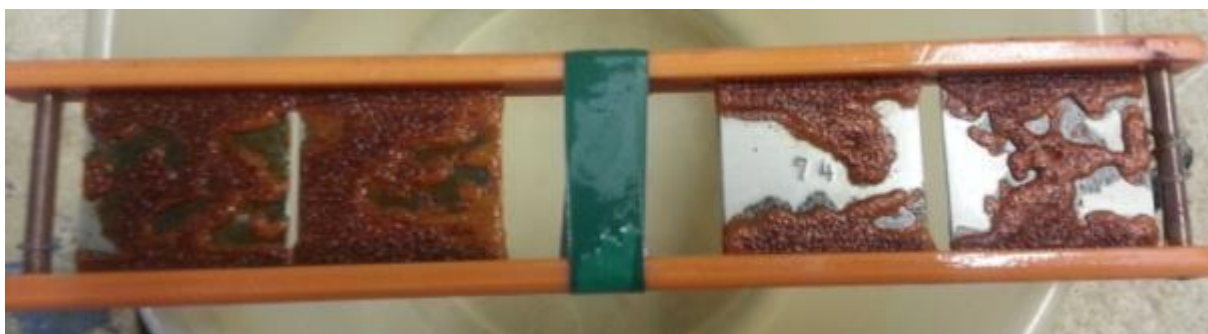
Obr. 12 Umístění kuponů na VDJ Hodušín

Při osazování a vyndávání kuponů (Obr. 13) se měřily některé chemické hodnoty pomocí přenosného měřáku *Hach HQ40d portable* (pH, konduktivita, teplota a obsah rozpuštěného kyslíku) a přenosného chlorometru EUTECH INSTRUMENTS Colorimeters C401 (volný aktivní chlor a celkový aktivní chlor).



Obr. 13 Vyjmutí kuponů po dané době expozice

Po uplynutí potřebné doby se kupony s inkrustací vyjmou (Obr. 14), vysuší se (LABORATORNÍ SUŠÁRNA KBC G 100/250) a uloží do exsikátoru. Pak se kupony zvaží včetně uvolněných inkrustací s přesností 0,0005 g. Z kuponů se odstraní inkrustace (Obr. 15) a znovu zvaží s přesností na 0,0005 g (Obr. 16).



Obr. 14 Zkušební kupony po extrakci z potrubí



Obr. 15 Kupony před mořením v kyselině chlorovodíkové



Obr. 16 Kupon po expozici



Z naměřených hodnot se vyjádří korozní úbytek (rovnice 1), množství korozních produktů zachycených na kuponech (rovnice 2), vypočtena korozní rychlost (rovnice 3) a hmotnost inkrustací zachycených na kuponech (rovnice 4) [57].

Pro vyhodnocení agresivity posuzované vody se jako rozhodující podklad použije průměrná hodnota zjištěné korozní rychlosti  $v_u$  ze čtyř stanovení pro každý expoziční interval, za použití plechů z konstrukční oceli třídy 11, tloušťky 1 mm s nezkorodovaným povrchem o rozměrech 42 x 42 mm (exponovaná plocha 37 cm<sup>2</sup>). Na základě zjištěného údaje korozní rychlosti se provede zatřídění do jednoho ze tří stupňů agresivity podle klasifikační tabulky.

Tabulka 4 Hodnocení agresivity [57]

Stupeň agresivity	Korozní rychlost <sup>2</sup> v $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$	Hodnocení
I	<50	mírně agresivní
II	50 až 150	středně agresivní
III	>150	silně agresivní

Výsledky se vyjadřují rozměrově korozní rychlostí  $v_u$  [ $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ ], vypočtenou z hmotnostních korozních úbytků  $k$  [ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ] [57].

Ze zjištěných úbytků hmotnosti kuponů jsou vyhodnoceny korozní rychlosti podle následujících vztahů [12], [58]:

Korozní úbytek ( $U_t$ ):

$$U_t = \frac{1}{7,86}(k - k_o) \quad [\mu\text{m}] \quad (1)$$

kde  $k$  průměrná hodnota korozních úbytků ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )  
 $k_o$  korozní úbytek kuponů při slepém pokusu ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )  
 7,86 hustota oceli ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )

Korozní úbytky jednotlivých kuponů ( $k$ ):

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

kde  $k$  je korozní úbytek kupony ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )  
 $m_o$  hmotnost kupony před expozicí v (g)  
 $m_t$  hmotnost kupony po expozici po odstranění inkrustací (g)  
 $S$  celkový povrch kuponu před expozicí

<sup>2</sup> Uvedené korozní rychlosti odpovídají celkové korozi. Důlková koroze na ocel a litinu dosahuje až pětinašobku rovnoměrné koroze.

Korozní rychlost ( $v_u$ ):

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

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

Hmotnost inkrustací zachycených na testovacích kuponech (m):

$$m = m_i - m_t \quad (4)$$

kde  $m$  je hmotnost inkrustací (g)  
 $m_i$  je hmotnost kupony včetně inkrustací (g)  
 $m_t$  hmotnost kupony po expozici po odstranění inkrustací (g)

## 8.2. Místa osazení

Zvolení míst bylo jednoduché, protože vyplývalo z možností poskytnutých Jihočeskou vodárenskou soustavou. Jednalo se tedy o vodojemy Hodušín a Milevsko.

### 8.2.1. VDJ Hodušín

Obec Hodušín (asi 504 - 525 m n. m.) se nachází cca 4 km severně od obce Opařany a je zde hlášeno pouze 22 obyvatel.

Do VDJ Hodušín I (Obr. 17) 650 m<sup>3</sup> (540,40 / 535,40 m n. m.) je z VDJ Sudoměřice voda čerpána ČS Sudoměřice řadem DN 400 délky 19 833 m.

VDJ Hodušín I je propojen s VDJ Hodušín II (Obr. 18) 2 x 1000 m<sup>3</sup> (540,40 / 535,40 m n. m.) a s nedalekým VDJ Skrýchov 400 m<sup>3</sup> (516,50 / 513,00 m n. m.), který zásobuje pitnou vodou obce Skrýchov u Opařan, Opařany a Stádlec.

Z VDJ Hodušín jsou samostatným řadem zásobovány obce Zběšičky, Srlín a Bernartice.

Na VDJ Hodušín navazuje řad severní větve vodárenské soustavy z VDJ Všechov přes VDJ Hodušín do Milevska.



Obr. 17 VDJ Hodušín I 650 m<sup>3</sup>



Obr. 18 VDJ Hodušín II 1 000 m<sup>3</sup>

Osazení korozních kuponů v rámečku proběhlo na vodojemu Hodušín na dvou místech:

- prvním místem byl obtok na odtoku z VDJ Hodušín II (Obr. 19) směrem na vodojem Milevsko - nový, zde byly kupony vystaveny všem podmínkám, jaké mají vliv i na potrubí dopravující pitnou vodu do Milevska,
- druhá sada kuponů v rámečku byla umístěna přímo do akumulární nádrže vodojemu Hodušín II, tato skupina tak měla stejné podmínky jako první sada osazená na obtoku, kromě proudící vody.

Porovnáním dat z obou měřicích míst bychom tak měli dostat rozdíl vlivu proudění na celkový výsledek rychlosti koroze a vyhodnocení agresivity vody.

Všechny ostatní měřené veličiny jako pH, konduktivita, teplota, obsah rozpuštěného kyslíku a volný aktivní chlor i celkový aktivní chlor, byly pro umístění těchto vzorků naprosto podobné.



Obr. 19 Obtok na odtoku z VDJ Hodušín II směrem do VDJ Milevsko - nový

### **8.2.2. VDJ Milevsko - nový**

Samotné město Milevsko (přibližně 450 - 500 m n. m.) se nachází cca 20 km západně od města Tábor a je zde trvale hlášeno 8 540 obyvatel (za rok 2015). Hlavním zdrojem pitné vody pro obyvatele Milevska je distribuční síť Jihočeského vodárenského svazu, jež natéká do vodojemu označeného jako Milevsko - nový (Obr. 20) o kapacitě 1 000 m<sup>3</sup> (521,50 / 516,50 m n. m.).

V okolí Milevska se nacházejí ještě dva další vodojemy a to VDJ Milevsko - starý používaný jako náhradní zdroj při havárii na distribučním řadu nového a VDJ ZVVZ, který je určen pouze pro areálovou spotřebu ZVVZ, a.s.



Obr. 20 VDJ Milevsko - nový 1 000 m<sup>3</sup>

### **8.3. Metodika procentuálního zasažení kuponů koroze**

Ocelové kupony jsou při osazení vystaveny okolnímu prostředí a dochází k plošné a důlkové korozi. Rozlišení, zda se jedná o korozi plošnou či důlkovou, pomocí normy nezjistíme, na to je potřeba zvolit senzorké vyhodnocení zasažení. Možností je subjektivní odhad procentuálního zasažení důlkovou koroze anebo jako v mém případě využití softwaru Matlab.

Programovací jazyk Matlab je integrované prostředí, které je určené pro vědeckotechnické účely, simulace, paralelní výpočty apod. Zahrnuje výpočty, vizualizaci a programování do uživatelsky ovladatelného prostředí. Problémy a řešení jsou nejčastěji vyjádřeny pomocí známých matematických vztahů. Veškeré objekty v Matlabu jsou považovány za prvky pole (matice). Tyto prvky však mohou být nejen čísla, proměnné, ale i složitější struktury jako například obrázky [59].

### **8.3.1. Postup a princip převedení ocelové kupony do elektronické podoby**

Pro zjištění velikosti zasažení plošnou a důlkovou korozí ocelových kuponů pomocí Matlabu je nejprve potřeba převést kupony do elektronické podoby. Zvolil jsem převedení pomocí naskenování. K tomuto účelu posloužila multifunkční tiskárna se skenerem HP PSC 1410 All-in-One. Parametry pro skenování kuponů stačilo nastavit na hodnotu rozlišení 600 Dpi a typ výsledného souboru na JPG.

Ocelové kupony se skenovaly z obou stran. Jako přední stranu jsem určil tu, kde bylo vyraženo číslo pro rozpoznání a přiřazen index *a*, zadní straně pak index *b*. V konečné podobě tedy vypadalo označení například *34a* (to odpovídá kuponu, na němž je vyražena číslice 34 a jedná se o přední stranu, tedy tu, kde je číslo vyraženo).

### **8.3.2. Sestavení algoritmu**

K označení zkorodovaných částí na obrázku byla použita segmentace obrázku pomocí prahové hodnoty. Neboť koroze v obrázku dosahuje výrazně tmavších hodnot, je segmentace určena na základě jasové hodnoty.

Pro odstranění šumu z obrázku byl použit Gaussův filtr o velikosti 15 pixelů a směrodatnou odchylkou 3 pixely. Poté byla zvolena hranice jako průměr všech hodnot jasu celého obrázku.

Pixely, které měly hodnotu nižší než vypočítaný práh, odpovídají korozi a jsou označeny číslem nula. Pixelům s vyšší jasovou hodnotou je přiřazeno číslo jedna a odpovídají nekorodované oblasti.

Plošná koroze se potom vypočítá jako procento pixelů zasažených korozí z celkového počtu pixelů.

Za důlkovou korozi je považována oblast, která je větší než kružnice o poloměru 3 pixely a menší než kružnice o poloměru 19 pixelů. Pro nalezení této oblasti byly sestaveny dvě binární masky o velikosti 40 x 40 pixelů, na jejichž střed byly kružnice umístěny. Pomocí konvoluce obrázku s maskou jsou pak určeny oblasti s důlkovou korozí. Použitý algoritmus je v Příloze 8.

## **8.4. Postup modelování v Epanetu 2**

Pro modelování byl zvolen program EPANET 2.0 umožňující statickou a kvazi-dynamickou simulaci hydraulických poměrů a kvalitativních parametrů v tlakových trubních systémech, včetně výpočtu doby zdržení a výpočtu některých kvalitativních parametrů. Jedná se o snadno ovladatelný analytický nástroj, který umožňuje lépe porozumět hydraulickým poměrům, pohybu Newtonovských kapalin a šíření znečištění v síti. Program EPANET 2.0 je využíván po celém světě k analýzám distribučních systémů, výběru míst pro odběr vzorků vody, kalibracím hydraulických modelů, analýzám koncentrací zbytkového chlóru, železa atd. [60], [35].

### **8.4.1. Sestavení hydraulického modelu**

Cílem modelování hydraulických poměrů je ověřit, zda daná konfigurace systému zásobování vodou umožní zajistit dodávku vody v požadované výši za co nejnižších nákladů [61].

Základní trubní síť se skládá z potrubí a z prvků, které svými parametry ovlivňují proudění (nádrže, čerpadla, uzávěry), nebo způsobují hydraulické ztráty (např. armatury, tvarovky). Na proudění v trubní síti mají rozhodující vliv odběry vody (uzlový odběr nebo přítok) a tlaky (hladiny ve vodojemech nebo nádržích, dopravní výšky čerpadel). Základem vodovodní sítě z hlediska hydraulického výpočtu je takový úsek přímého potrubí, ve kterém má potrubí konstantní průměr, drsnost a postupivost rázové vlny (pro výpočet hydraulického rázu). Potrubí má svoji délku, začíná počátečním uzlem a končí koncovým uzlem [61].

Prvním úkolem pro sestavení hydraulického modelu v programu Epanet 2 bylo tedy shromáždění všech těchto potřebných informací o celé distribuční síti. Data jsem čerpal z několika zdrojů. Hlavním zdrojem byli podklady přímo od zaměstnanců společnosti JVS, podklady distribuční sítě v jižních Čechách jsem měl i z předchozího výzkumu naší katedry, cenným podkladem byla i webová stránka Geoportálu Jihočeského kraje.

### **8.4.2. Modelování změn jakosti vody**

Základem pro modelování změn kvality vody bylo vytvoření hydraulického modelu v programu Epanet 2. Tento software umožňuje numerické modelování hydraulických poměrů v tlakových sítích v dosti dlouhém časovém období, včetně výpočtu doby zdržení a výpočtu některých kvalitativních parametrů. Vyhodnocuje průtok v každém potrubí, tlak v každém uzlu, výšku vody v každém vodojemu a koncentraci chemických látek v síti během simulovaného časového období ve všech časových krocích.

Hlavní rovnice pro řešení kvality vody v Epanetu 2 jsou založeny na principu zachování hmoty spolu s reakční kinetikou. Rozpuštěná látka se pohybuje po délce potrubí stejnou průměrnou rychlostí jako nosná tekutina a ve stejné době reaguje (přibývá nebo ubývá) určitou měrou. Mezi sousedními díly vody postupujícími potrubím nedochází k žádnému promíchávání hmoty. V uzlech sítě, které mají přítok ze dvou nebo více potrubí, je uvažováno úplné a okamžité míchání tekutin. Tedy koncentrace látky opouštějící uzel je váženým průměrem koncentrací na přítoku. Když se látka pohybuje potrubím nebo zůstává v akumulární nádrži, může reagovat s dalšími látkami ve vodě [62]. To bylo důvodem pro zvolení tohoto softwaru pro modelování.

Rychlostní konstanty úbytku chloru i nárůstu železa  $k_b$  a  $k_w$  jsou pro každou distribuční síť odlišné a závisejí na kvalitě vody vstupující do sítě, na délce distribučního systému, průměru, materiálu a stáří potrubí a na dalších faktorech.

## I. Modelování úbytku koncentrací chloru

Programem Epanet 2 byl modelován úbytek celkového a volného aktivního chloru modely 1. řádu v proudící vodě a 1. řádu u stěny potrubí a modely 1. řádu v proudící vodě a 0. řádu u stěny potrubí. Pro modelování kvality vody používá Epanet 2 metodu Lagrangian time-driven metod a v pevně daných časových krocích sleduje změny v řadě segmentů vody, které se pohybují potrubím a míchají v uzlech [63].

V roce 2004 byla vyhodnocena měřená data koncentrací celkového i volného aktivního chloru na modelu v úseku ÚV Plav - VDJ Hodušín. Na základě tohoto vyhodnocení byly modely kalibrovány s využitím průměrů koncentrací chloru měřených v kalibračním týdnu. Po snížení počtu odběrných míst pro měření v roce 2003 data nepostihovala variabilitu koncentrací před a po dochlorování. Tato měření byla postačující pro další verifikaci modelu, model však bylo třeba nejprve kalibrovat a verifikovat s využitím podrobnějších měření z roku 2002. Což bylo základním podkladem pro kalibraci a verifikaci rozšířené oblasti této práce [63].

Výsledkem kalibrace byly rychlostní kontakty úbytku celkového aktivního chloru, které odpovídají pro model 1. řádu v proudící vodě a 1. řádu u stěny potrubí  $k_b = -0,10 \text{ d}^{-1}$  a  $k_w = -0,06 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$  a pro model 1. řádu v proudící vodě a 0. řádu u stěny potrubí  $k_b = -0,18 \text{ d}^{-1}$  a  $k_w = -2,20 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}$ . Oba modely vykazovaly poměrně vysokou korelaci (0,96 a 0,95) měřených a vypočtených hodnot, proto byly vzhledem k variabilitě dat a jejich malému množství oba verifikovány [63].

Modely úbytku celkového aktivního chloru byly verifikovány s pomocí dat měřených v období říjen 2002 – leden 2004. Výsledky verifikace ukazovaly, že úbytek celkového aktivního chloru je možné předpovědět pomocí těchto modelů, pro některé stavy systému je vhodnější modelovat úbytek chloru u stěny potrubí podle reakcí 1. řádu, pro jiné podle reakcí 0. řádu [63].

Provedla se i kalibrace modelů volného aktivního chloru na základě průměrů měřených hodnot. Rychlostní konstanty úbytku volného aktivního chloru jsou pro model 1. řádu v proudící vodě a 1. řádu u stěny potrubí  $k_b = -0,03 \text{ d}^{-1}$  a  $k_w = -0,008 \text{ m/d}$  a pro model 1. řádu v proudící vodě a 0. řádu u stěny potrubí  $k_b = -0,09 \text{ d}^{-1}$  a  $k_w = -0,075 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}$  [63].

Oba modely vykazovaly poměrně vysokou korelaci (0,85 a 0,90) měřených a vypočtených hodnot, proto byly vzhledem k variabilitě dat a jejich malému množství oba verifikovány [63].

Modely byly verifikovány s pomocí nezávislých dat měřených v období říjen 2002 – leden 2004. Výsledky verifikace ukázaly, že úbytek volného aktivního chloru je možné předpovědět pomocí těchto modelů, pro 1/3 dnů s měřením pro verifikaci bylo vhodnější modelovat úbytek chloru u stěny potrubí podle reakcí 1. řádu, pro 2/3 dnů s měřením pro verifikaci podle reakcí 0. řádu [63].

Modely pro celkový a volný aktivní chlor byly kalibrovány podle průměru dat naměřených od 9. - 13. 9. 2002, naměřené hodnoty na VDJ Hodušín odpovídají



naměřeným hodnotám při odběru vzorků v roce 2013. Proto jsem se rozhodl použít stejné koeficienty i pro svůj rozšířený model. Průměrné hodnoty jsou vidět v následujících grafech.

## 9. VYHODNOCENÍ POMOCÍ EPANET 2.0

Získaná data popisující distribuční síť byla upravena takovým způsobem, aby splňovala podmínky pro převod do programu Epanet 2. Například převedení objemů vodojemů na odpovídající velikost diametru, s nímž program pracuje. Základem bylo stanovení topologie vybrané části systému, nadmořské výšky jednotlivých uzlů a jejich odběrů, provedena schematizace a zadání jednotlivých objektů.

### 9.1.1. Schematizace objektů v modelu

Po postavení základního modelu z vodovodních úseků a důležitých uzlů, následovalo zadání dat do jednotlivých prvků, jako jsou nadmořské výšky vodojemů a uzlů, objem nádrží pomocí diametru (viz. Tabulka 5), odběry na jednotlivých uzlech, dimenze i délka potrubí, charakteristiky čerpadel, funkce uzávěrů.

Tabulka 5 Prvky vodojemu a dopočtený diametr

Název vodojemu	Objem [m <sup>3</sup> ]	H <sub>max</sub> [m]	H <sub>min</sub> [m]	Rozdíl hladin [m]	Dopočítaný diametr pro kruhový vodojem
Včelná	36 000	462,00	456,00	6,0	87,4
Hlavatce	8 000	424,00	419,00	5,0	45,1
Zdoba	3 000	560,00	555,00	5,0	27,6
Varta	3 000	452,50	447,50	5,0	27,6
Sudoměřice	3 000	456,30	451,30	5,0	27,6
Hodušín	2 650	540,40	535,40	5,0	26,0
Milevsko	1 000	521,60	516,60	5,0	16,0
Hosín	16 000	462,00	457,00	5,0	63,8
Chotýčany	12 000	535,00	530,00	5,0	55,3
Pleše	3 360	501,50	496,50	5,0	29,3
Zlukov	3 000	473,00	468,00	5,0	27,6
sv. Anna	6 000	477,50	472,50	5,0	39,1
Čekanice	15 000	485,10	480,10	5,0	61,8
Tábor	1 200	437,23	435,23	2,0	27,6
Všechov	3 000	496,50	491,50	5,0	27,6

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

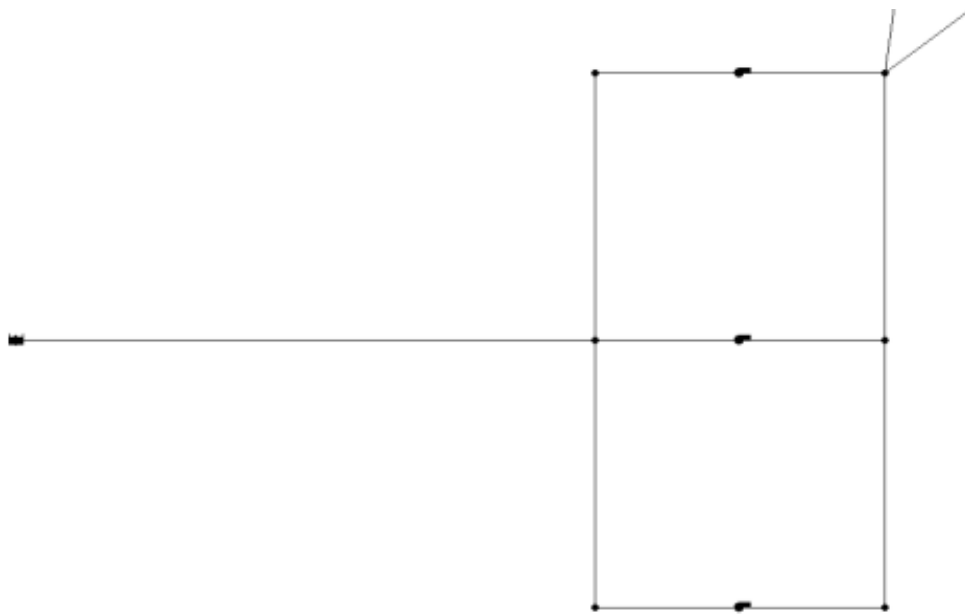
Tabulka 6 Délky, dimenze a použité materiály potrubí

Název řadu	DN [mm]	Délka potrubí [m]	Použitý materiál potrubí
<i>Západní větev:</i>			
ÚV Plav - VDJ Včelná	1 000	2 972	Ocel s vnitřním asfaltovým nátěrem
VDJ Včelná - ČS + VDJ Hlavatce	1 000	24 640	Ocel s vnitřním asfaltovým nátěrem
ČS + VDJ Hlavatce - VDJ Zdobá	500	19 951	Ocel s vnitřním asfaltovým nátěrem
VDJ Zdobá - VDJ Malá Varta	400	8 486	Ocel s cementovou vystýlkou
VDJ Zdobá - VDJ Malá Varta	400	2 980	Ocel s vystýlkou z plastového rukávce
VDJ Malá Varta - ČS + VDJ Sudoměřice	300	10 501	Ocel s cementovou vystýlkou
VDJ Malá Varta - ČS + VDJ Sudoměřice	300	655	Ocel s vystýlkou z plastového rukávce
ČS + VDJ Sudoměřice - VDJ Hodušín	400	17 175	Ocel s cementovou vystýlkou
ČS + VDJ Sudoměřice - VDJ Hodušín	400	2 863	Ocel s vystýlkou z plastového rukávce
VDJ Hodušín - VDJ Milevsko	350	4 559	Nechráněná ocel
VDJ Hodušín - VDJ Milevsko	300	5 895	Nechráněná ocel
<i>Severní větev:</i>			
ÚV Plav - ČS + VDJ Hosín	1 000	15 255	Ocel s vnitřním asfaltovým nátěrem
ČS + VDJ Hosín – VDJ Chotýčany	1 000	4 885	Nechráněná ocel
VDJ Chotýčany – šachta Veselí nad Lužnicí	1 000	19 966	Nechráněná ocel
šachta Veselí nad Lužnicí - VDJ Čekanice	1 000	2 797	Nechráněná ocel
šachta Veselí nad Lužnicí - VDJ Čekanice	800	29 175	Ocel s vnitřním asfaltovým nátěrem
šachta Veselí nad Lužnicí - VDJ Pleše	400	8 482	Tvárná litina s cementovou vystýlkou
VDJ Zlukov - ČS Sezimovo Ústí	500	7 375	Nechráněná ocel
VDJ Zlukov - ČS Sezimovo Ústí	400	14 120	Nechráněná ocel
ČS Sezimovo Ústí - VDJ sv. Anna	400	2 854	Nechráněná ocel
VDJ Čekanice - ÚV Tábor	300	2 084	Tvárná litina s cementovou vystýlkou
ÚV Tábor - VDJ Všechov	400	4 872	Tvárná litina s cementovou vystýlkou
VDJ Všechov - VDJ Hodušín	350	11 250	Tvárná litina s cementovou vystýlkou

Všechna tato data byla do modelu zadána tak, aby odpovídala reálnému stavu hydraulických vlastností vybraného distribučního systému.

## I. Úpravna vody Plav a nádrž Římov

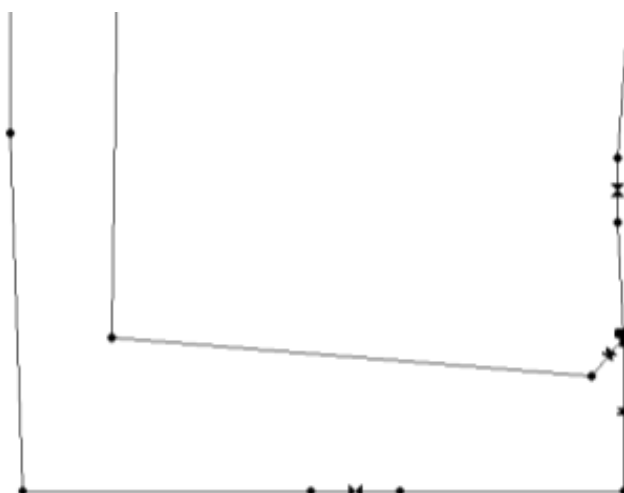
Nejdůležitějším prvkem celé sítě je zdroj vody a největší úpravna vody, v mém případě se jedná o vodní nádrž Římov a ÚV Plav. Pro zjednodušení se tyto dva objekty zadaly jako nádrž s konstantní hladinou o nadmořské výšce 403,00 m n. m. a třemi čerpadly dodávajícími vodu do celého systému distribuce pitné vody v jižních Čechách.



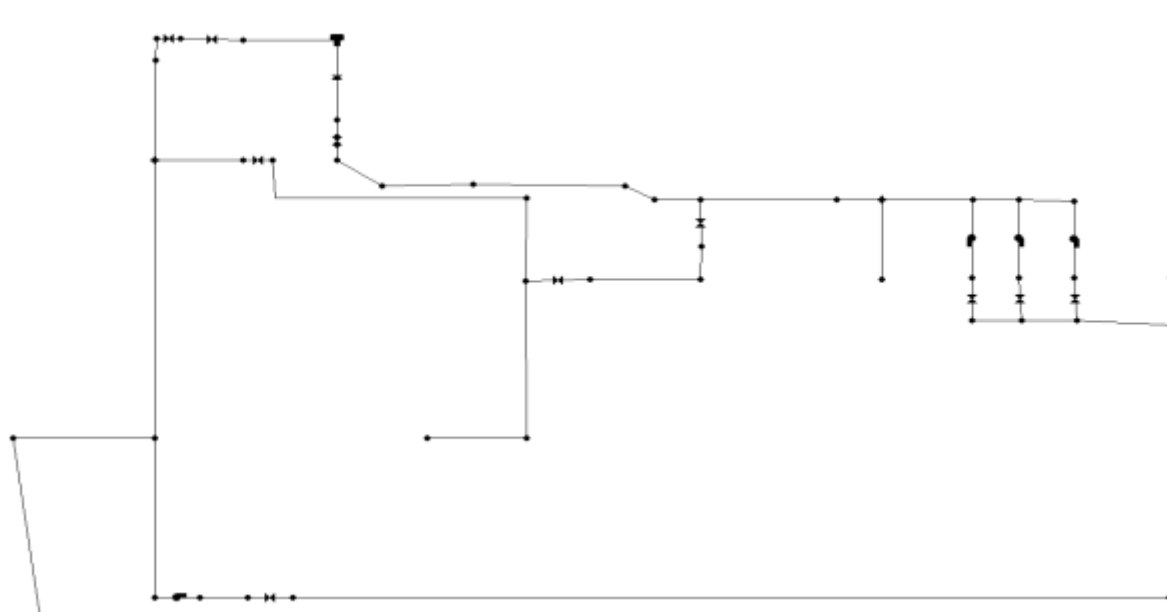
Obr. 21 Schematizace vodní nádrže Římov a ÚV Plav

## II. Schematizace důležitých prvků na severní větvi

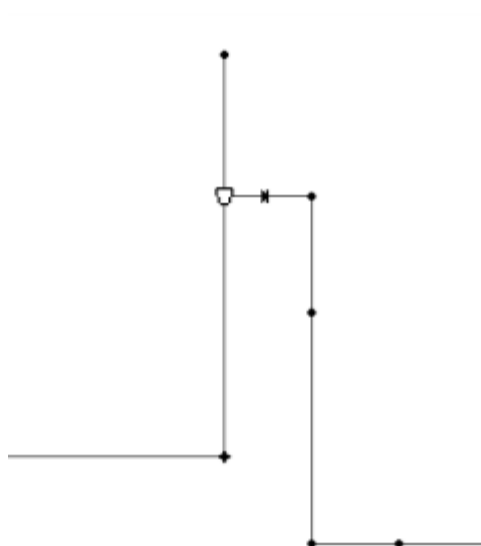
Nejdůležitější schematizované prvky na severní větvi vidíme na následujících obrázcích. Jedná se o VDJ Včelná, ČS + VDJ Hlavatce, VDJ Zdobá, VDJ Varta, ČS + VDJ Sudoměřice, VDJ Hodušín a VDJ Milevsko.



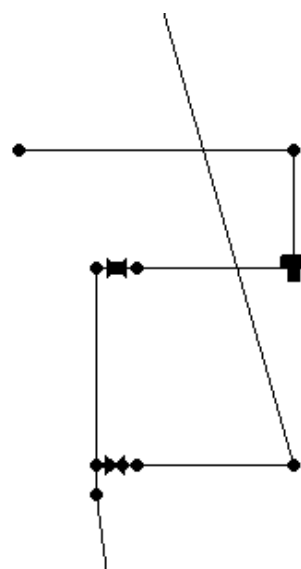
Obr. 22 VDJ Včelná



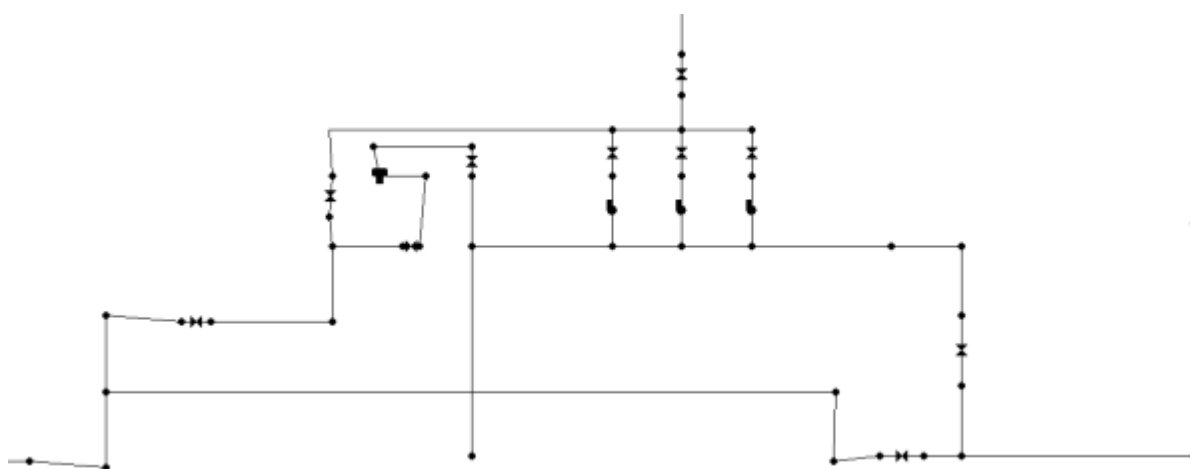
Obr. 23 ČS + VDJ Hlavatce



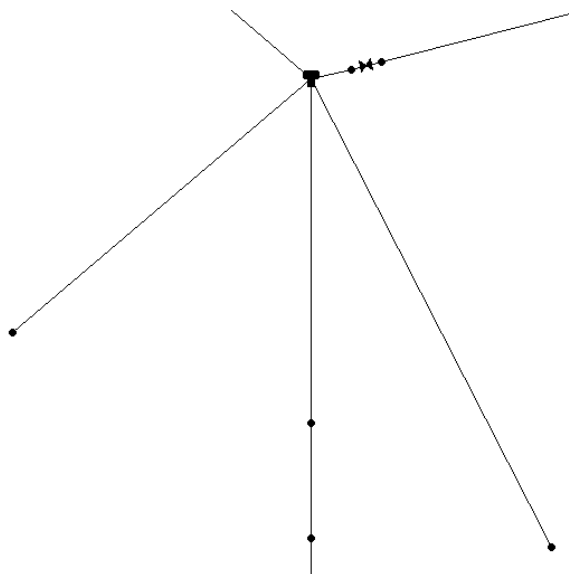
Obr. 24 VDJ Zdobca



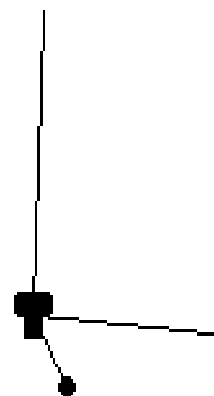
Obr. 25 VDJ Varta



Obr. 26 ČS + VDJ Sudoměřice



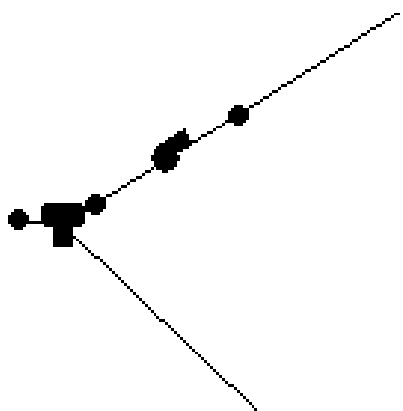
Obr. 27 VDJ Hodušín



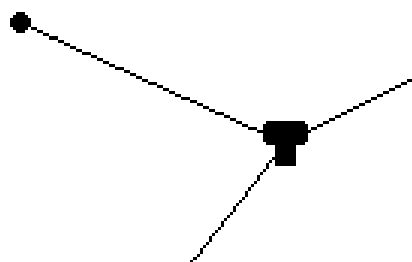
Obr. 28 VDJ Milevsko

### III. Schematizace důležitých prvků na západní větvi

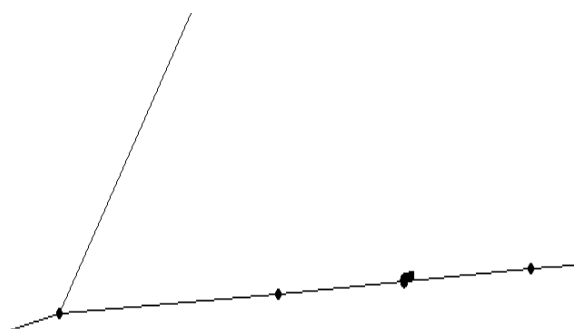
Nejdůležitější schematizované prvky na západní větvi vidíme na následujících obrázcích. Jedná se o ČS + VDJ Hosín, VDJ Chotýčany, RŠ Veselí nad Lužnicí, VDJ Pleše, VDJ Zlukov, ČS Sezimovo Ústí, VDJ sv. Anna, VDJ Čekanice, ČS + VDJ Tábor - ÚV Rytíř a VDJ Všechov.



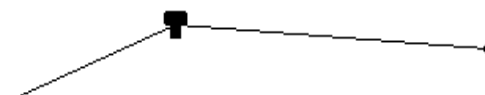
Obr. 29 ČS + VDJ Hosín



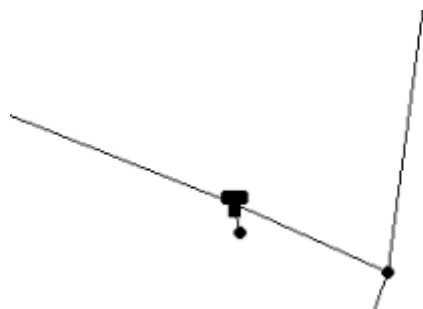
Obr. 30 VDJ Chotýčany



Obr. 31 RŠ Veselí nad Lužnicí



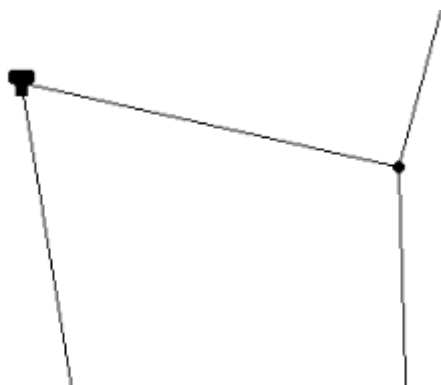
Obr. 32 VDJ Pleše



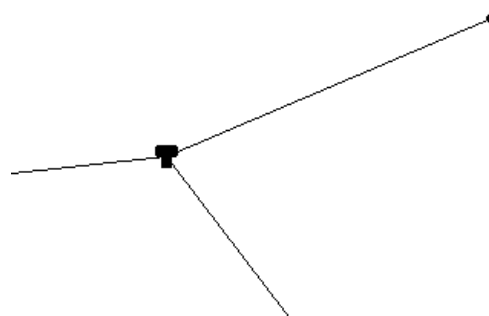
Obr. 33 VDJ Zlukov



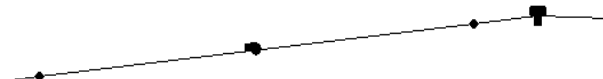
Obr. 34 ČS Sezimovo Ústí



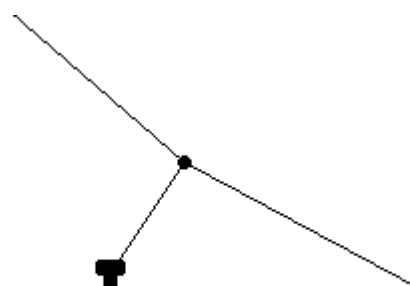
Obr. 35 VDJ sv. Anna



Obr. 36 VDJ Čekanice



Obr. 37 ČS + VDJ Tábor - ÚV Rytíř



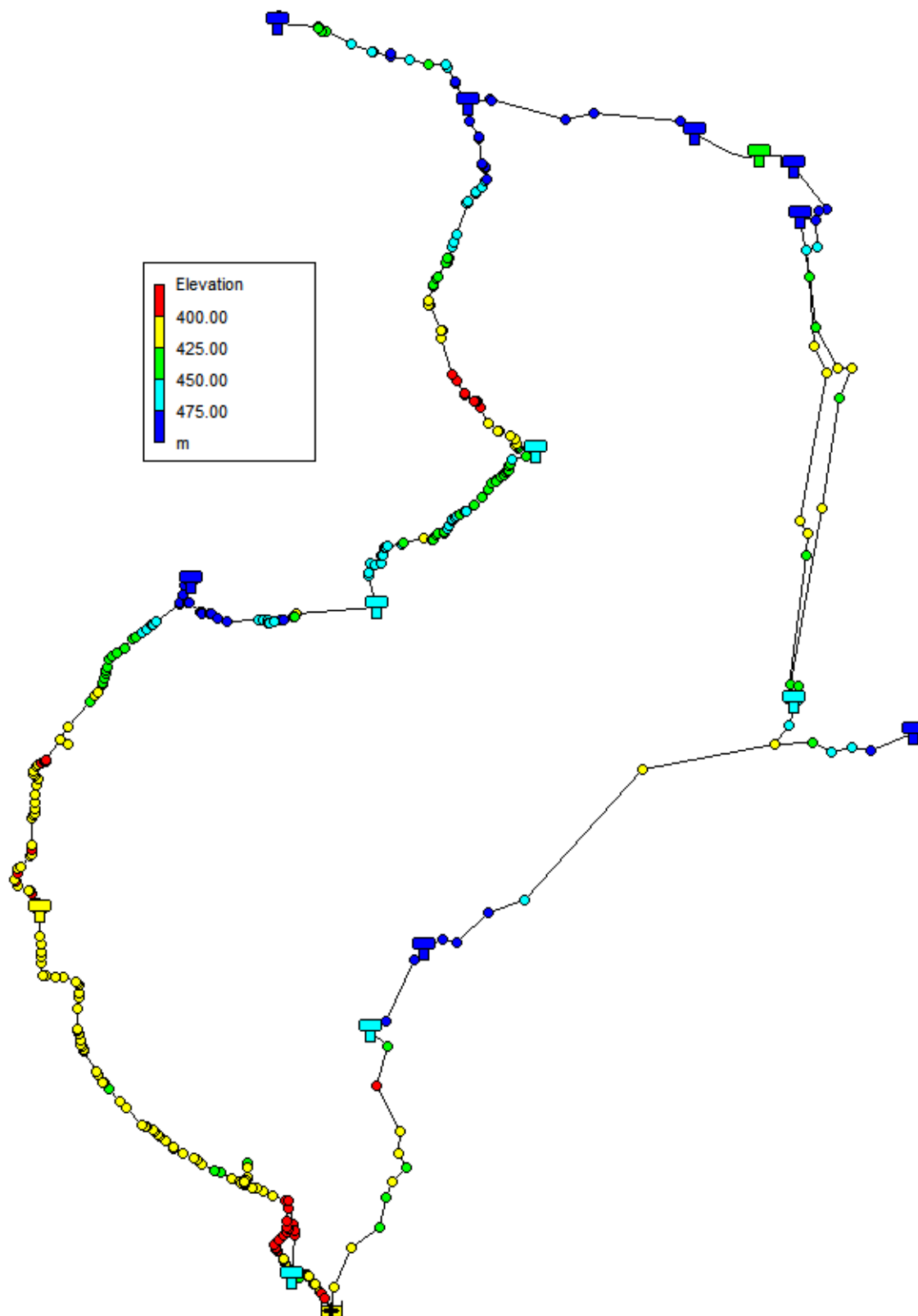
Obr. 38 VDJ Všechov

### 9.1.2. Základní parametry modelu

Jednotlivé prvky a základní nastavení modelu je znázorněno v tabulce 7, vykreslení nadmořských výšek znázorňuje obrázek 39 a dimenzi potrubí obrázek 40.

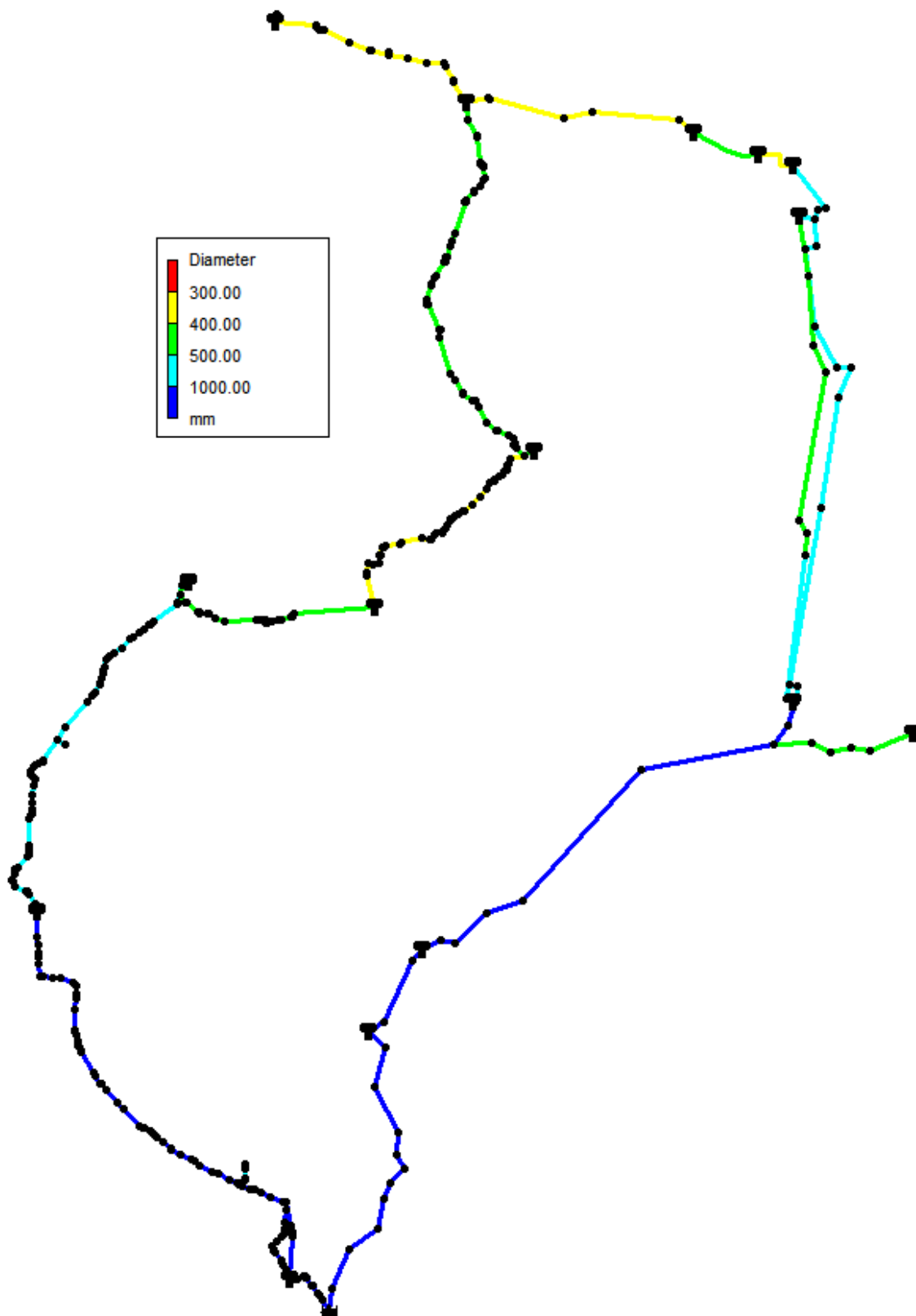
Tabulka 7 Základní parametry modelu

Počet všech uzlů	606
Počet nádrží	1
Počet vodojemů	15
Počet potrubí	589
Počet čerpadel	15
Počet uzávěrů	33
Jednotky průtoku	LPS (litry)
Ztráty třením	D-W (Darcy - Weisbach)



Obr. 39 Rozmezí nadmořských výšek jednotlivých prvků na distribuční síti





Obr. 40 Návaznost dimenzí potrubí na hlavních řadech severní a západní větve  
Posledním úkolem bylo kalibrování a verifikace modelu. Při kalibraci byla upravována drsnost potrubí a parametry i nastavení čerpadel, aby model odpovídal skutečným průtokům na síti. Následná verifikace modelu už jen potvrdila správné nastavení celé distribuční sítě v programu Epanet 2.

## 9.2. Vyhodnocení zdržení vody v síti

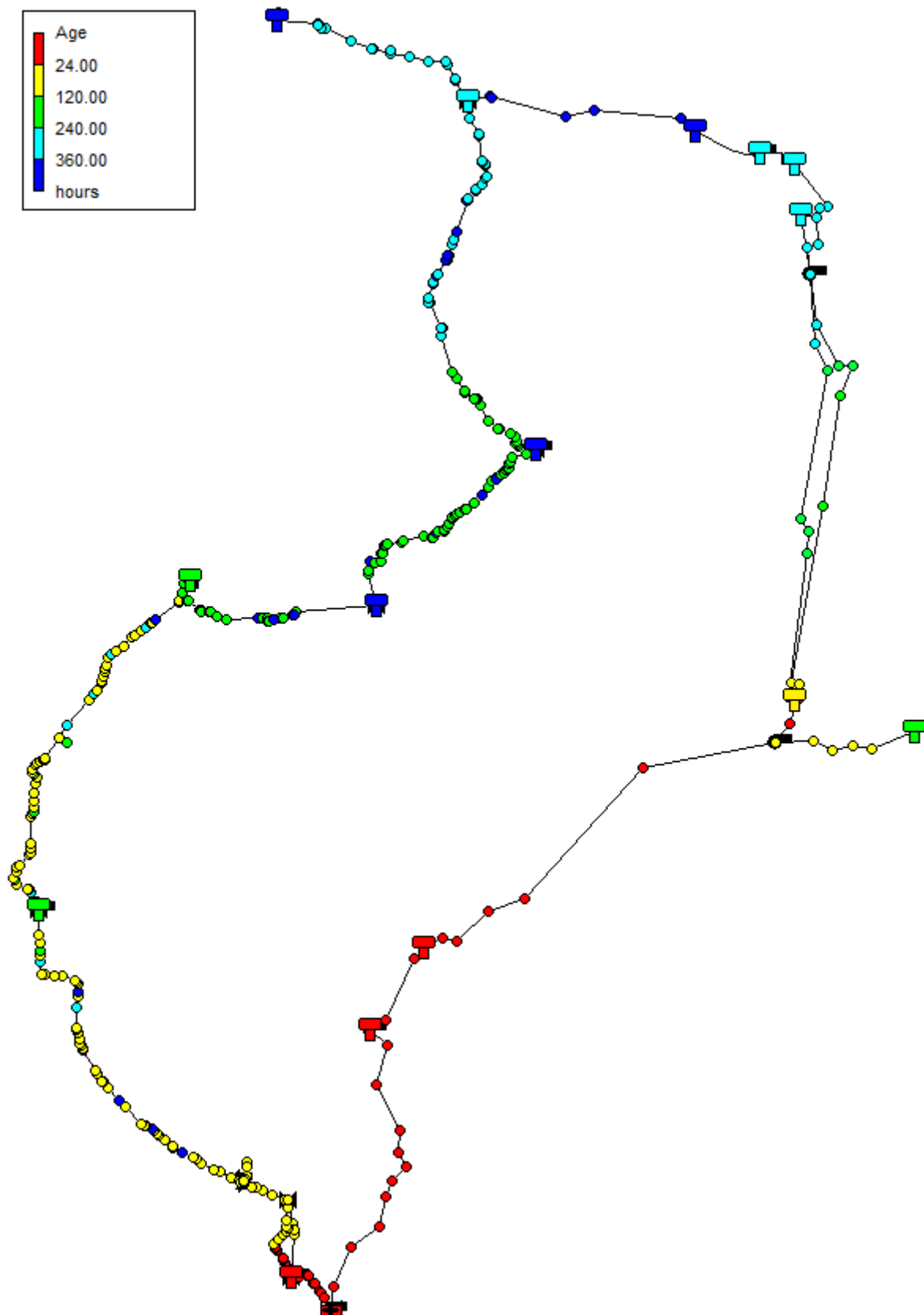
Na následujícím obrázku je vidět zdržení vody v distribuční síti. Při spuštění výpočtu je ve všech místech sítě nulová hodnota stáří, k ustálení začne docházet, když se dostane voda z počátečního místa do nejvzdálenějšího. V případě této práce jde o vodu upravenou na ÚV Plav a VDJ Milevsko. V následující tabulce je porovnání vývoje zdržení vody v síti na vybraných místech distribuční sítě z dostupných dat několika vybraných roků.

Tabulka 8 Porovnání dob zdržení mezi léty 1998 - 2013

Odběrové místo	Doba zdržení (dny)			
	1998	1999	2004	2013
ÚV Plav	0,00	0,00	0,00	0,00
ČS + VDJ Hlavatce	0,84	1,00	6,25	6,46
VDJ Zdoba	1,60	1,90	7,20	7,92
VDJ Varta	1,80	2,20	7,80	8,12
ČS + VDJ Sudoměřice	2,10	2,40	8,40	9,09
VDJ Hodušín	3,60	3,60	12,60	12,93
VDJ Milevsko	3,90	4,10	-	15,80
VDJ Hosín	0,77	0,67	-	0,71
šachta Veselí nad Lužnicí	2,70	2,20	-	1,68
VDJ sv. Anna	5,00	3,90	-	11,65
VDJ Pleše	-	-	-	6,67
VDJ Všechov	-	-	-	16,73

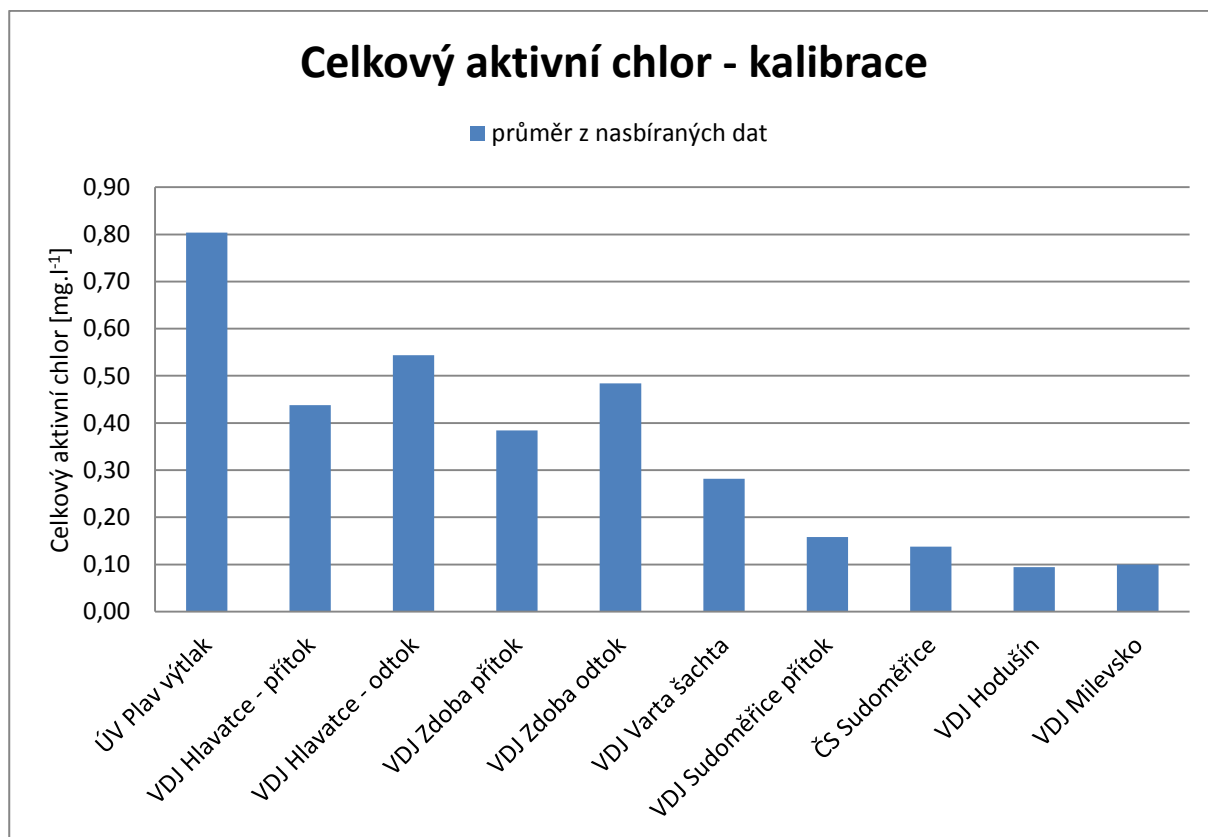
Při porovnání dob zdržení, je na první pohled zřejmé zvyšování stáří vody v distribučním systému pitné vody, k tomu dochází snižováním ztrát vody po celé trase distribuční sítě a snižováním spotřeby vody jednotlivých odběratelů, což je problém většiny soustav v České republice, jež byly při návrhu předimenzovány na předpokládaný nárůst odběru.

Zvyšování stáří vody odpovídá i zvyšování korozních rychlostí po trase distribuce pitné vody v soustavě. Stagnace vody je tak jednou z pravděpodobných příčin nebo pouze indikátorem zvyšování korozních rychlostí, a tedy zvýšenou agresivitou vody.



Obr. 41 Vyhodnocení zdržení vody v síti

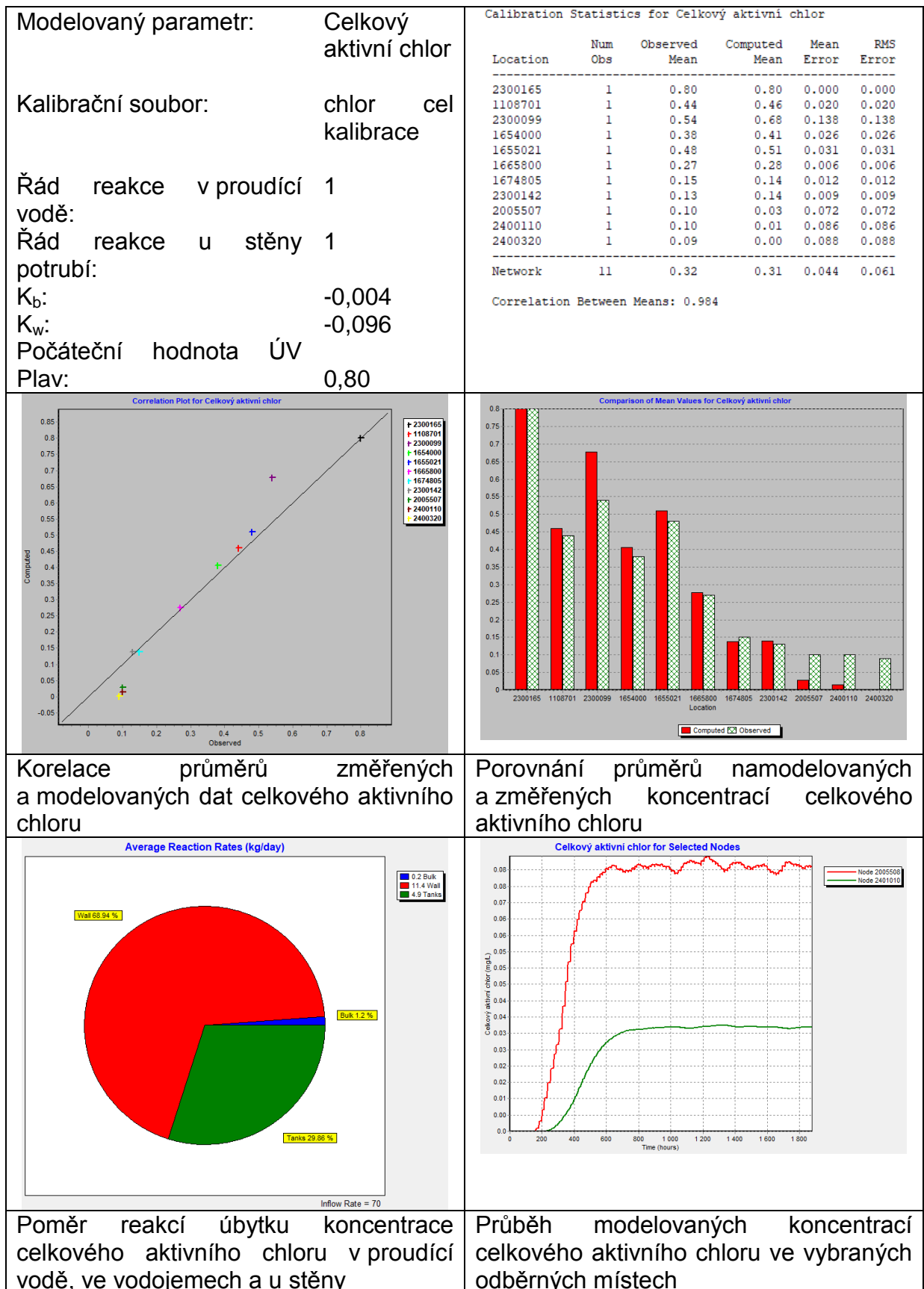
### 9.3. Vyhodnocení úbytku celkového aktivního chloru



Obr. 42 Průměrné hodnoty pro kalibraci modelu celkového aktivního chloru

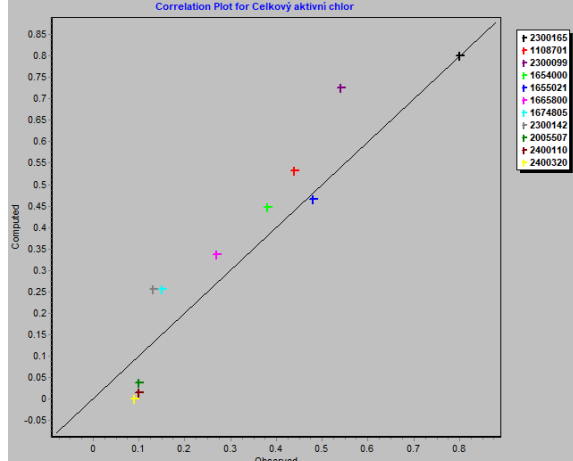
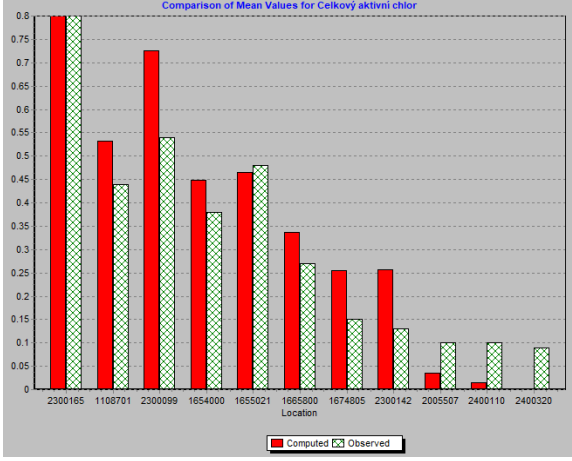
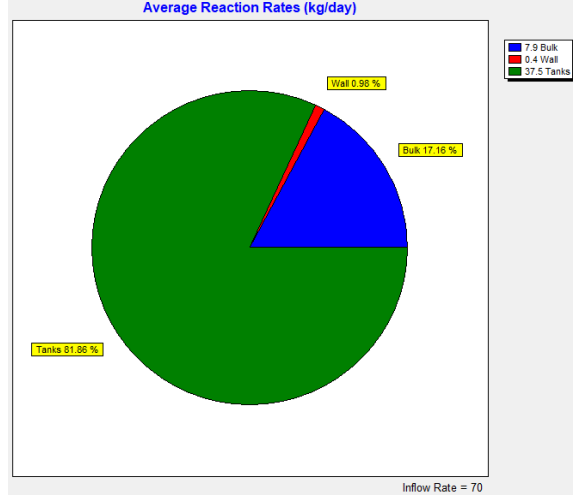
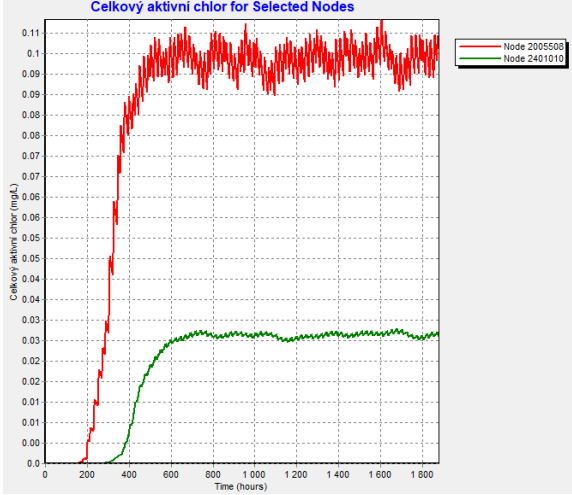
*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 9 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace celkového aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 1. řádu u stěny potrubí



**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

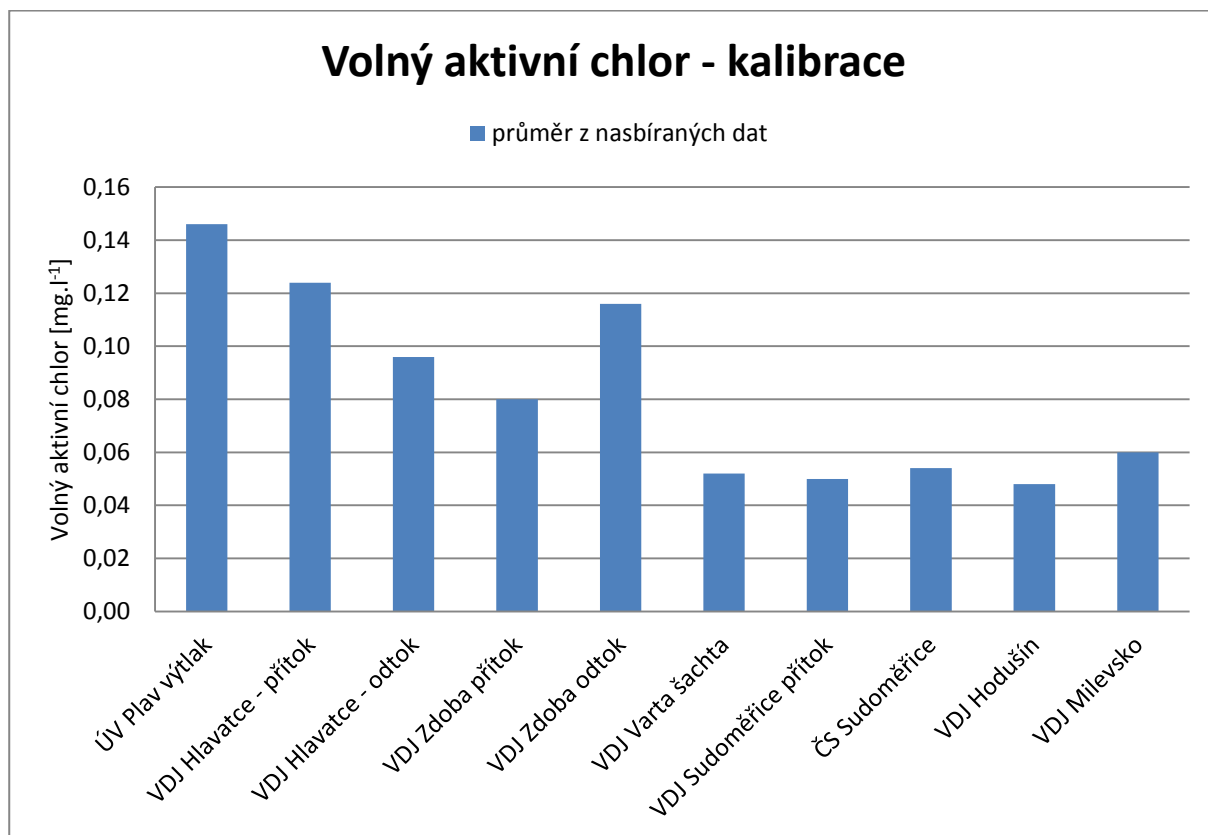
Tabulka 10 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace celkového aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 0. řádu u stěny potrubí

<p><b>Modelovaný parametr:</b> Celkový aktivní chlor</p> <p><b>Kalibrační soubor:</b> chlor cel kalibrace</p> <p>Řád reakce v proudící vodě: 1</p> <p>Řád reakce u stěny potrubí: 0</p> <p><math>K_b</math>: -0,160</p> <p><math>K_w</math>: -1,500</p> <p>Počáteční hodnota ÚV: 0,80</p> <p>Plav: 0,80</p>	<p>Calibration Statistics for Celkový aktivní chlor</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th>Location</th> <th>Num Obs</th> <th>Observed Mean</th> <th>Computed Mean</th> <th>Mean Error</th> <th>RMS Error</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2300165</td><td>1</td><td>0.80</td><td>0.80</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>1108701</td><td>1</td><td>0.44</td><td>0.53</td><td>0.093</td><td>0.093</td></tr> <tr><td>2300099</td><td>1</td><td>0.54</td><td>0.73</td><td>0.185</td><td>0.185</td></tr> <tr><td>1654000</td><td>1</td><td>0.38</td><td>0.45</td><td>0.068</td><td>0.068</td></tr> <tr><td>1655021</td><td>1</td><td>0.48</td><td>0.47</td><td>0.015</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>1665800</td><td>1</td><td>0.27</td><td>0.34</td><td>0.067</td><td>0.067</td></tr> <tr><td>1674805</td><td>1</td><td>0.15</td><td>0.25</td><td>0.105</td><td>0.105</td></tr> <tr><td>2300142</td><td>1</td><td>0.13</td><td>0.26</td><td>0.126</td><td>0.126</td></tr> <tr><td>2005507</td><td>1</td><td>0.10</td><td>0.04</td><td>0.064</td><td>0.064</td></tr> <tr><td>2400110</td><td>1</td><td>0.10</td><td>0.01</td><td>0.086</td><td>0.086</td></tr> <tr><td>2400320</td><td>1</td><td>0.09</td><td>0.00</td><td>0.090</td><td>0.090</td></tr> <tr><td>Network</td><td>11</td><td>0.32</td><td>0.35</td><td>0.082</td><td>0.095</td></tr> </tbody> </table> <p>Correlation Between Means: 0.947</p>	Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error	2300165	1	0.80	0.80	0.000	0.000	1108701	1	0.44	0.53	0.093	0.093	2300099	1	0.54	0.73	0.185	0.185	1654000	1	0.38	0.45	0.068	0.068	1655021	1	0.48	0.47	0.015	0.015	1665800	1	0.27	0.34	0.067	0.067	1674805	1	0.15	0.25	0.105	0.105	2300142	1	0.13	0.26	0.126	0.126	2005507	1	0.10	0.04	0.064	0.064	2400110	1	0.10	0.01	0.086	0.086	2400320	1	0.09	0.00	0.090	0.090	Network	11	0.32	0.35	0.082	0.095
Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error																																																																										
2300165	1	0.80	0.80	0.000	0.000																																																																										
1108701	1	0.44	0.53	0.093	0.093																																																																										
2300099	1	0.54	0.73	0.185	0.185																																																																										
1654000	1	0.38	0.45	0.068	0.068																																																																										
1655021	1	0.48	0.47	0.015	0.015																																																																										
1665800	1	0.27	0.34	0.067	0.067																																																																										
1674805	1	0.15	0.25	0.105	0.105																																																																										
2300142	1	0.13	0.26	0.126	0.126																																																																										
2005507	1	0.10	0.04	0.064	0.064																																																																										
2400110	1	0.10	0.01	0.086	0.086																																																																										
2400320	1	0.09	0.00	0.090	0.090																																																																										
Network	11	0.32	0.35	0.082	0.095																																																																										
																																																																															
<p>Korelace průměrů změřených a modelovaných dat celkového aktivního chloru</p>	<p>Porovnání průměrů namodelovaných a změřených koncentrací celkového aktivního chloru</p>																																																																														
																																																																															
<p>Poměr reakcí úbytku koncentrace celkového aktivního chloru v proudící vodě, ve vodojemech a u stěny</p>	<p>Průběh modelovaných koncentrací celkového aktivního chloru ve vybraných odběrných místech</p>																																																																														

Tabulka 11 Výsledky verifikace modelu celkového aktivního chloru

Data pro verifikaci	Model – v proudící vodě	Model – u stěny potrubí	$K_b$	$K_w$	Průměrná absolutní chyba	Korelace mezi měřenými a modelovanými hodnotami
			$1.d^{-1}$	$m.d^{-1}$ (1. ř) $mg.m^{-2}.d$ (2. ř)	$mg.l^{-1}$	%
13.1.	1. řad	1. řad	-0,004	-0,096	0,040	99,2
13.1.	1. řad	0. řad	-0,160	-1,500	0,022	99,8
17.3.	1. řad	1. řad	-0,004	-0,096	0,113	77,8
17.3.	1. řad	0. řad	-0,160	-1,500	0,101	77,1
19.5.	1. řad	1. řad	-0,004	-0,096	0,142	82,5
19.5.	1. řad	0. řad	-0,160	-1,500	0,136	81,8
21.7.	1. řad	1. řad	-0,004	-0,096	0,193	87,3
21.7.	1. řad	0. řad	-0,160	-1,500	0,211	84,1
22.9.	1. řad	1. řad	-0,004	-0,096	0,254	79,1
22.9.	1. řad	0. řad	-0,160	-1,500	0,247	73,9
24.11.	1. řad	1. řad	-0,004	-0,096	0,155	99,3
24.11.	1. řad	0. řad	-0,160	-1,500	0,150	97,5

## 9.4. Vyhodnocení úbytku volného aktivního chloru

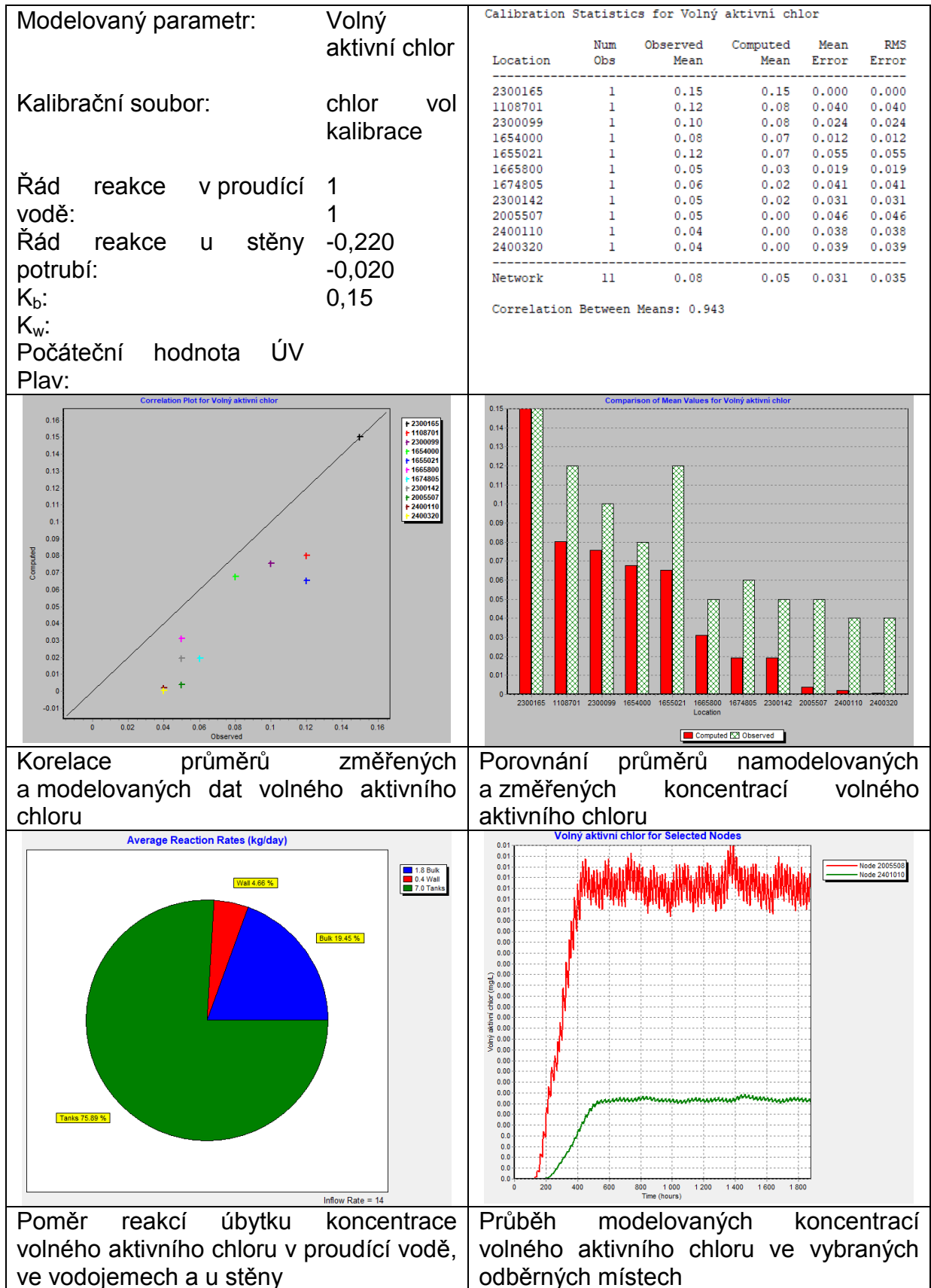


Obr. 43 Průměrné hodnoty pro kalibraci modelu volného aktivního chloru



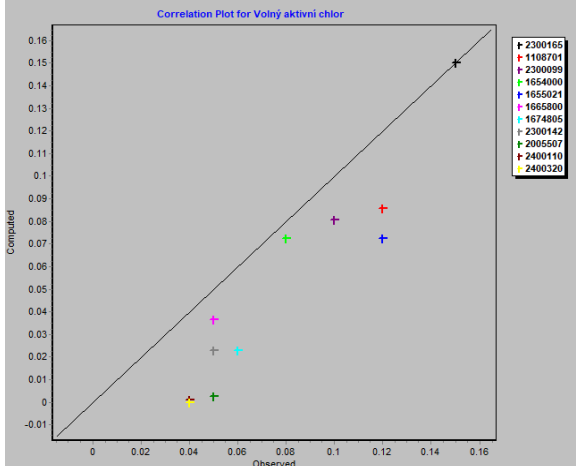
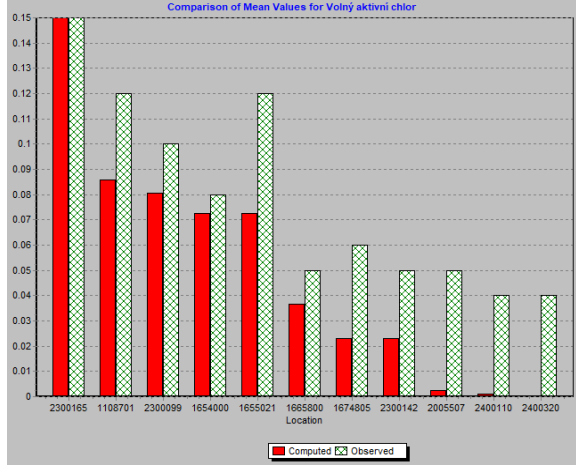
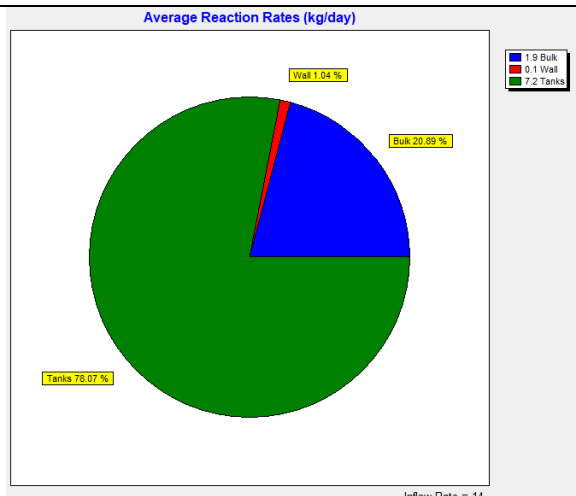
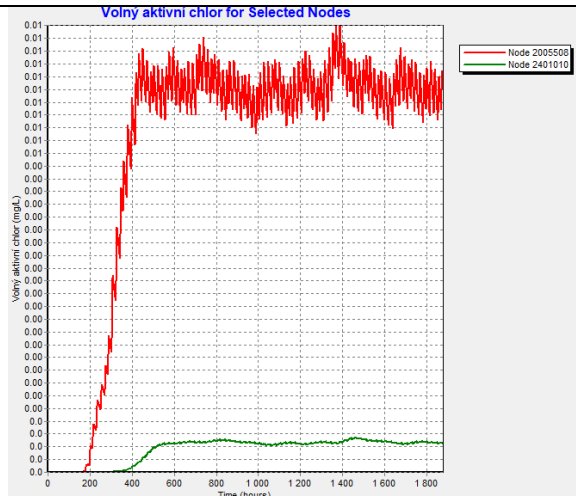
*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 12 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace volného aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 1. řádu u stěny potrubí



*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 13 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace volného aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 0. řádu u stěny potrubí

<p>Modelovaný parametr: Volný aktivní chlor</p> <p>Kalibrační soubor: chlor vol kalibra ce</p> <p>Řád reakce v proudící vodě: <math>K_b</math>: 1</p> <p>Řád reakce u stěny potrubí: <math>K_w</math>: 0</p> <p>Počáteční hodnota ÚV Plav: -0,230 -0,340 0,15</p>	<p>Calibration Statistics for Volný aktivní chlor</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Location</th> <th>Num Obs</th> <th>Observed Mean</th> <th>Computed Mean</th> <th>Mean Error</th> <th>RMS Error</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2300165</td><td>1</td><td>0.15</td><td>0.15</td><td>0.000</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>1108701</td><td>1</td><td>0.12</td><td>0.09</td><td>0.034</td><td>0.034</td></tr> <tr><td>2300099</td><td>1</td><td>0.10</td><td>0.08</td><td>0.019</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>1654000</td><td>1</td><td>0.08</td><td>0.07</td><td>0.007</td><td>0.007</td></tr> <tr><td>1655021</td><td>1</td><td>0.12</td><td>0.07</td><td>0.048</td><td>0.048</td></tr> <tr><td>1665800</td><td>1</td><td>0.05</td><td>0.04</td><td>0.013</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>1674805</td><td>1</td><td>0.06</td><td>0.02</td><td>0.037</td><td>0.037</td></tr> <tr><td>2300142</td><td>1</td><td>0.05</td><td>0.02</td><td>0.027</td><td>0.027</td></tr> <tr><td>2005507</td><td>1</td><td>0.05</td><td>0.00</td><td>0.047</td><td>0.047</td></tr> <tr><td>2400110</td><td>1</td><td>0.04</td><td>0.00</td><td>0.039</td><td>0.039</td></tr> <tr><td>2400320</td><td>1</td><td>0.04</td><td>0.00</td><td>0.040</td><td>0.040</td></tr> <tr><td>Network</td><td>11</td><td>0.08</td><td>0.05</td><td>0.028</td><td>0.032</td></tr> </tbody> </table> <p>Correlation Between Means: 0.947</p>	Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error	2300165	1	0.15	0.15	0.000	0.000	1108701	1	0.12	0.09	0.034	0.034	2300099	1	0.10	0.08	0.019	0.019	1654000	1	0.08	0.07	0.007	0.007	1655021	1	0.12	0.07	0.048	0.048	1665800	1	0.05	0.04	0.013	0.013	1674805	1	0.06	0.02	0.037	0.037	2300142	1	0.05	0.02	0.027	0.027	2005507	1	0.05	0.00	0.047	0.047	2400110	1	0.04	0.00	0.039	0.039	2400320	1	0.04	0.00	0.040	0.040	Network	11	0.08	0.05	0.028	0.032
Location	Num Obs	Observed Mean	Computed Mean	Mean Error	RMS Error																																																																										
2300165	1	0.15	0.15	0.000	0.000																																																																										
1108701	1	0.12	0.09	0.034	0.034																																																																										
2300099	1	0.10	0.08	0.019	0.019																																																																										
1654000	1	0.08	0.07	0.007	0.007																																																																										
1655021	1	0.12	0.07	0.048	0.048																																																																										
1665800	1	0.05	0.04	0.013	0.013																																																																										
1674805	1	0.06	0.02	0.037	0.037																																																																										
2300142	1	0.05	0.02	0.027	0.027																																																																										
2005507	1	0.05	0.00	0.047	0.047																																																																										
2400110	1	0.04	0.00	0.039	0.039																																																																										
2400320	1	0.04	0.00	0.040	0.040																																																																										
Network	11	0.08	0.05	0.028	0.032																																																																										
																																																																															
<p>Korelace průměrů změřených a modelovaných dat volného aktivního chloru</p>	<p>Porovnání průměrů namodelovaných a změřených koncentrací volného aktivního chloru</p>																																																																														
																																																																															
<p>Poměr reakcí úbytku koncentrace volného aktivního chloru v proudící vodě, ve vodojemech a u stěny</p>	<p>Průběh modelovaných koncentrací volného aktivního chloru ve vybraných odběrných místech</p>																																																																														

Tabulka 14 Výsledky verifikace modelu volného aktivního chloru

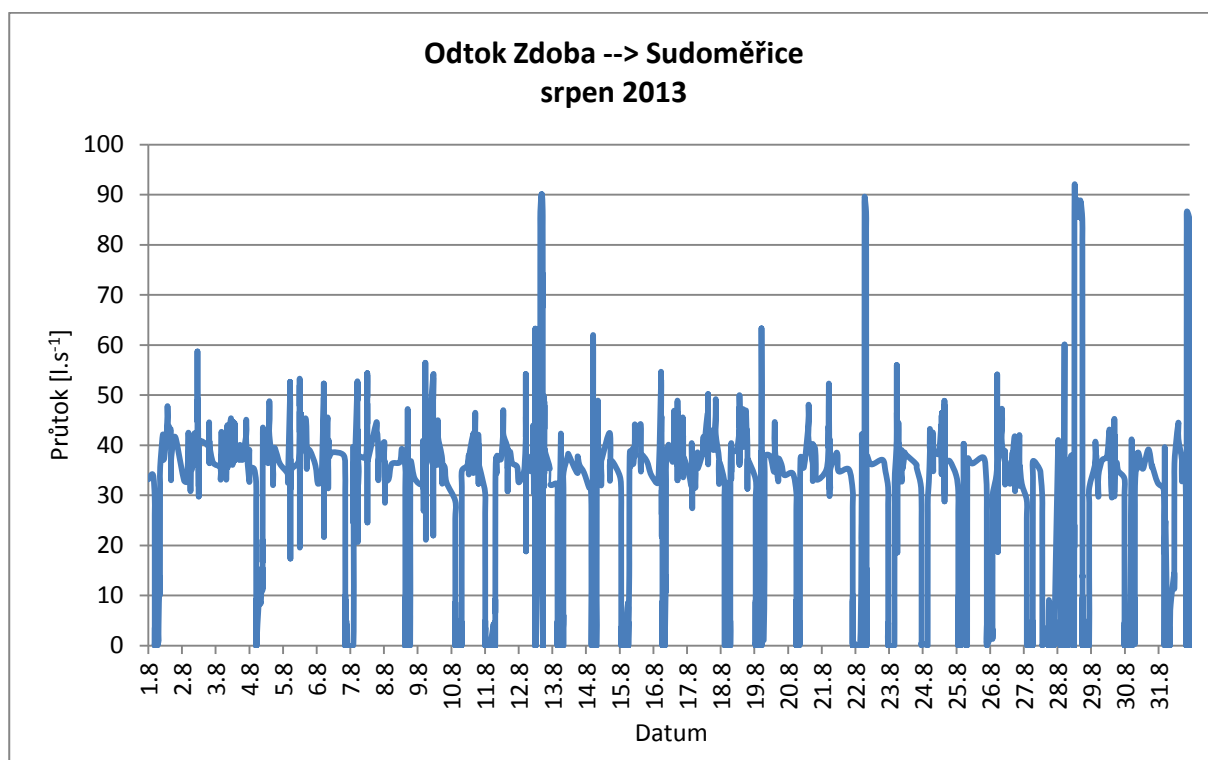
Data pro verifikaci	Model – v proudící vodě	Model – u stěny potrubí	$K_b$	$K_w$	Průměrná absolutní chyba	Korelace mezi měřeními a modelovanými hodnotami
			$1.d^{-1}$	$m.d^{-1}$ (1. ř) $mg.m^{-2}.d$ (2. ř)	$mg.l^{-1}$	%
13.1.	1. řad	1. řad	-0,220	-0,020	0,022	99,4
13.1.	1. řad	0. řad	-0,230	-0,340	0,018	99,2
17.3.	1. řad	1. řad	-0,220	-0,020	0,134	99,9
17.3.	1. řad	0. řad	-0,230	-0,340	0,072	94,6
19.5.	1. řad	1. řad	-0,220	-0,020	0,082	93,1
19.5.	1. řad	0. řad	-0,230	-0,340	0,088	90,8
21.7.	1. řad	1. řad	-0,230	-0,020	0,190	78,4
21.7.	1. řad	0. řad	-0,230	-0,340	0,197	76,1
22.9.	1. řad	1. řad	-0,220	-0,020	0,174	90,1
22.9.	1. řad	0. řad	-0,230	-0,340	0,183	88,7
24.11.	1. řad	1. řad	-0,220	-0,020	0,292	90,6
24.11.	1. řad	0. řad	-0,230	-0,340	0,182	92,4

## 10. MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ KOROZNÍCH RYCHLOSTÍ

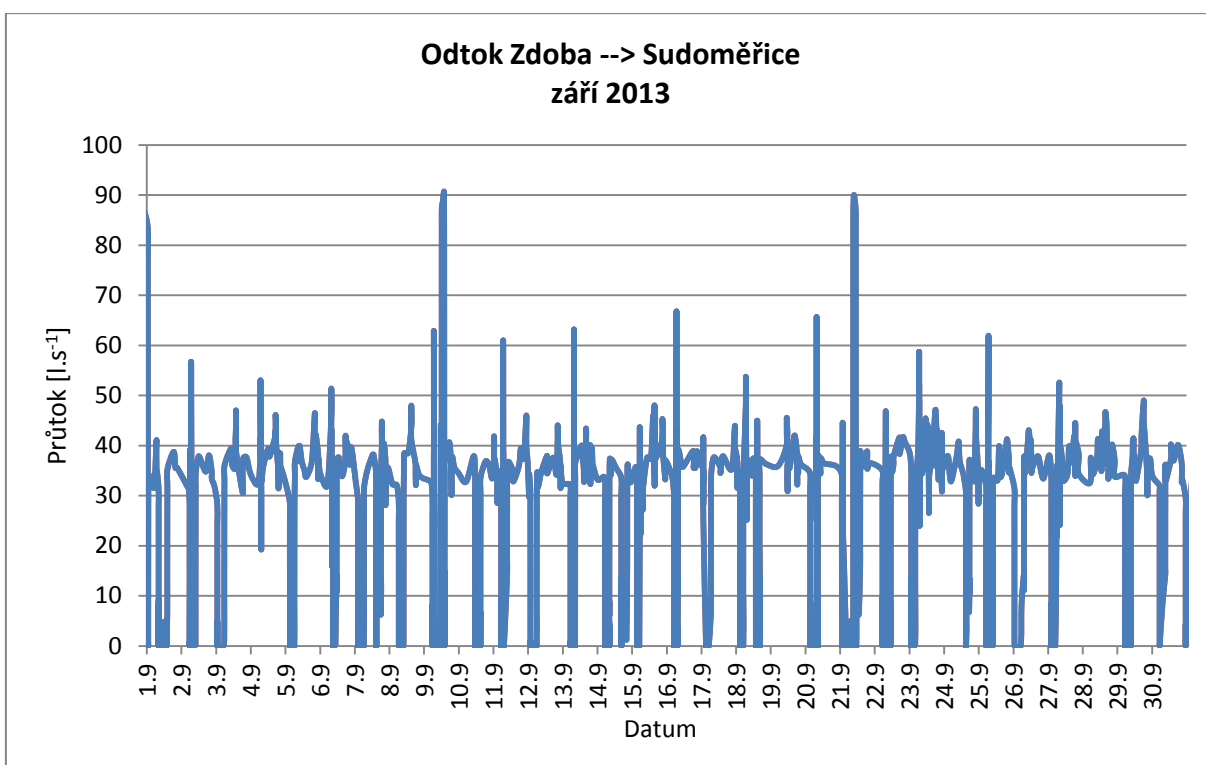
Hlavním zdrojem pro posouzení změn jakosti dopravované pitné vody jsou výsledky korozních testů sledování změn jakosti dopravované vody [63].

### 10.1. Průtoky na nátocích a odtocích z některých VDJ na sledované distribuční síti JVS

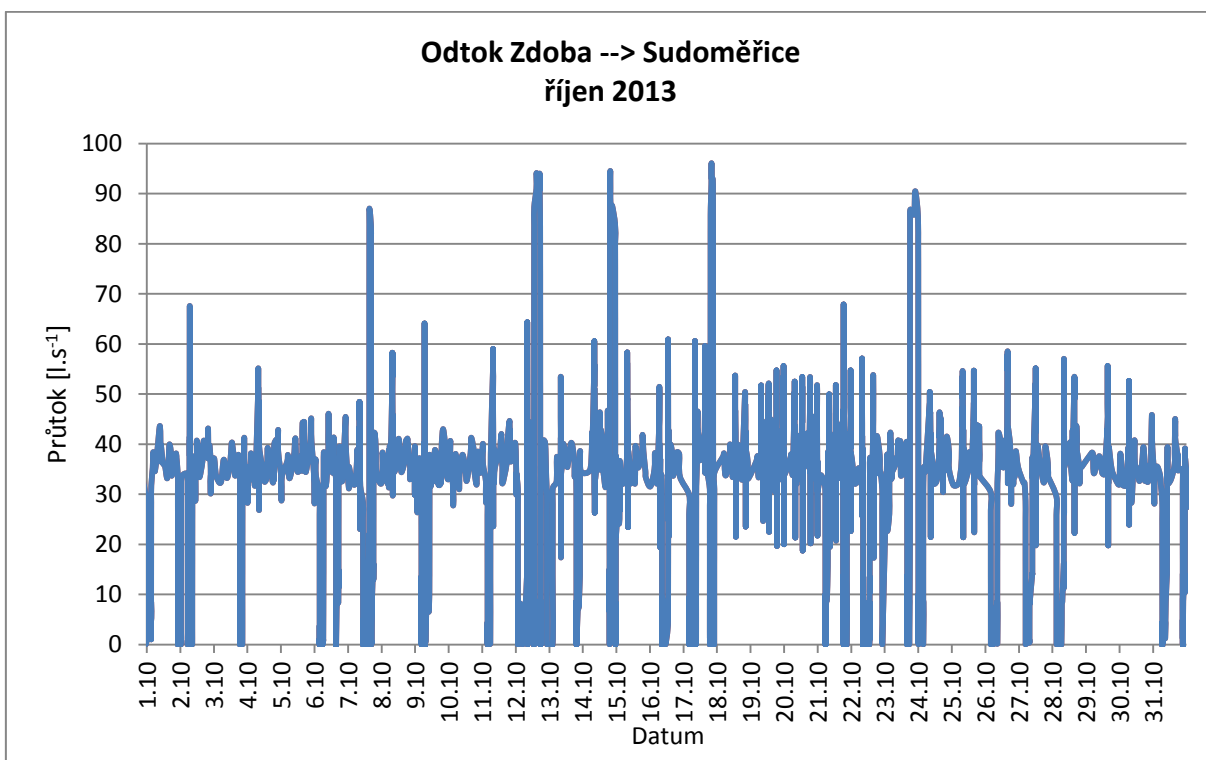
#### 10.1.1. VDJ Zdobá



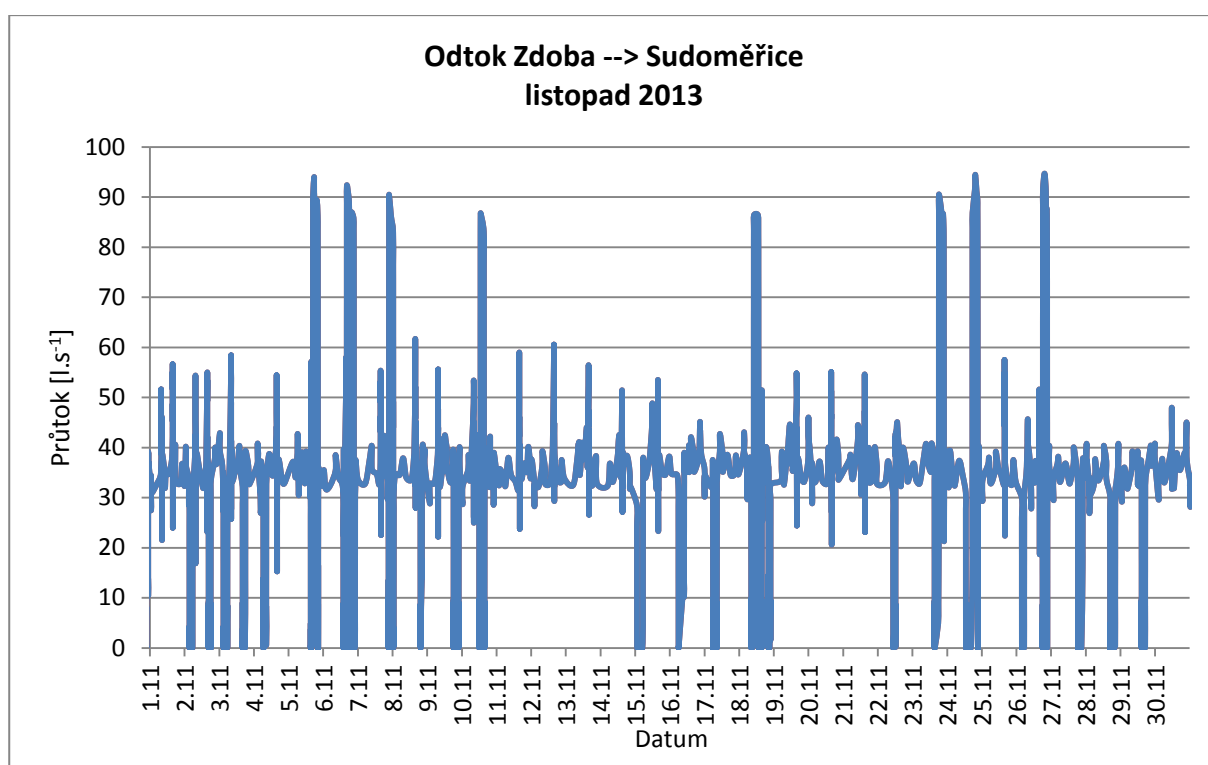
Obr. 44 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice



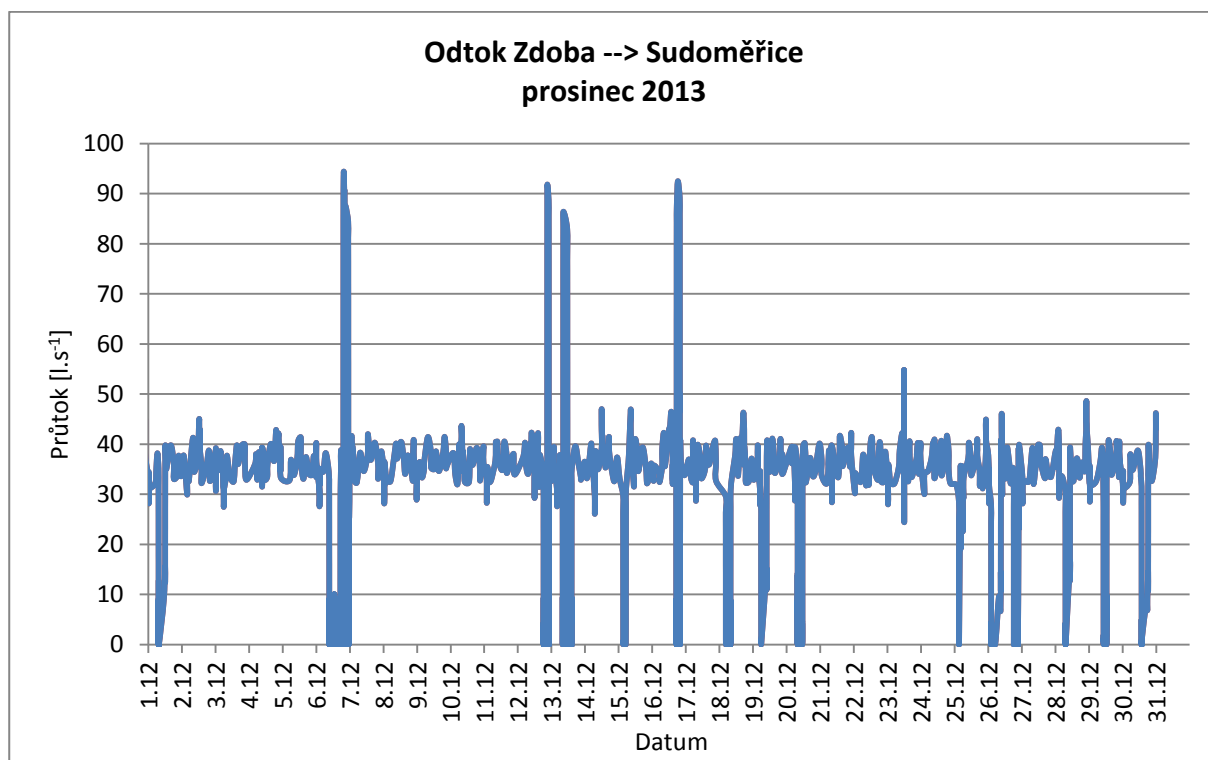
Obr. 45 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice



Obr. 46 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice



Obr. 47 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice

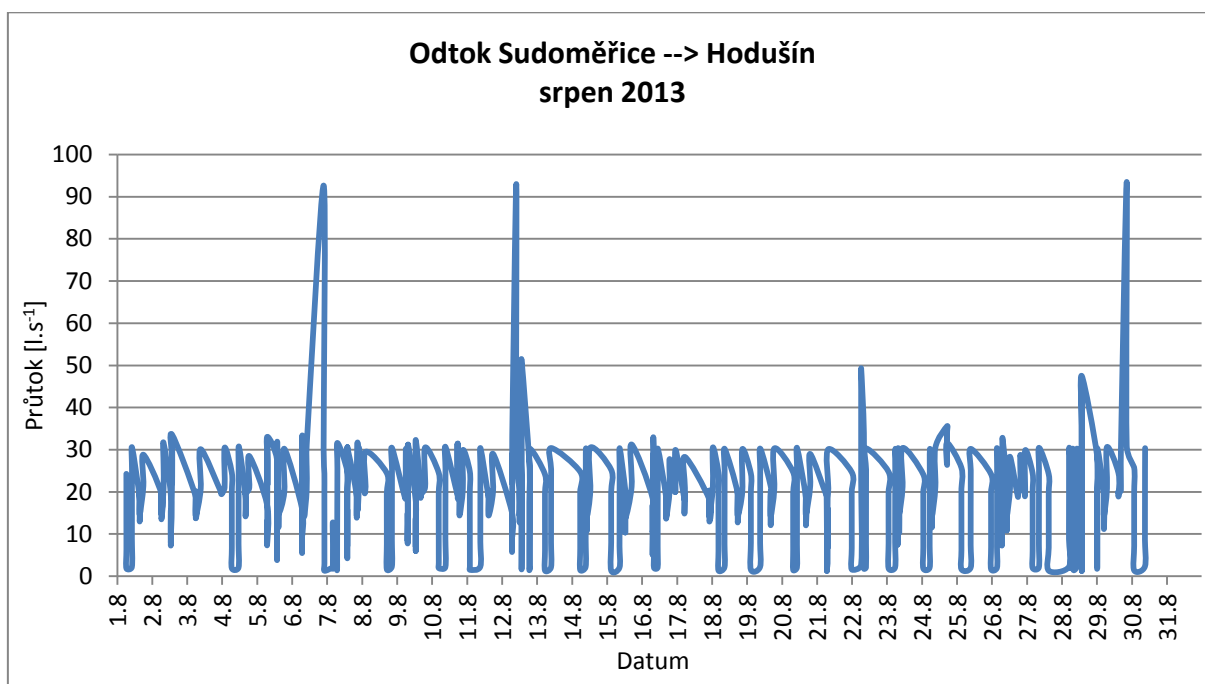


Obr. 48 Velikost zaznamenaných průtoků v prosinci 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice

Tabulka 15 Vyhodnocení průtoku odtoku z VDJ Zdobá směrem do ČS Sudoměřice

	max [l.s <sup>-1</sup> ]	min [l.s <sup>-1</sup> ]	průměr [l.s <sup>-1</sup> ]
srpen	92,11	0,00	31,96
září	90,72	0,00	31,29
říjen	96,08	0,00	33,50
listopad	94,70	0,00	35,05
prosinec	94,41	0,00	34,22
<b>celkem</b>	<b>96,08</b>	<b>0,00</b>	<b>33,20</b>

### 10.1.2. ČS + VDJ Sudoměřice

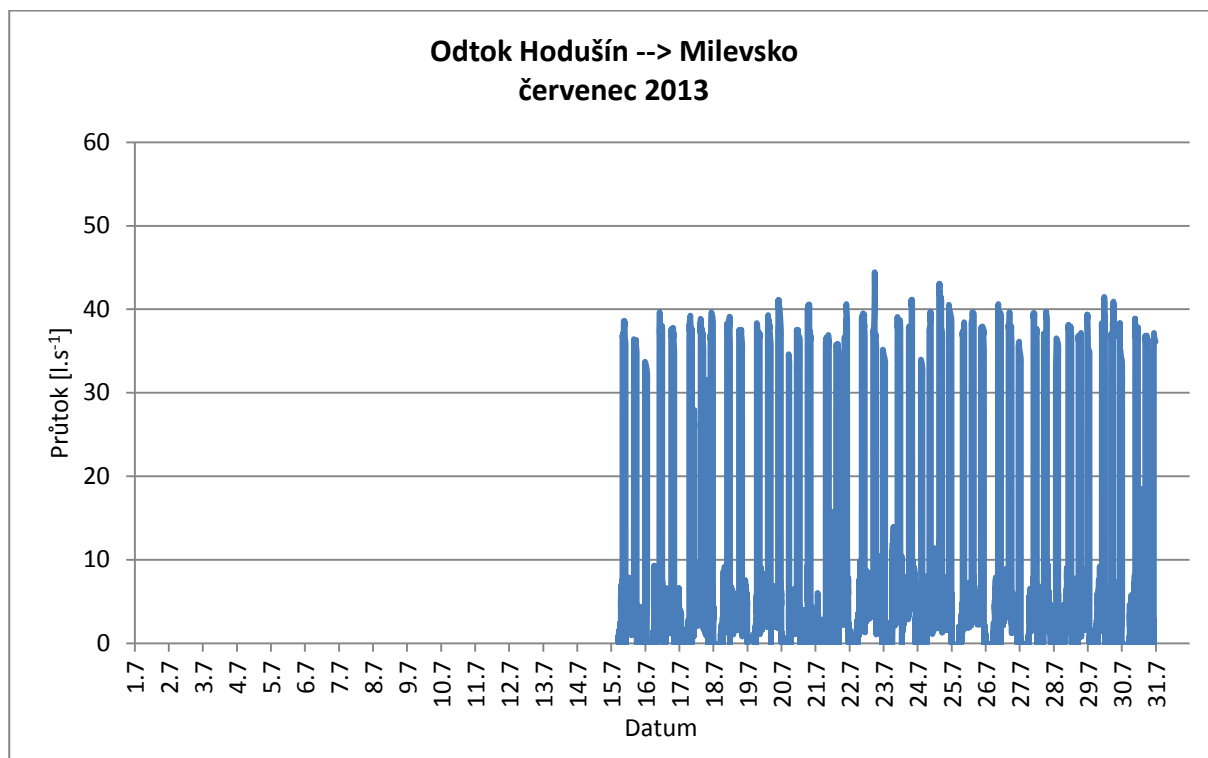


Obr. 49 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na odtoku z ČS a VDJ Sudoměřice směrem na VDJ Hodušín

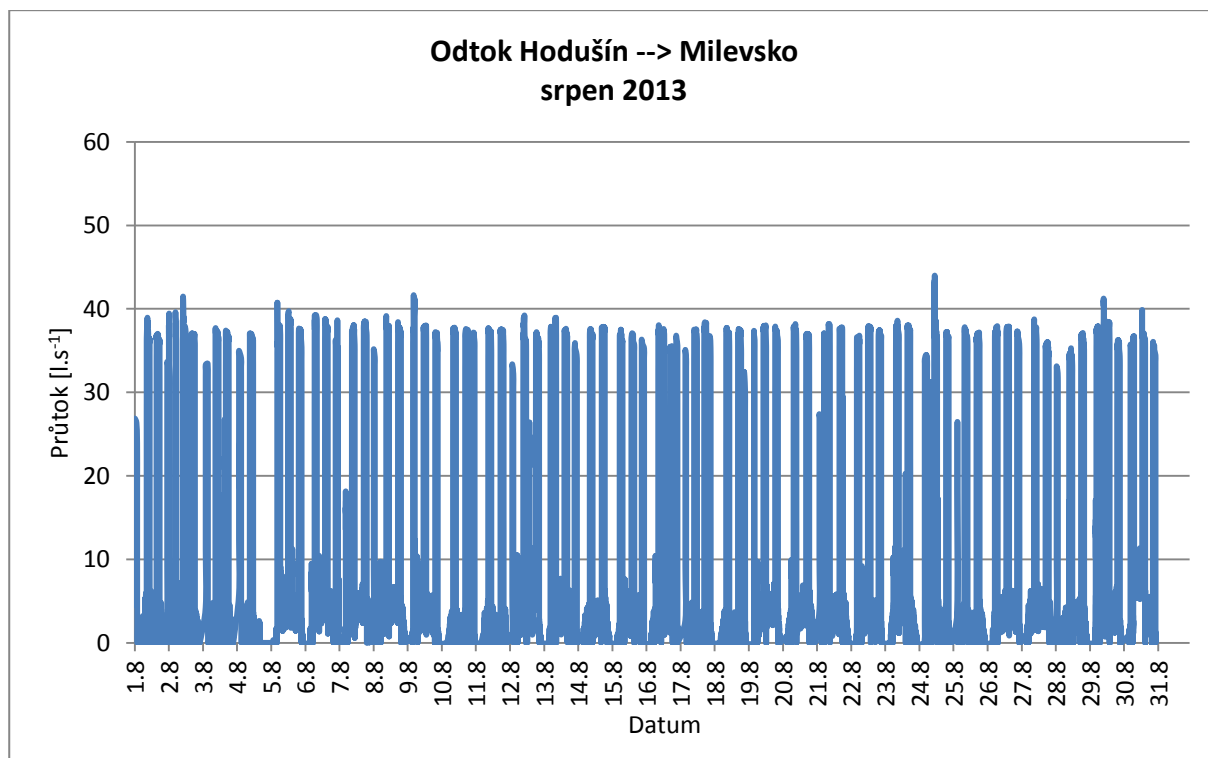
Tabulka 16 Vyhodnocení průtoku odtoku z ČS Sudoměřice směrem do VDJ Hodušín

	max [l.s <sup>-1</sup> ]	min [l.s <sup>-1</sup> ]	průměr [l.s <sup>-1</sup> ]
srpen	93,51	1,3	22,30

### 10.1.3. VDJ Hodušín

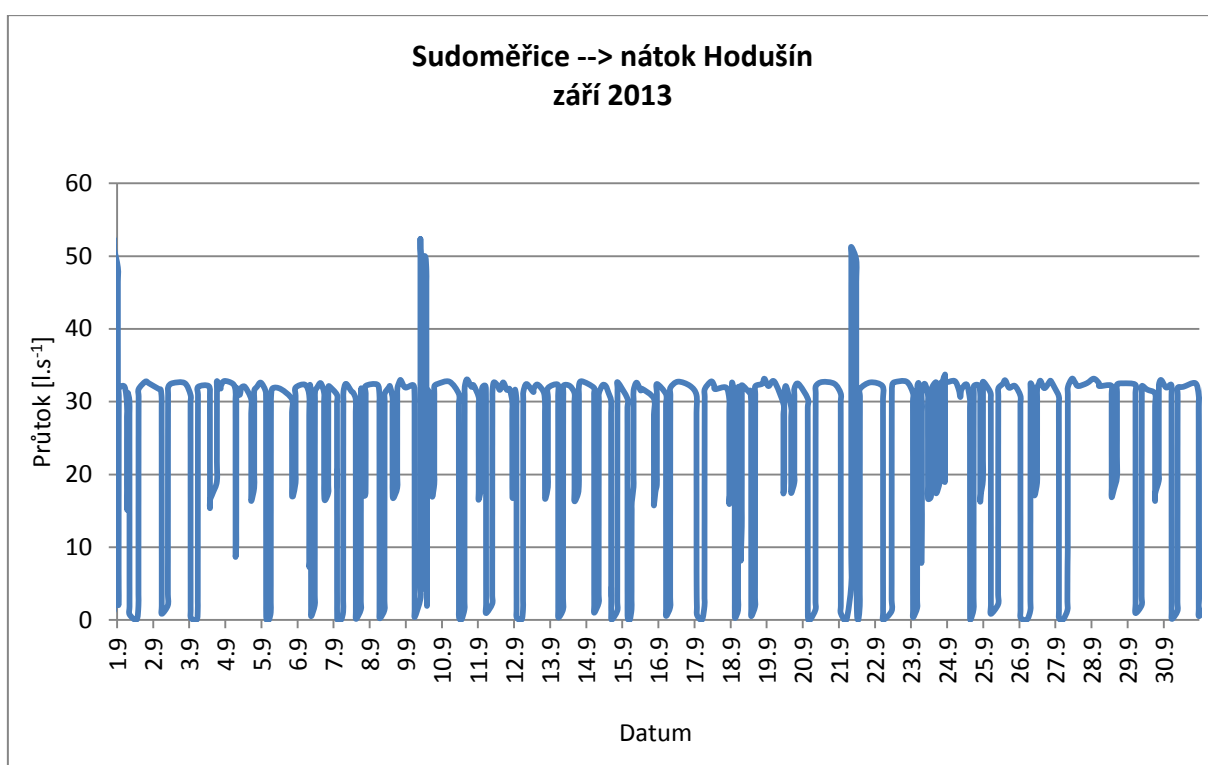


Obr. 50 Velikost zaznamenaných průtoků v červenci 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko

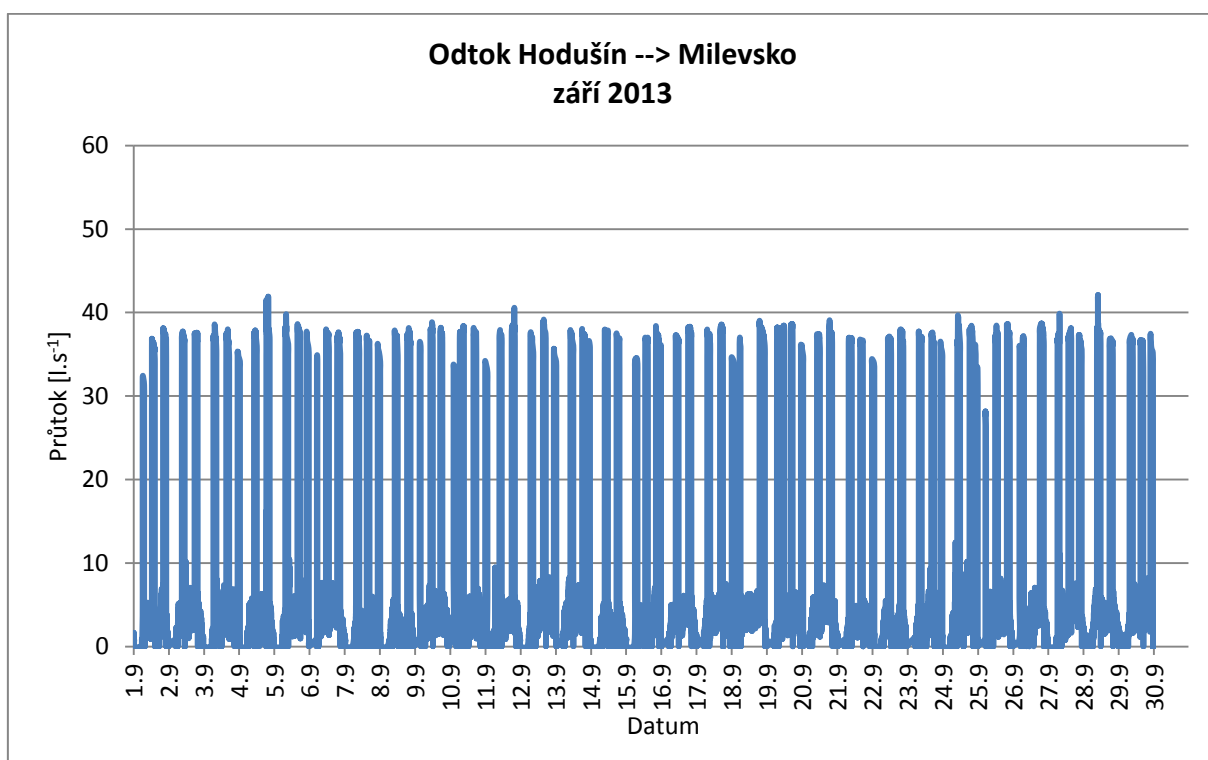


Obr. 51 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko

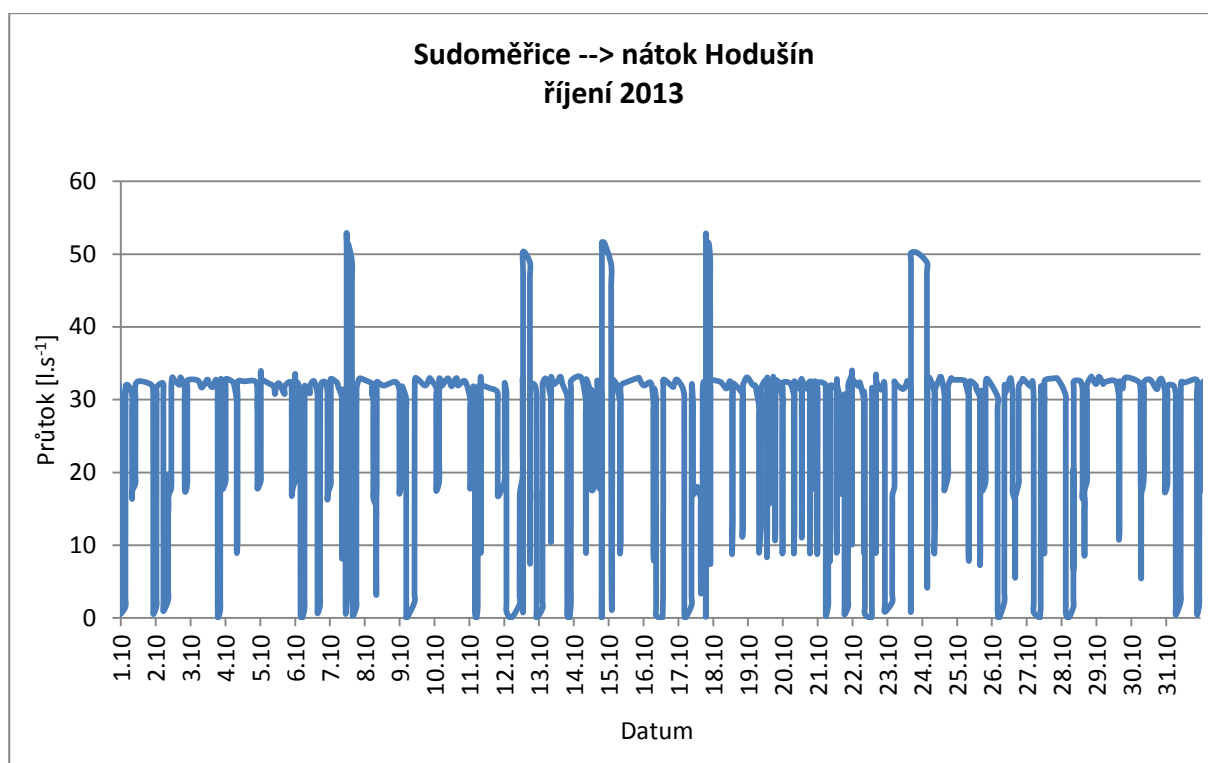




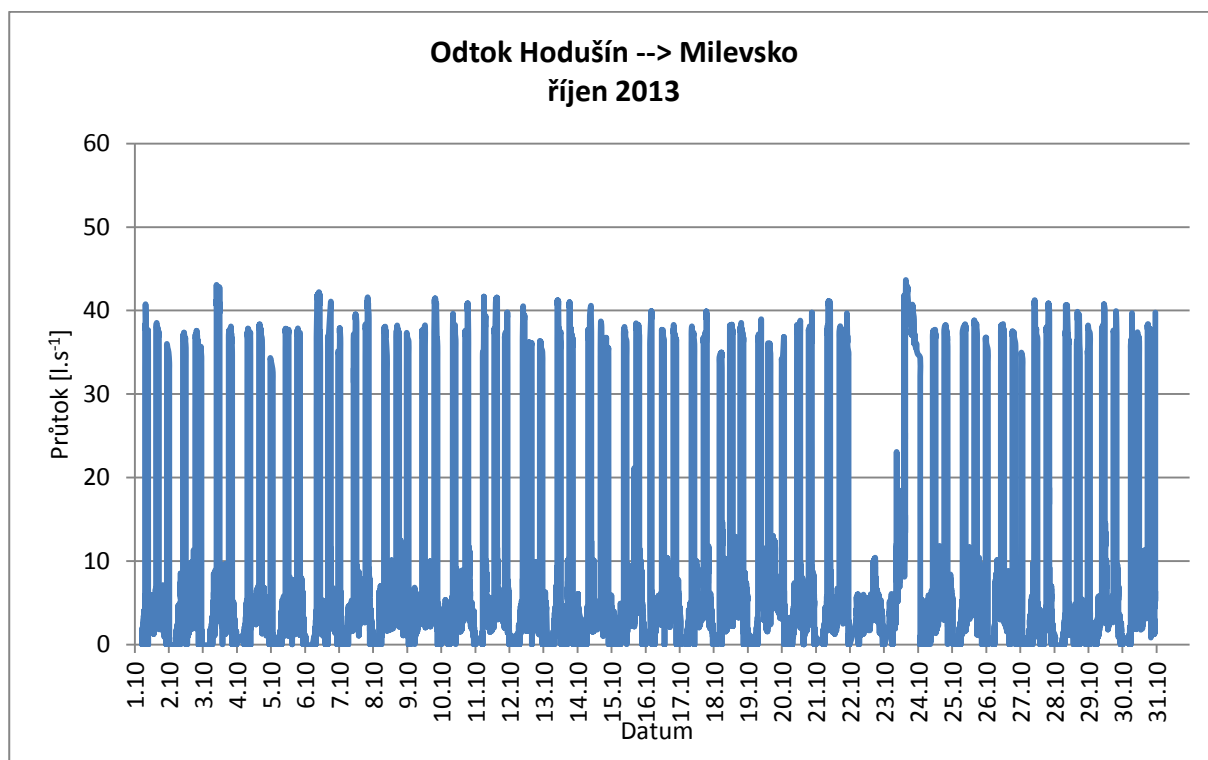
Obr. 52 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na nátoku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice



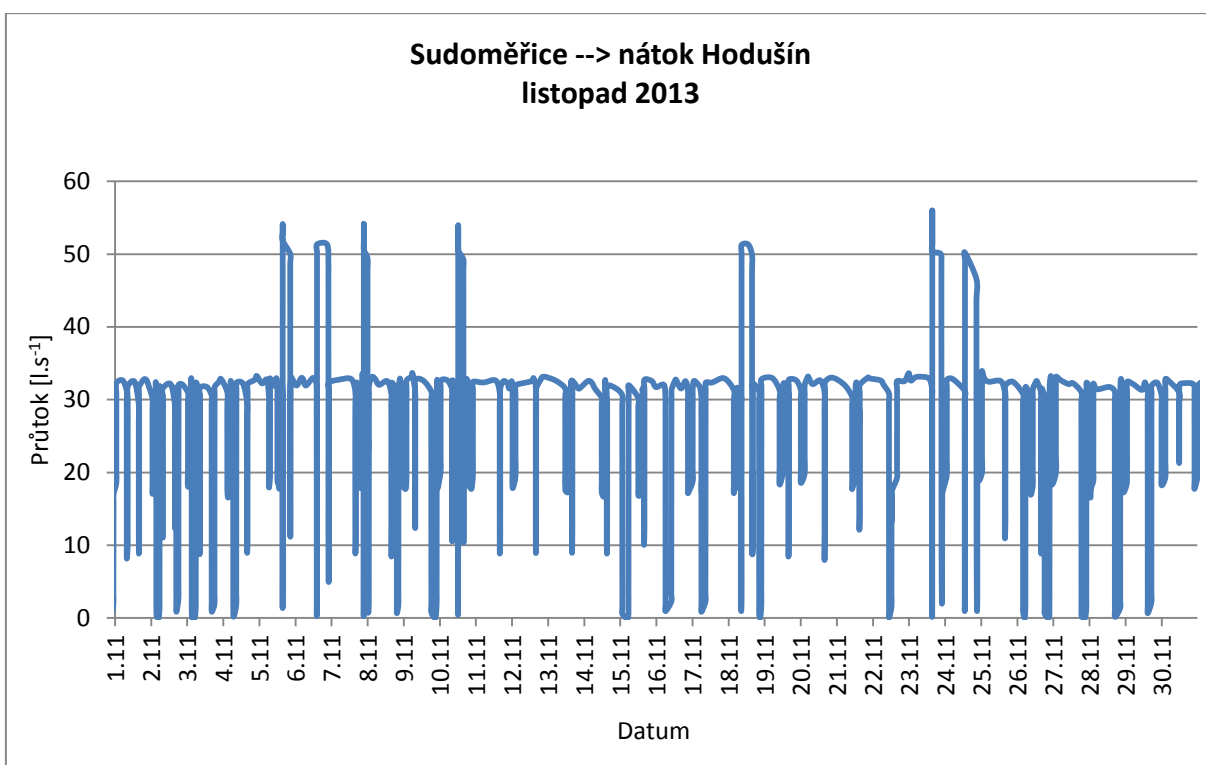
Obr. 53 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko



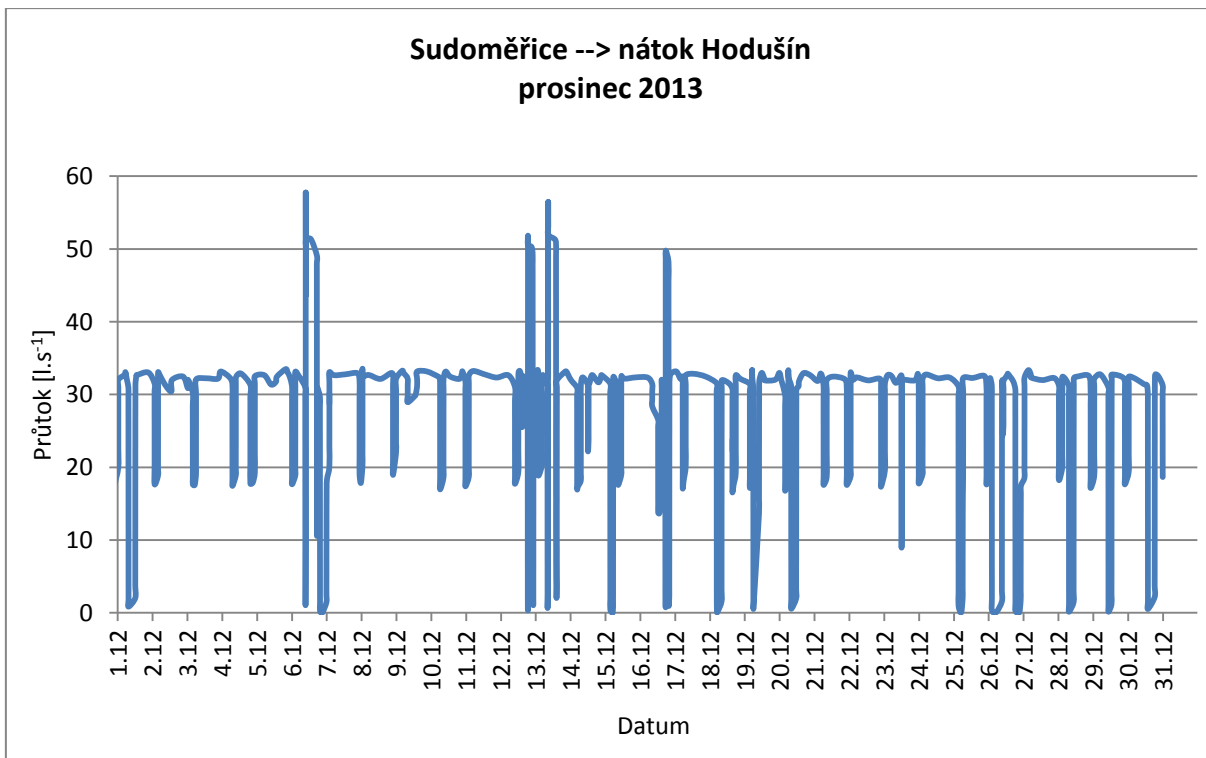
Obr. 54 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na nátku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice



Obr. 55 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko



Obr. 56 Velikost zaznamenaných průtoků v listopadu 2013 na nátoku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice



Obr. 57 Velikost zaznamenaných průtoků v prosinci 2013 na nátoku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice

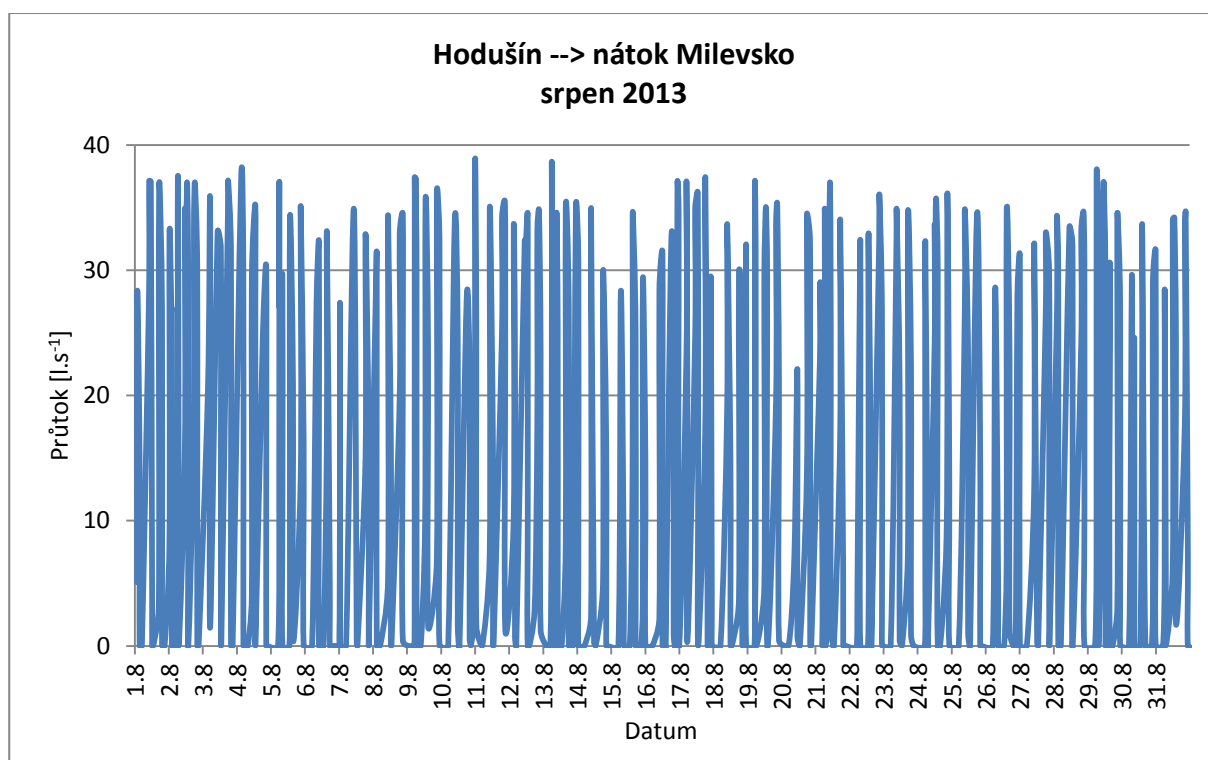
Tabulka 17 Vyhodnocení průtoku odtoku z VDJ Hodušín směrem do VDJ Milevsko

	max [l.s <sup>-1</sup> ]	min [l.s <sup>-1</sup> ]	průměr [l.s <sup>-1</sup> ]
červenec	44,44	0,00	11,08
srpen	43,99	0,00	9,62
září	42,02	0,00	9,61
říjen	43,66	0,00	10,78
<b>celkem</b>	<b>44,44</b>	<b>0,00</b>	<b>10,27</b>

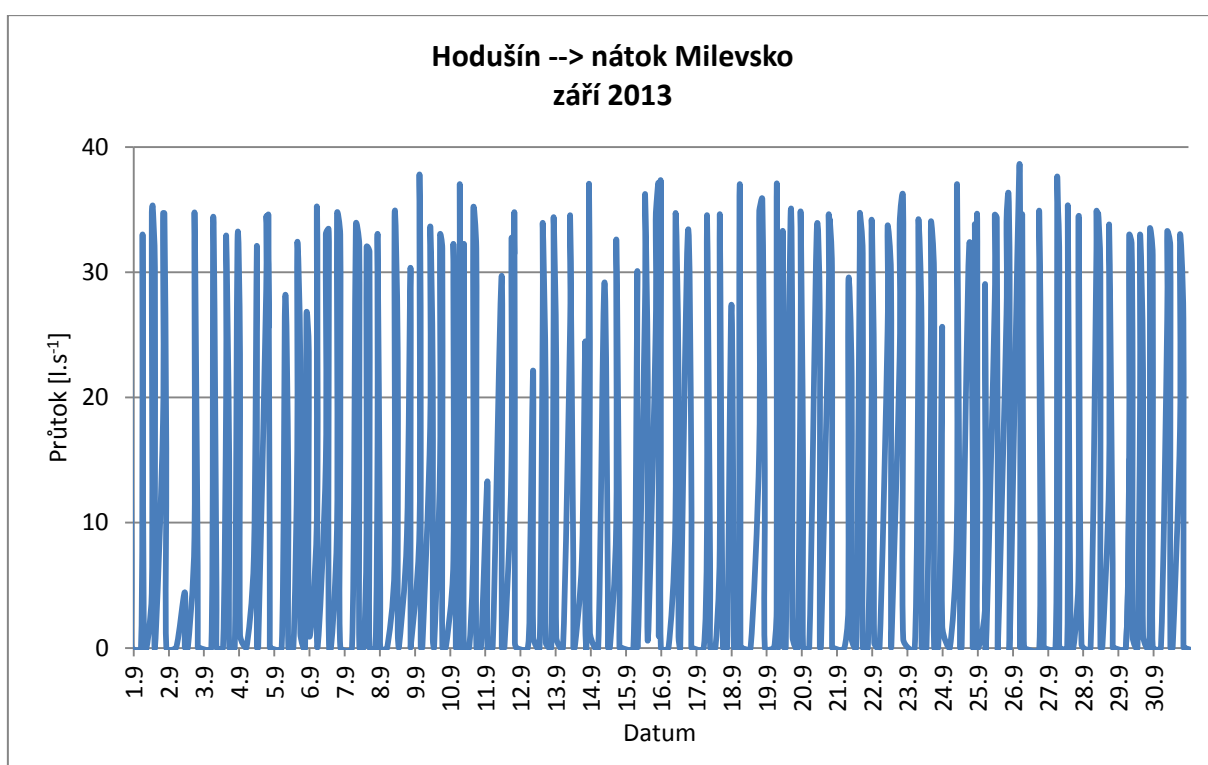
Tabulka 18 Vyhodnocení průtoku nátok do VDJ Hodušín směrem z ČS Sudoměřice

	max [l.s <sup>-1</sup> ]	min [l.s <sup>-1</sup> ]	průměr [l.s <sup>-1</sup> ]
srpen	52,36	0,00	25,15
září	52,36	0,00	25,73
říjen	52,93	0,00	27,44
listopad	55,88	0,00	29,65
prosinec	57,64	0,03	29,28
<b>celkem</b>	<b>57,64</b>	<b>0,00</b>	<b>27,43</b>

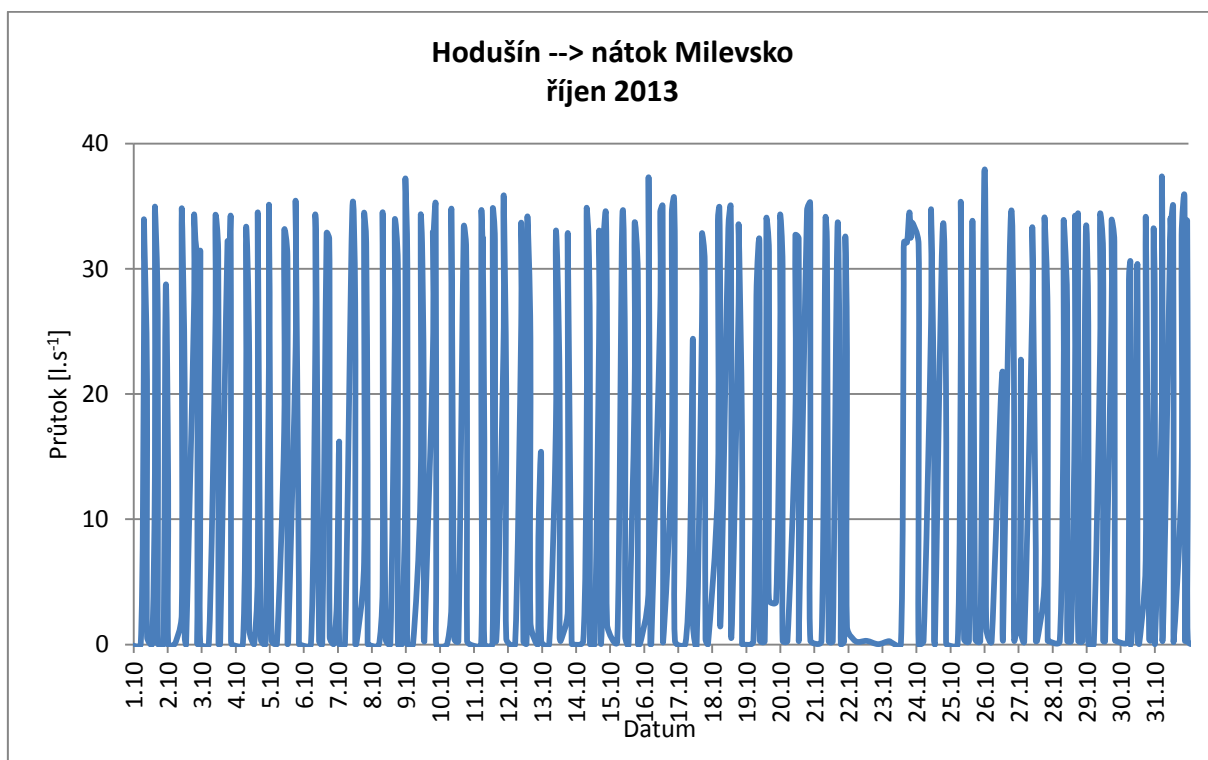
#### 10.1.4. VDJ Milevsko



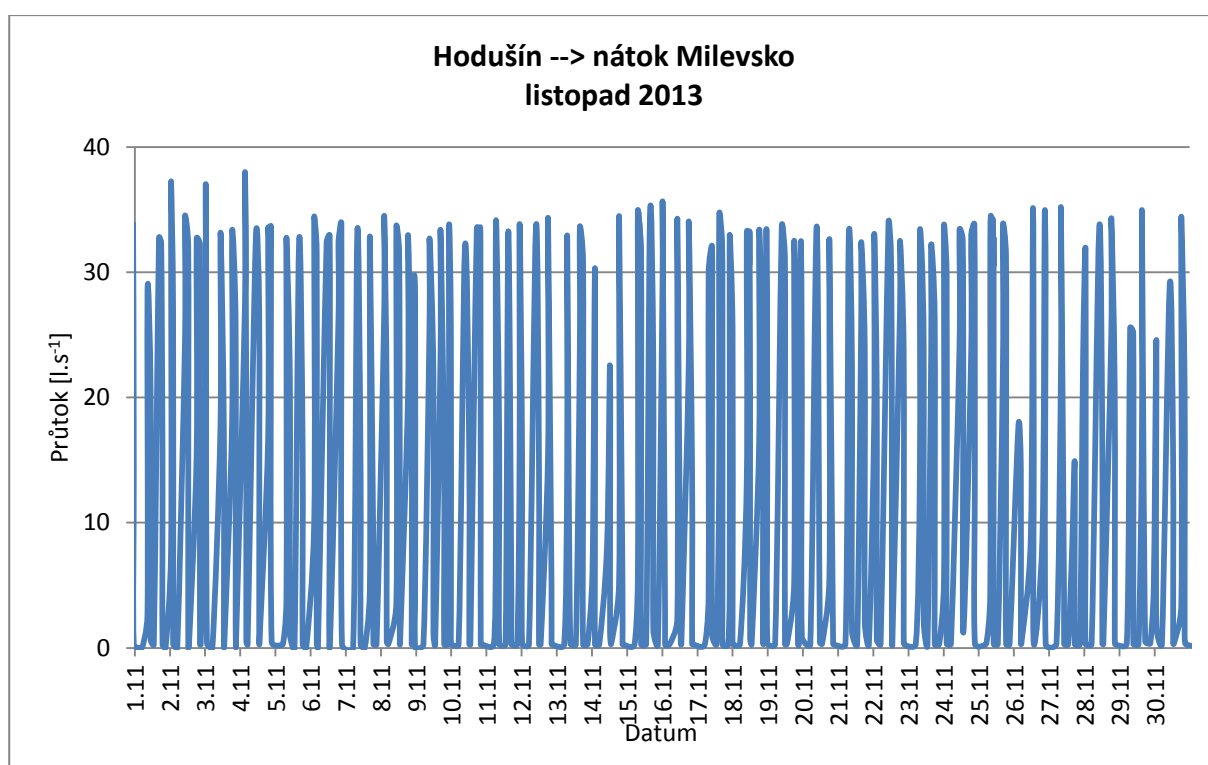
Obr. 58 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín



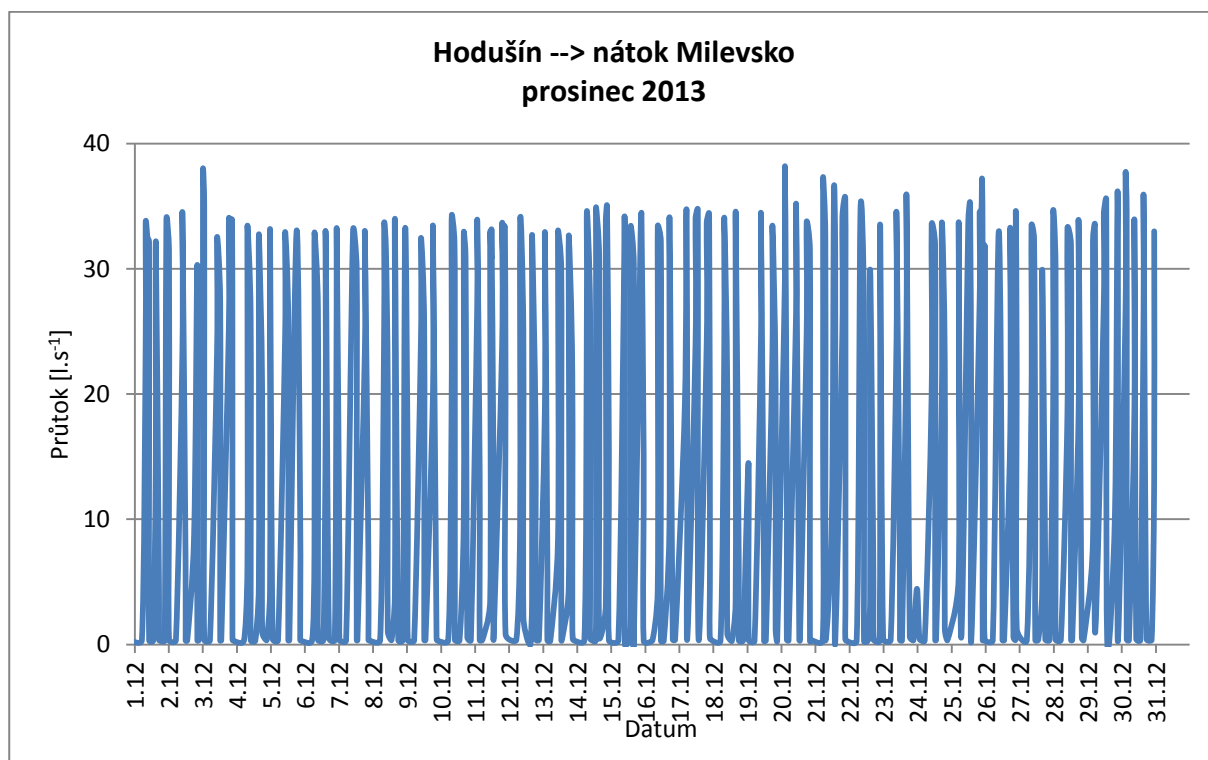
Obr. 59 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín



Obr. 60 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín



Obr. 61 Velikost zaznamenaných průtoků v listopadu 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín



Obr. 62 Velikost zaznamenaných průtoků v prosinci 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín

Tabulka 19 Vyhodnocení průtoku nátoků na VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín

	<b>max [l.s<sup>-1</sup>]</b>	<b>min [l.s<sup>-1</sup>]</b>	<b>průměr [l.s<sup>-1</sup>]</b>
srpen	38,11	0,00	10,37
září	37,87	0,00	9,40
říjen	37,38	0,00	10,20
listopad	38,00	0,02	10,29
prosinec	37,87	0,00	10,26
<b>celkem</b>	<b>38,11</b>	<b>0,00</b>	<b>10,11</b>

## **10.2. Vyhodnocení rychlostí koroze podle hmotnostního úbytku exponovaných kuponů**

Vyhodnocení rychlosti koroze probíhalo v roce 2004 přímo na úpravně vody Plav a v roce 2013 na vodojemech Hodušín a Milevsko. Podle správce celé sítě se během těchto let nezměnila úprava ani distribuce celé sítě a výsledky, tak mohou být porovnávány bez opakovaného měření na ÚV Plav.

### **10.2.1. Vyhodnocení korozních rychlostí na ÚV Plav**

Vyhodnocování korozní rychlosti probíhalo na úpravně vody Plav 10. - 19. 10. 2004. Měření probíhalo na surové, přefiltrované a upravené vodě. Současně byla měřena i teplota vody v jednotlivých částech úpravy, Výsledky se nacházejí v následujících tabulkách.

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 20 Vyhodnocení korozního testu – surová voda

umístění	surová voda					
datum	10.08.04		14.09.04		19.10.04	
interval	35			70		
T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)	9,1	10,6	9,9	12,0	10,6	
stav vodoměru	21070,0	22235,0		23064,9		
množství vody (m <sup>3</sup> )	1165,0			1994,9		
v (m.s <sup>-1</sup> )	0,16			0,14		
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	1	13,5941		13,3055	0,2886	85,3
	2	13,6457		13,3606	0,2851	84,3
	3	13,5950		13,3041	0,2909	86,0
	4	13,7102		13,4213	0,2889	85,4
	5	13,2030	13,0173	0,1857	54,9	
	6	13,8709	13,6839	0,1870	55,3	
	7	13,7089	13,5439	0,1650	48,8	
	8	13,8979	13,7218	0,1761	52,1	
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )				52,8	85,3	
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)				6,7	10,8	
korozní rychlost /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )				70,0	56,6	
<b>korozní rychlost 35-70 /v<sub>v</sub>/ (μm.r<sup>-1</sup>)</b>						<b>43,1</b>



*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 21 Vyhodnocení korozního testu – filtrovaná voda

umístění	filtrovaná voda					
datum	10.08.04	14.09.04				19.10.04
interval	35					70
T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)						
stav vodoměru	18442,0	19340,0				20380
množství vody (m <sup>3</sup> )	918,0					1938
v (m.s <sup>-1</sup> )	0,13					0,13
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	9	13,6812	13,2801	0,4011	118,6	
	10	13,3083	12,8732	0,4351	128,7	
	11	13,1900	12,7773	0,4127	122,0	
	12	13,4054	12,9975	0,4079	120,6	
	13	13,3130				12,7095 0,6035 178,4
	14	13,5342				12,9734 0,5608 165,8
	15	13,4082				12,8623 0,5459 161,4
	16	13,3419				12,7802 0,5617 166,1
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )					122,5	167,9
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)					15,6	21,4
korozní rychlost /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					162,5	111,4
<b>korozní rychlost 35-70 /v<sub>v</sub>/ (μm.r<sup>-1</sup>)</b>						<b>60,3</b>

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 22 Vyhodnocení korozního testu – upravená voda

umístění	upravená voda					
	datum	10.08.04		14.09.04		19.10.04
interval			35		70	
T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)						
stav vodoměru	6670,0		7430,0		8139,3	
množství vody (m <sup>3</sup> )			760,0		1469,3	
v (m.s <sup>-1</sup> )			0,1		0,1	
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	17	13,3482	13,1874	0,1608	47,5	
	18	13,5819	13,4303	0,1516	44,8	
	19	13,3269	13,1851	0,1418	41,9	
	20	13,3524	13,1924	0,1600	47,3	
	21	13,5816			13,4209	0,1607 47,5
	22	13,4350			13,2559	0,1791 53
	23	13,3282			13,1768	0,1514 44,8
	24	13,5685			13,4144	0,1541 45,6
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )					45,4	47,7
korozní úbytek /U <sub>t</sub> / (μm)					5,8	6,1
korozní rychlost /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					60,2	31,6
<b>korozní rychlost 35-70 /v<sub>v</sub>/ (μm.r<sup>-1</sup>)</b>					<b>3,1</b>	

Tabulka 23 Souhrn prvního měření vyhodnocení korozního testu na ÚV Plav

	surová voda		přefiltrovaná voda		upravená voda	
	35	70	35	70	35	70
doba expozice /d/	35	70	35	70	35	70
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )	52,8	85,3	122,5	167,9	45,4	47,7
korozní úbytek /U <sub>t</sub> / (μm)	6,7	10,8	15,6	21,4	5,8	6,1
korozní rychlost /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )	70,0	56,6	162,5	111,4	60,2	31,6
korozní rychlost 35-70 /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )	-	43,1	-	60,3	-	3,1

Z porovnání výsledků korozních testů je zřejmé, že nejvyšší korozní rychlosti byly zjištěny u přefiltrované vody, u surové vody jsou o něco málo nižší. V upravené vodě po provedené stabilizaci byly výrazně nižší hodnoty korozních rychlostí než v surové a přefiltrované vodě.

Podle TNV 75 7121 se v případě surové a upravené vody jedná o stupeň agresivity I, tedy o mírně agresivní vodu, ale v případě přefiltrované vody už se jedná o stupeň II a to je již hodnoceno jako středně agresivní. V tomto případě se však nejedná o přiváděcí řad zakopaný v zemi a jeho kontrola tloušťky stěn je velice jednoduchá i již minimální náznak průsaku je lehce identifikovatelný, a proto rychle opravitelný opravným třmenem nebo výměnou celého kusu potrubí.

### **10.2.2. Vyhodnocení korozní rychlosti na vodojemech Hodušín a Milevsko**

27. června 2013 byly osazeny první kupóny na VDJ Hodušín a VDJ Milevsko. První odebrání proběhlo 1. srpna 2013 a kompletní dokončení prvního cyklu osazení proběhlo 17. září 2013. Druhý cyklus navázal na první a byla hned osazena nová řada kupónů. První odebrání proběhlo 25. října 2013 a dokončení cyklu proběhlo 2. prosince 2013. Při každém osazení se odebíraly vzorky vody a následně se vše vyhodnocovalo pomocí terénních přístrojů přímo na místě nebo následně po převozu do Prahy v laboratořích Fakulty stavební ČVUT v Praze.

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 24 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - odtok v období 27. 06. - 17. 09. 2013

umístění	VDJ Hodušín - odtok					
	27.06.13		01.08.13		17.09.13	
datum	27.06.13		01.08.13		17.09.13	
interval			35		82	
T <sub>H2O</sub> (°C)	15,0		15,0		13,0	
pH	7,5		7,5		7,5	
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	731	13,2858			12,7448	0,5410 146,4
	732	13,5148			13,0691	0,4457 120,6
	733	13,3874			12,8052	0,5822 157,5
	734	13,3788			12,8062	0,5726 154,9
	735	13,3921	13,1769	0,2152	58,2	
	736	13,3375	13,1228	0,2147	58,1	
	737	13,2685	13,0323	0,2362	63,9	
	738	13,5283	13,2914	0,2369	64,1	
korozní úbytek jednotlivých kuponů /k/ (g/m <sup>2</sup> )					<b>61,1</b>	<b>144,9</b>
korozní úbytek /U <sub>k</sub> / (μm)					<b>7,8</b>	<b>18,4</b>
korozní rychlost /v <sub>k</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					<b>81,0</b>	<b>82,0</b>
	759		13,4660		13,1998	0,2662 72,0
	760		13,4628		13,1257	0,3371 91,2
	761		13,4723		13,1644	0,3079 83,3
	762		13,6588		13,3213	0,3375 91,3
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )						<b>84,5</b>
korozní úbytek /U <sub>k</sub> / (μm)						<b>10,7</b>
korozní rychlost 35-82 /v <sub>k</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )						<b>83,5</b>

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 25 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - nádrž v období 27. 06. - 17. 09. 2013

umístění	VDJ Hodušín - nádrž					
datum	27.06.13		01.08.13		17.09.13	
interval			35		82	
T <sub>H2O</sub> (°C)	15,0		15,0		13,0	
pH	7,5		7,5		7,5	
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	739	13,2988			12,7664	0,5324 144,0
	740	13,4841			13,0259	0,4582 124,0
	741	13,5287			13,0262	0,5025 136,0
	742	13,5184			12,9885	0,5299 143,4
	743	13,3014	13,0469	0,2545	68,9	
	744	13,3917	13,1378	0,2539	68,7	
	745	13,4382	13,2013	0,2369	64,1	
	746	13,2975	13,0505	0,2470	66,8	
korozní úbytek jednotlivých kuponů /k/ (g.m <sup>-2</sup> )					<b>67,1</b>	<b>136,8</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)					<b>8,5</b>	<b>17,4</b>
korozní rychlost /v <sub>u</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					<b>89,1</b>	<b>77,5</b>
	755		13,3152		12,9208	0,3944 106,7
	756		13,3355		12,937	0,3985 107,8
	757		13,4061		13,0211	0,3850 104,2
	758		13,4430		13,0973	0,3457 93,5
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )						<b>103,1</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)						<b>13,1</b>
korozní rychlost 35-82 /v <sub>u</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )						<b>101,8</b>

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 26 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Milevsko v období 27. 06. - 17. 09. 2013

umístění	VDJ Milevsko					
	27.06.13		01.08.13		17.09.13	
datum	27.06.13		01.08.13		17.09.13	
interval			35		82	
T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)	15,0		16,0		13,0	
pH	7,4		7,6		7,3	
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	747	13,4132			12,9047	0,5085 137,6
	748	13,3530			12,9735	0,3795 102,7
	749	13,3287			12,8841	0,4446 120,3
	750	13,2603			12,7656	0,4947 133,8
	751	13,3055	13,0483	0,2572	69,6	
	752	13,3735	13,1193	0,2542	68,8	
	753	13,2472	13,0012	0,2460	66,6	
	754	13,3262	13,1003	0,2259	61,1	
korozní úbytek jednotlivých kuponů /k/ (g.m <sup>-2</sup> )					<b>66,5</b>	<b>123,6</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)					<b>8,5</b>	<b>15,7</b>
korozní rychlost /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					<b>88,2</b>	<b>70,0</b>
	763		13,4514		13,0937	0,3577 96,8
	764		13,4579		13,1634	0,2945 79,7
	765		13,5305		13,2798	0,2507 67,8
	766		13,1952		12,784	0,4112 111,3
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )						<b>88,9</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)						<b>11,3</b>
korozní rychlost 35-82 /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )						<b>87,8</b>

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 27 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - odtok v období 17. 09. - 02. 12. 2013

umístění	VDJ Hodušín - odtok					
datum	17.09.13		25.10.13		02.12.13	
interval			38		76	
T <sub>H2O</sub> (°C)	13,0		12,0		7,4	
pH	7,5		7,6		6,8	
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	1	13,4286	12,9846	0,4440	120,1	
	2	13,5784	13,0491	0,5293	143,2	
	3	13,1985	12,8634	0,3351	90,7	
	4	13,2186	12,9010	0,3176	85,9	
	5	13,6958			12,7574	0,9384 253,9
	6	13,4156			12,7129	0,7027 190,1
	7	13,6296			12,7612	0,8684 235,0
	8	13,4651			12,7312	0,7339 198,6
korozní úbytek jednotlivých kuponů /k/ (g.m <sup>-2</sup> )					<b>110,0</b>	<b>219,4</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)					<b>14,0</b>	<b>27,9</b>
korozní rychlost /v <sub>u</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					<b>134,4</b>	<b>134,0</b>
	29		13,1383		12,7346	0,4037 109,2
	30		13,2421		12,8175	0,4246 114,9
	31		13,2920		12,88	0,4120 111,5
	32		13,2856		12,8852	0,4004 108,3
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )						<b>111,0</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)						<b>14,1</b>
korozní rychlost 35-82 /v <sub>u</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )						<b>135,6</b>

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 28 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - nádrž v období 17. 09. - 02. 12. 2013

umístění	VDJ Hodušín - nádrž					
	17.09.13		25.10.13		02.12.13	
datum	17.09.13		25.10.13		02.12.13	
interval			38		76	
T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (°C)	13,0		12,0		7,4	
pH	7,5		7,6		6,8	
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	9	13,2954			12,6874	0,6080 164,5
	10	13,1752			12,5728	0,6024 163,0
	11	13,2141			12,6218	0,5923 160,3
	12	13,2723			12,682	0,5903 159,7
	13	13,3684	12,9973	0,3711	100,4	
	14	13,2529	12,9479	0,3050	82,5	
	15	13,3905	12,8645	0,5260	142,3	
	16	13,3018	12,9436	0,3582	96,9	
korozní úbytek jednotlivých kuponů /k/ (g.m <sup>-2</sup> )					<b>105,5</b>	<b>161,9</b>
korozní úbytek /U <sub>k</sub> / (μm)					<b>13,4</b>	<b>20,6</b>
korozní rychlost /v <sub>k</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					<b>129,0</b>	<b>98,9</b>
	33		13,1759		12,7579	0,4180 113,1
	34		13,0923		12,5862	0,5061 136,9
	35		13,0590		12,6778	0,3812 103,1
	36		12,9980		12,5893	0,4087 110,6
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )						<b>115,9</b>
korozní úbytek /U <sub>k</sub> / (μm)						<b>14,8</b>
korozní rychlost 35-82 /v <sub>k</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )						<b>141,7</b>



*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Tabulka 29 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Milevsko v období 17. 09. - 02. 12. 2013

umístění	VDJ Milevsko					
	17.09.13		25.10.13		02.12.13	
datum	17.09.13		25.10.13		02.12.13	
interval			38		76	
T <sub>H2O</sub> (°C)	13,0		12,0		7,4	
pH	7,3		7,6		7,1	
	číslo kuponu	hmotnost (g)				
	17	13,3846	12,9467	0,4379	118,5	
	18	13,2309	12,8901	0,3408	92,2	
	19	13,2058	12,8252	0,3806	103,0	
	20	13,4084	12,9871	0,4213	114,0	
	21	13,3715			12,8484	0,5231 141,5
	22	13,5956			12,9279	0,6677 180,7
	23	13,2307			12,6745	0,5562 150,5
	24	13,4118			12,7608	0,6510 176,1
korozní úbytek jednotlivých kuponů /k/ (g.m <sup>-2</sup> )					<b>106,9</b>	<b>162,2</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)					<b>13,6</b>	<b>20,6</b>
korozní rychlost /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )					<b>130,7</b>	<b>99,1</b>
	25		12,9872		12,5743	0,4129 111,7
	26		13,1955		12,7805	0,4150 112,3
	27		13,3527		12,93	0,4227 114,4
	28		13,2922		12,912	0,3802 102,9
korozní úbytek /k/ (g.m <sup>-2</sup> )						<b>110,3</b>
korozní úbytek /U <sub>v</sub> / (μm)						<b>14,0</b>
korozní rychlost 35-82 /v <sub>v</sub> / (μm.r <sup>-1</sup> )						<b>134,8</b>

Vyhodnocení jednotlivých veličin pro výpočet korozní rychlosti z obou cyklů osazování kuponů na VDJ Hodušín a VDJ Milevsko jsou vidět v následujících tabulkách. Jedná se o výsledky korozního úbytku jednotlivých kuponů, korozního úbytku a samotné vyhodnocení korozní rychlosti.

Tabulka 30 Vyhodnocení korozního úbytku jednotlivých kuponů při prvním cyklu

Doba expozice (d)	Hodnota	Korozní úbytky jednotlivých kuponů [g.m <sup>-2</sup> ]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 35	Ø	61,0795	67,1199	66,5111
	Min	58,0898	64,0963	61,1201
	Max	64,0963	68,8582	69,5887
0 - 82	Ø	144,8525	136,8371	123,5998
	Min	120,5898	123,9719	102,6786
	Max	157,5216	144,0476	137,5812
35 - 82	Ø	84,4629	103,0574	88,8866
	Min	72,0238	93,5335	67,8301
	Max	91,3149	107,8193	111,2554

Tabulka 31 Vyhodnocení korozního úbytku jednotlivých kuponů při druhém cyklu

Doba expozice (d)	Hodnota	Korozní úbytky jednotlivých kuponů [g.m <sup>-2</sup> ]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 38	Ø	109,9838	105,5398	106,9129
	Min	85,9307	82,5216	92,2078
	Max	143,2089	142,3160	118,4794
0 - 76	Ø	219,3858	161,8642	162,2024
	Min	190,1245	159,7132	141,5314
	Max	253,8961	164,5022	180,6548
38 - 76	Ø	110,9781	115,9361	110,3084
	Min	108,3333	103,1385	102,8680
	Max	114,8810	136,9318	114,3669

Tabulka 32 Vyhodnocení korozního úbytku při prvním cyklu

Doba expozice (d)	Hodnota	Korozní úbytek [ $\mu\text{m}$ ]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 35	$\emptyset$	7,7709	8,5394	8,4620
	Min	7,3906	8,1547	7,7761
	Max	8,1547	8,7606	8,8535
0 - 82	$\emptyset$	18,4291	17,4093	15,7252
	Min	15,3422	15,7725	13,0634
	Max	20,0409	18,3267	17,5040
35 - 82	$\emptyset$	10,7459	13,1116	11,3087
	Min	9,1633	11,8999	8,6298
	Max	11,6177	13,7175	14,1546

Tabulka 33 Vyhodnocení korozního úbytku při druhém cyklu

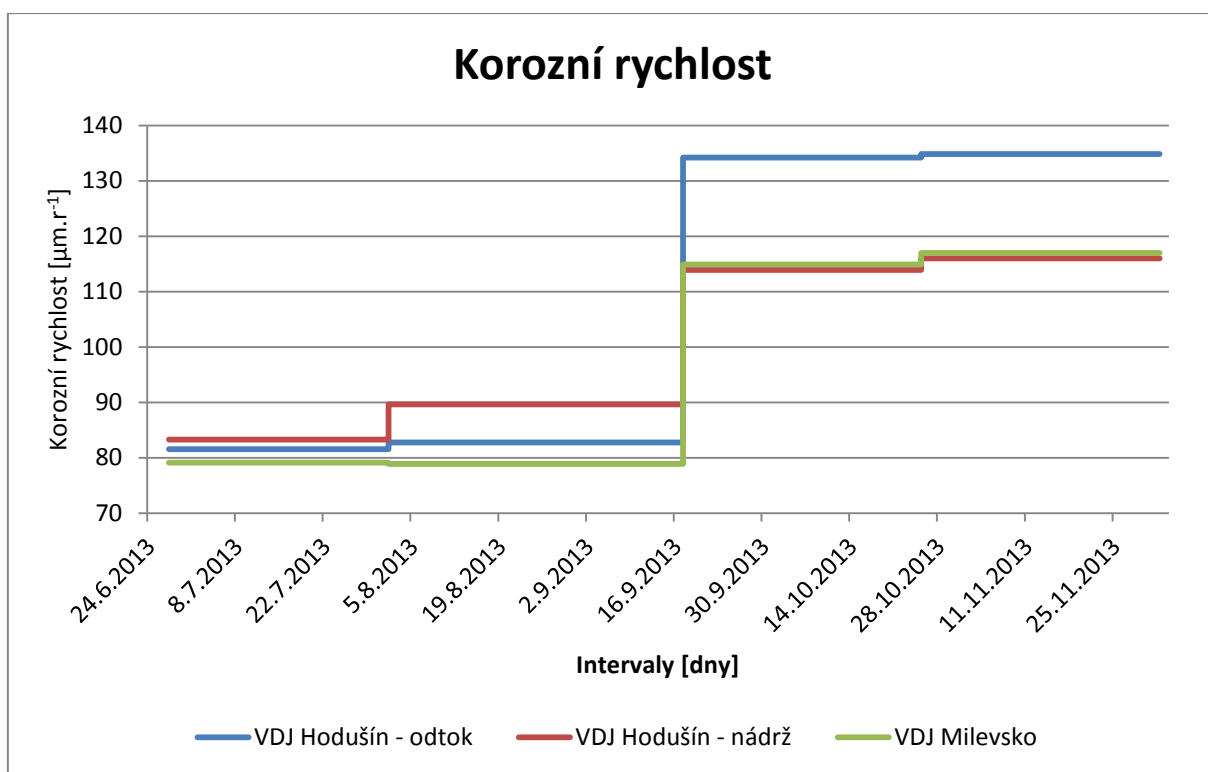
Doba expozice (d)	Hodnota	Korozní úbytek [ $\mu\text{m}$ ]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 38	$\emptyset$	13,9928	13,4275	13,6021
	Min	10,9327	10,4989	11,7313
	Max	18,2200	18,1064	15,0737
0 - 76	$\emptyset$	27,9117	20,5934	20,6364
	Min	24,1889	20,3197	18,0065
	Max	32,3023	20,9290	22,9841
38 - 76	$\emptyset$	14,1193	14,7501	14,0342
	Min	13,7829	13,1220	13,0875
	Max	14,6159	17,4214	14,5505

Tabulka 34 Vyhodnocení korozní rychlosti při prvním cyklu

Doba expozice (d)	Hodnota	Korozní rychlost [ $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ ]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 35	Ø	81,0397	89,0540	88,2463
	Min	77,0730	85,0424	81,0936
	Max	85,0424	91,3604	92,3297
0 - 82	Ø	82,0319	77,4926	69,9962
	Min	68,2916	70,2069	58,1482
	Max	89,2065	81,5760	77,9140
35 - 82	Ø	83,4524	101,8243	87,8231
	Min	71,1621	92,4144	67,0185
	Max	90,2224	106,5292	109,9243

Tabulka 35 Vyhodnocení korozní rychlosti při druhém cyklu

Doba expozice (d)	Hodnota	Korozní rychlost [ $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ ]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 38	Ø	134,4050	128,9742	130,6522
	Min	105,0111	100,8451	112,6819
	Max	175,0075	173,9164	144,7870
0 - 76	Ø	134,0495	98,9025	99,1092
	Min	116,1702	97,5883	86,4788
	Max	155,1361	100,5144	110,3840
38 - 76	Ø	135,6201	133,1265	134,8017
	Min	132,3881	126,0398	125,7091
	Max	140,3895	138,2073	139,7613



Obr. 63 Vyhodnocení korozní rychlosti podle po sobě jdoucích intervalech 1. cyklus 25. 6. - 17. 9. 2013 (0 - 82 dní) a navazující 2. cyklus 17. 9. - 2. 12. 2013 (0 - 76 dní)

Z vyhodnocených dat na vodojemu Hodušín můžeme vypočítat, že korozní rychlosti na odtoku byly v prvním cyklu menší než korozní rychlosti v nádrži, při druhém cyklu se tento poměr obrátil a výrazně vyšší rychlost koroze byla naměřena na odtoku. Rozdíl naměřených hodnot v první cyklu je minimální, ale při druhém cyklu se rychlost koroze na odtoku oproti nádrži zvýšila.

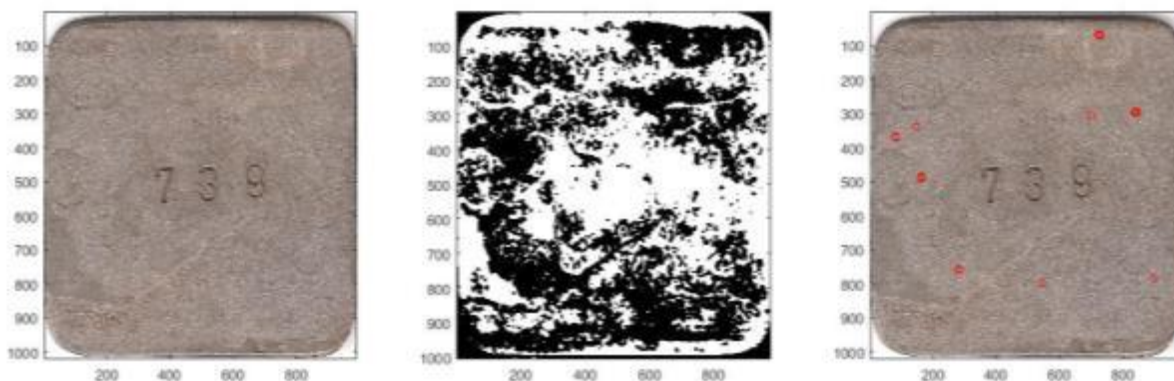
Při porovnání výsledků korozních rychlostí naměřených na vodojemech Hodušín a Milevsko je patrná vyrovnanost hodnot. To by znamenalo, že v úseku mezi vodojmem Hodušín a Milevsko nedochází k zásadnímu úbytku železa z potrubí, a tedy jeho korozi.

Největším problémem jsou ale výše naměřených hodnot, kdy se podle normy výsledky korozních rychlostí pohybují v prvním cyklu uprostřed hodnotící stupnice agresivity vody, ale během druhého cyklu se zvýšily k hranici III. stupně agresivity, tedy se jedná o středně až silně agresivní vodu.

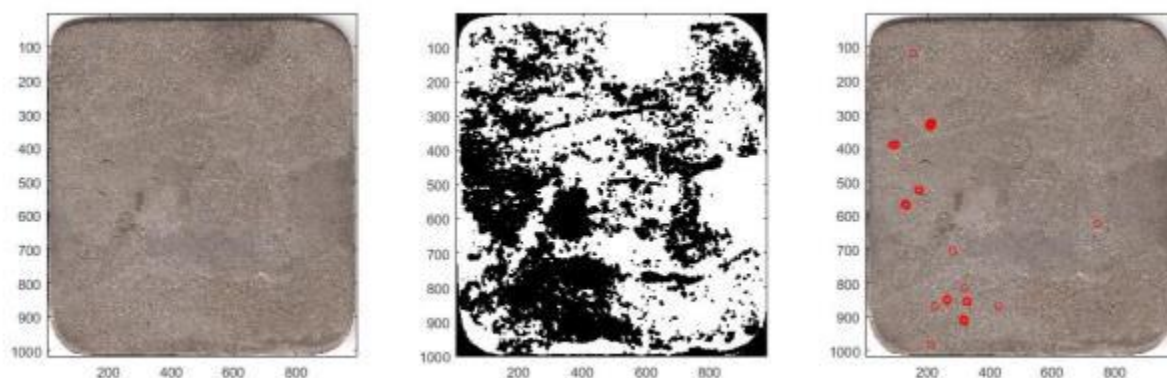
Zhodnocením výsledků z úpravny vody Plav a výsledků na nejvzdálenějších vodojemech (Hodušín a Milevsko) severní větve je patrný velký rozdíl v korozních rychlostech. Tento výsledek svědčí o špatném stavu celé této distribuční větve a správce sítě by se touto problematikou měl intenzivně zabývat a učinit potřebné kroky pro zmírnění agresivity vody, jinak ho v blízké době čeká náročná obnova distribučních řadů v tomto úseku. Samotná norma při dosažení III. stupně agresivity doporučuje nutná protikorozní opatření s ohledem na požadovanou životnost potrubí.

### 10.3. Vyhodnocení zkorodovaných ploch kuponů

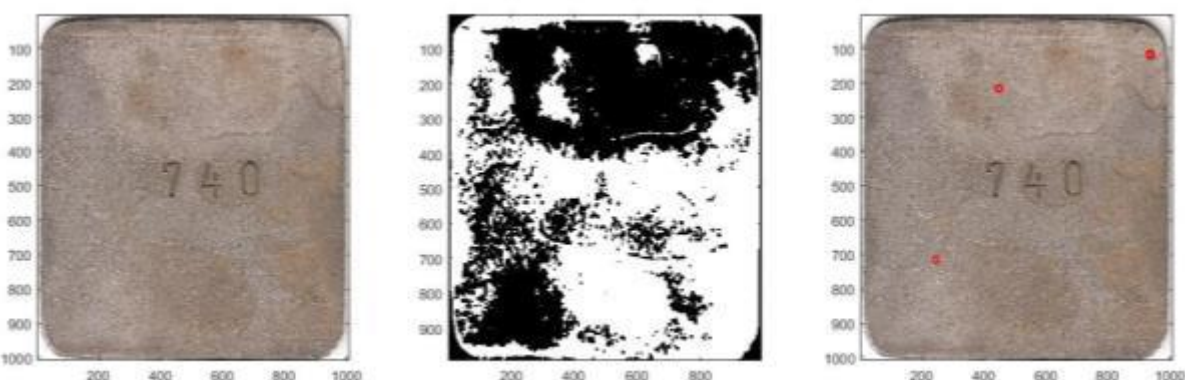
Příklady grafického vyhodnocení korozních kuponů procentuálním zasažením korozí plošnou nebo důlkovou vidíme na několika následujících obrázcích.



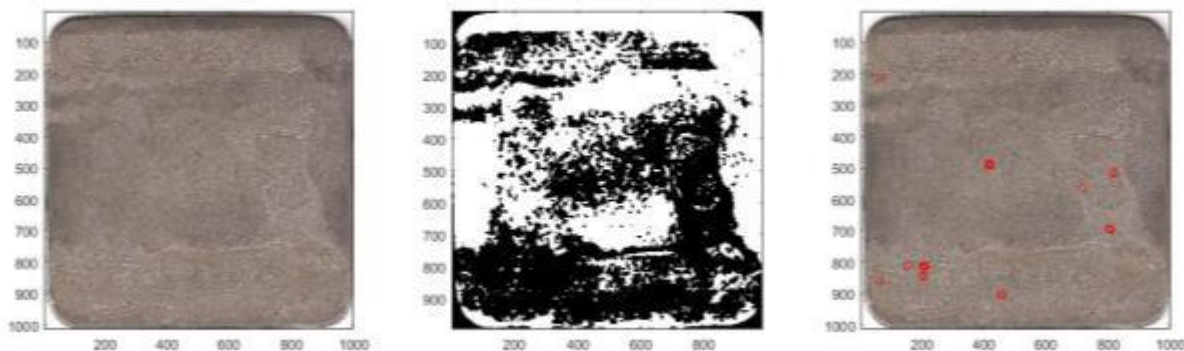
Obr. 64 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 739a. Prostory vyhodnocené jako důlková koroze jsou v grafickém vyhodnocení zakroužkovány červeně



Obr. 65 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 739b

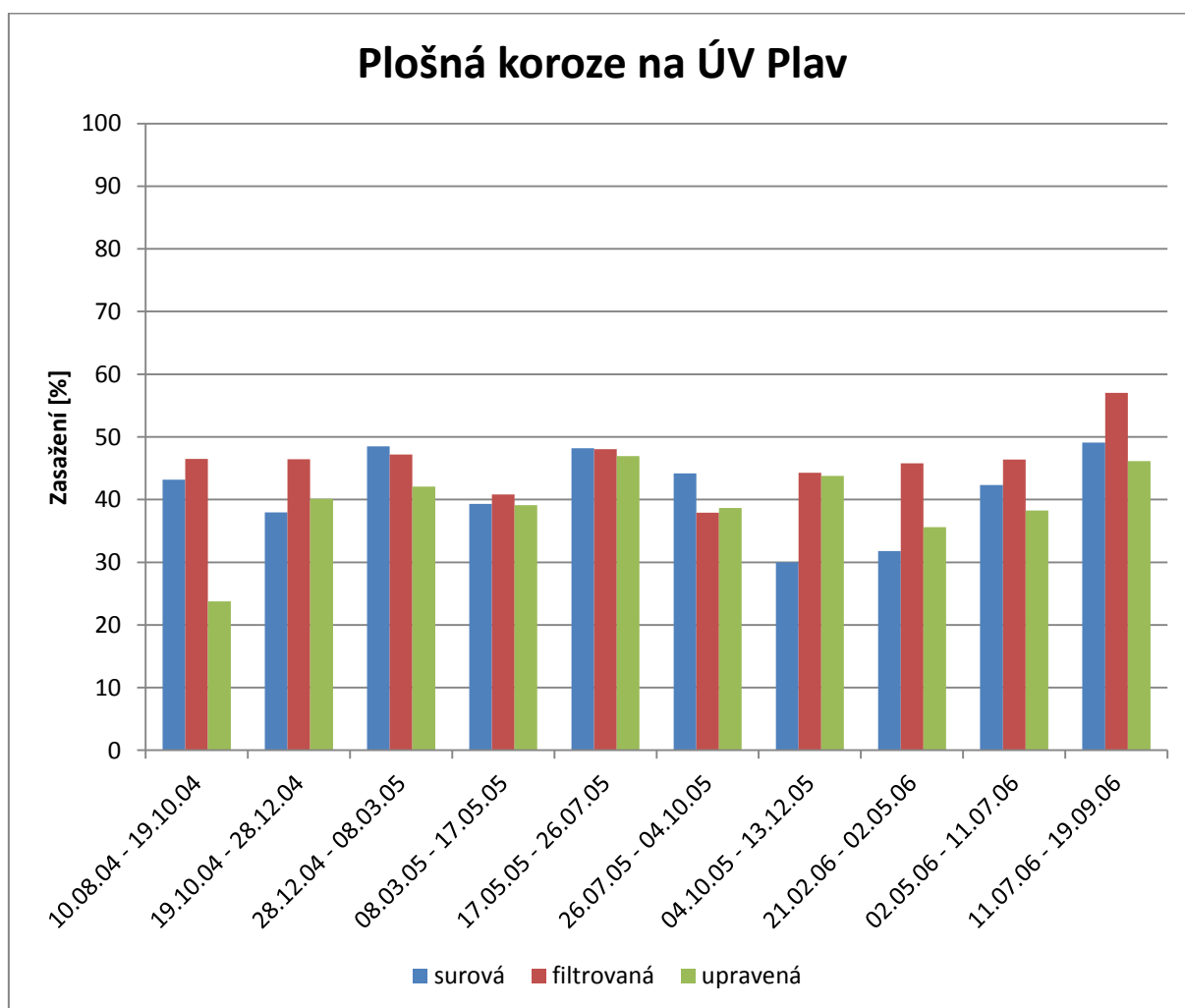


Obr. 66 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 740a

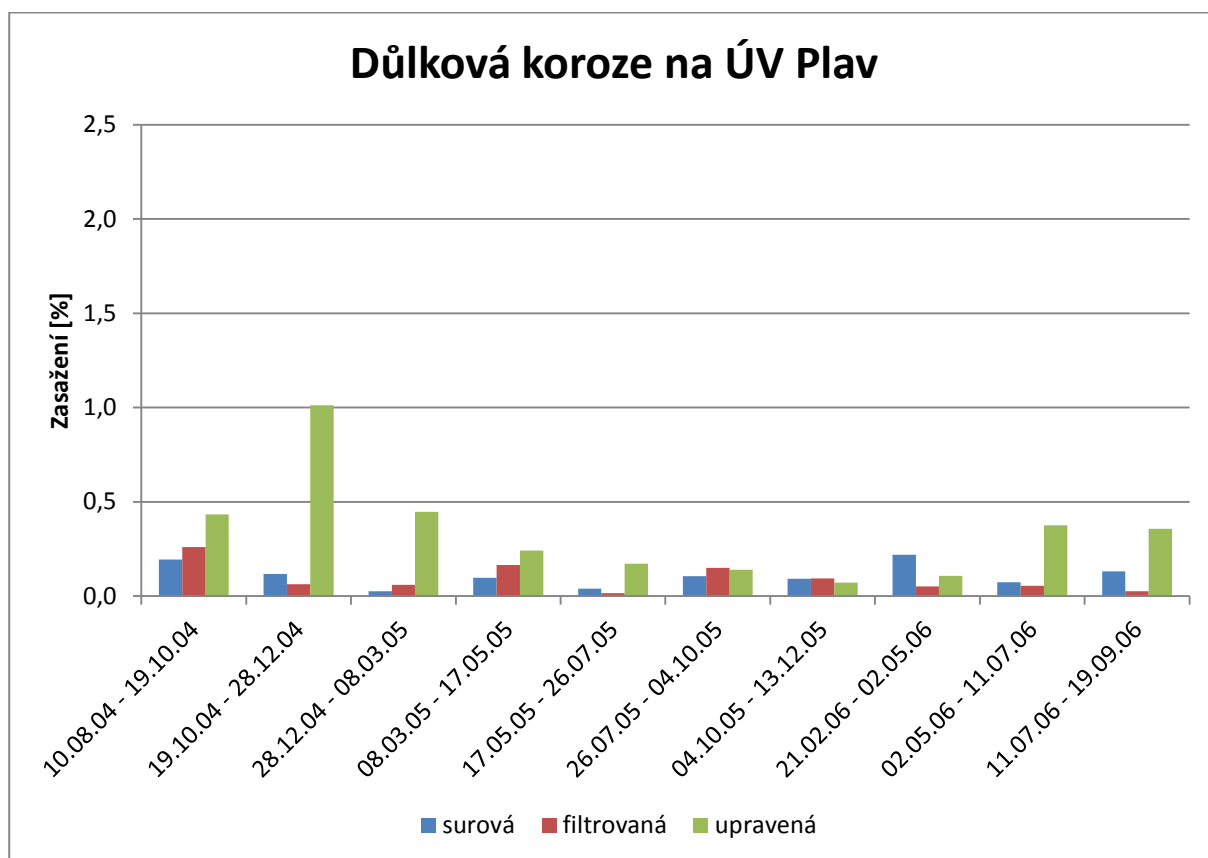


Obr. 67 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 740b

V Příloze 9 jsou vyhodnoceny kupony osazené na ÚV Plav v surové, filtrované i upravené vodě. V prvním sloupci se nachází datum a ve druhém doba expozice ve dnech. Zkratky S, F a U označují druh vody, jaké byly vystaveny, tedy S pro surovou, F pro filtrovanou a U pro upravenou. Každý z kuponů byl vyhodnocován z obou stran, a proto zvolení indexů *a* (přední strana) a *b* (zadní strana) u čísel (očíslování kuponu). Procento zasažení plošnou korozi bylo označeno jako P a procento zasažení bodovou korozi označeno písmenem B.



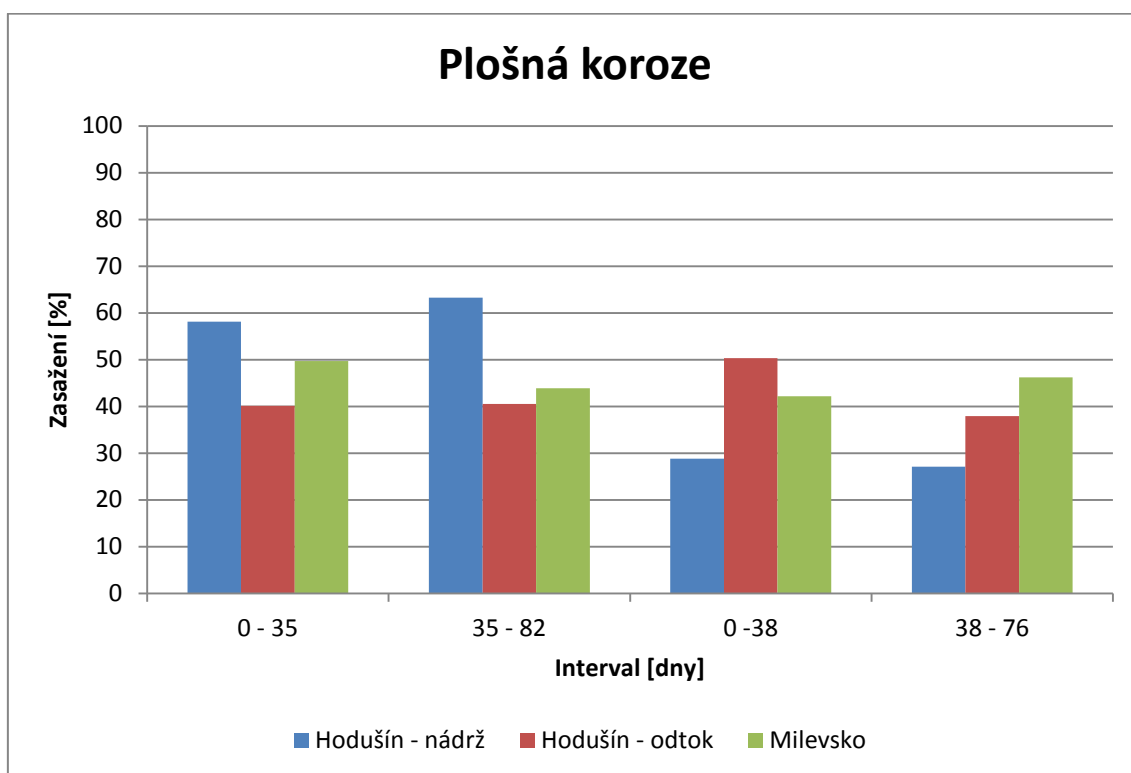
Obr. 68 Vyhodnocení plošné koroze na ÚV Plav



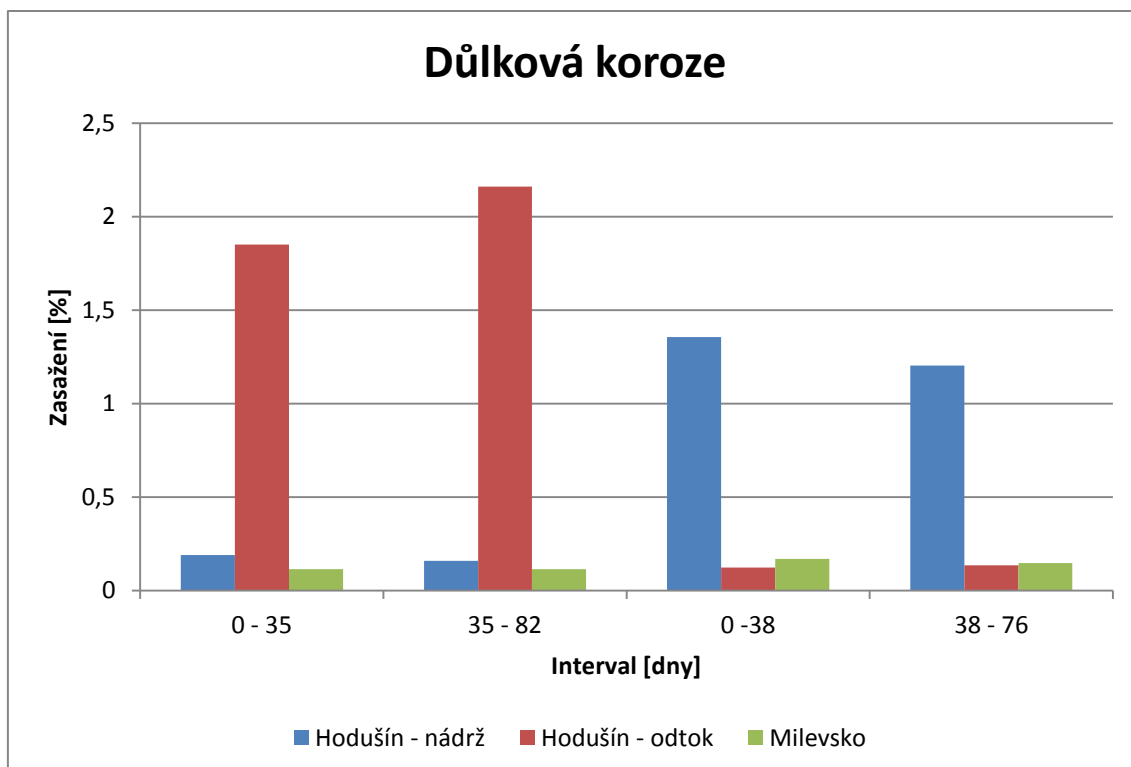
Obr. 69 Vyhodnocení důlkové koroze na ÚV Plav

V Příloze 10 jsou vyhodnoceny kupony osazené na odtoku i nádrži VDJ Hodušín a VDJ Milevsko. V prvním sloupci se nachází datum a ve druhém doba expozice ve dnech. Zkratky O, N a M označují místo, kde byly osazeny korozivním vlivům vody. O označuje odtok na VDJ Hodušín, N nádrž VDJ Hodušín a M VDJ Milevsko. Každý z kuponů byl vyhodnocován z obou stran, a proto zvolení indexů a (přední strana) a b (zadní strana) u čísel (očíslování kuponu). Procento zasažení plošnou korozí bylo označeno jako P a procento zasažení bodovou korozí označeno písmenem B.





Obr. 70 Vyhodnocení procentuálního zasažení korozních kuponů plošnou korozí na vodojemech Hodušín a Milevsko



Obr. 71 Vyhodnocení procentuálního zasažení korozních kuponů důlkovou korozí na vodojemech Hodušín a Milevsko

Z vyhodnocení zasažení kuponů plošnou a důlkovou korozí na vodojemu Milevsko je na první pohled zřejmá vyrovnanost měřených dat při obou cyklech. Plošná koroze v nádrži na vodojemu Hodušín se pohybovala ve velkém rozmezí od 27 až 63 %, zatímco plošná koroze na odtoku z vodojemu Hodušín je mnohem vyrovnanější a pohybovala se v rozmezí cca 12 %. Zasažení důlkovou korozí je ve všech případech minimální, nejnižší hodnoty byly naměřeny na vodojemu Milevsko, kdy zasažení důlkovou korozí nepřekročilo 0,2 %, zatímco na vodojemu Hodušín se naměřené hodnoty vždy alespoň dvakrát (ze 4 stanovení) vyšplhaly přes 1 %.

Výzkum důlkové a plošné koroze prokázal, že pokud byla plošná koroze vyšší, byla nižší důlková koroze a naopak.

#### 10.4. Hmotnost inkrustů

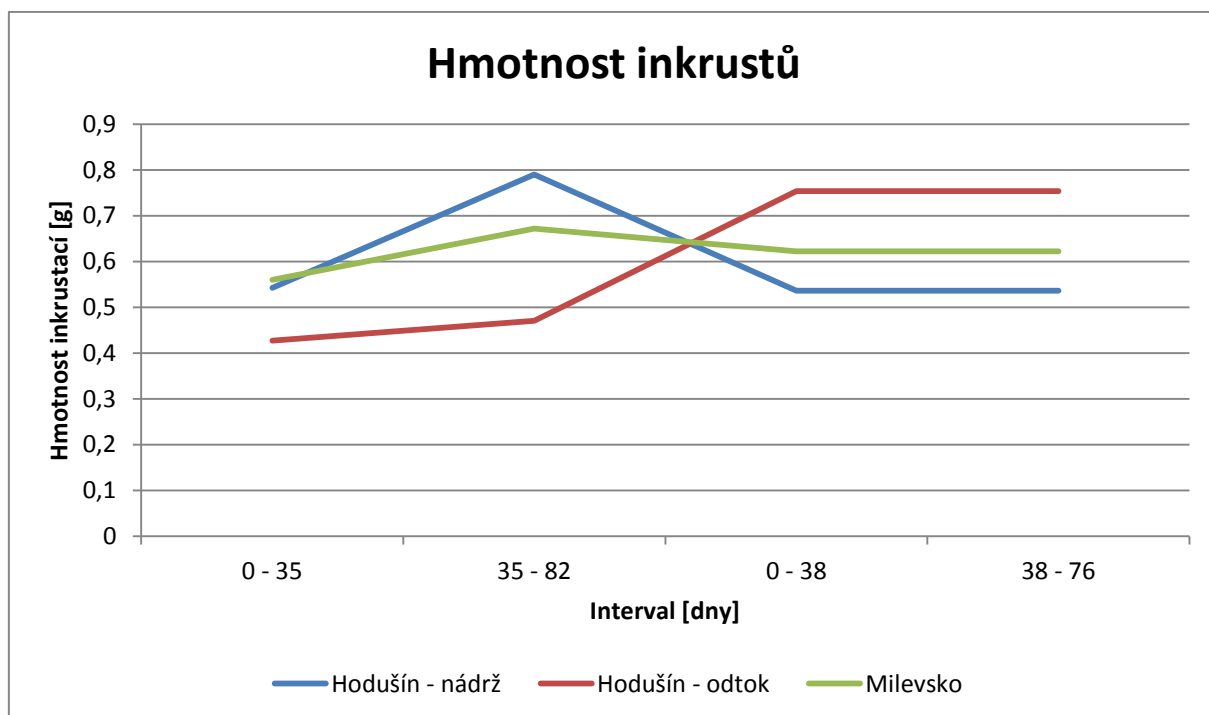
Porovnání hmotnosti testovaných kuponů po expozici s inkrustací a po odstranění inkrustací je další velice zajímavou veličinou, ze které můžeme při porovnání i s hmotností před expozicí pozorovat chování prostředí v potrubí.

Tabulka 36 Vyhodnocení hmotnosti inkrustací zachycených na testovacích kuponech při prvním cyklu

Doba expozice (d)	Hodnota	Hmotnost inkrustací zachycených na testovacích kuponech [g]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 35	Ø	0,2054	0,1808	0,3179
	Min	0,1925	0,1688	0,2625
	Max	0,2138	0,1893	0,3635
0 - 82	Ø	0,6491	0,9039	0,8019
	Min	0,4760	0,7450	0,6328
	Max	0,7290	0,9802	0,9358
35 - 82	Ø	0,2923	0,6762	0,5411
	Min	0,1865	0,6453	0,4272
	Max	0,3505	0,7016	0,6245

Tabulka 37 Vyhodnocení hmotnosti inkrustací zachycených na testovacích kuponech při druhém cyklu

Doba expozice (d)	Hodnota	Hmotnost inkrustací zachycených na testovacích kuponech [g]		
		VDJ Hodušín - odtok	VDJ Hodušín - nádrž	VDJ Milevsko
0 - 38	Ø	0,5768	0,4384	0,6020
	Min	0,5320	0,3836	0,5623
	Max	0,6159	0,5229	0,6561
0 - 76	Ø	0,9298	0,6334	0,6423
	Min	0,9185	0,5997	0,5704
	Max	0,9410	0,6993	0,7007
38 - 76	Ø	0,5988	0,4125	0,6139
	Min	0,5795	0,3497	0,5628
	Max	0,6362	0,5069	0,6423



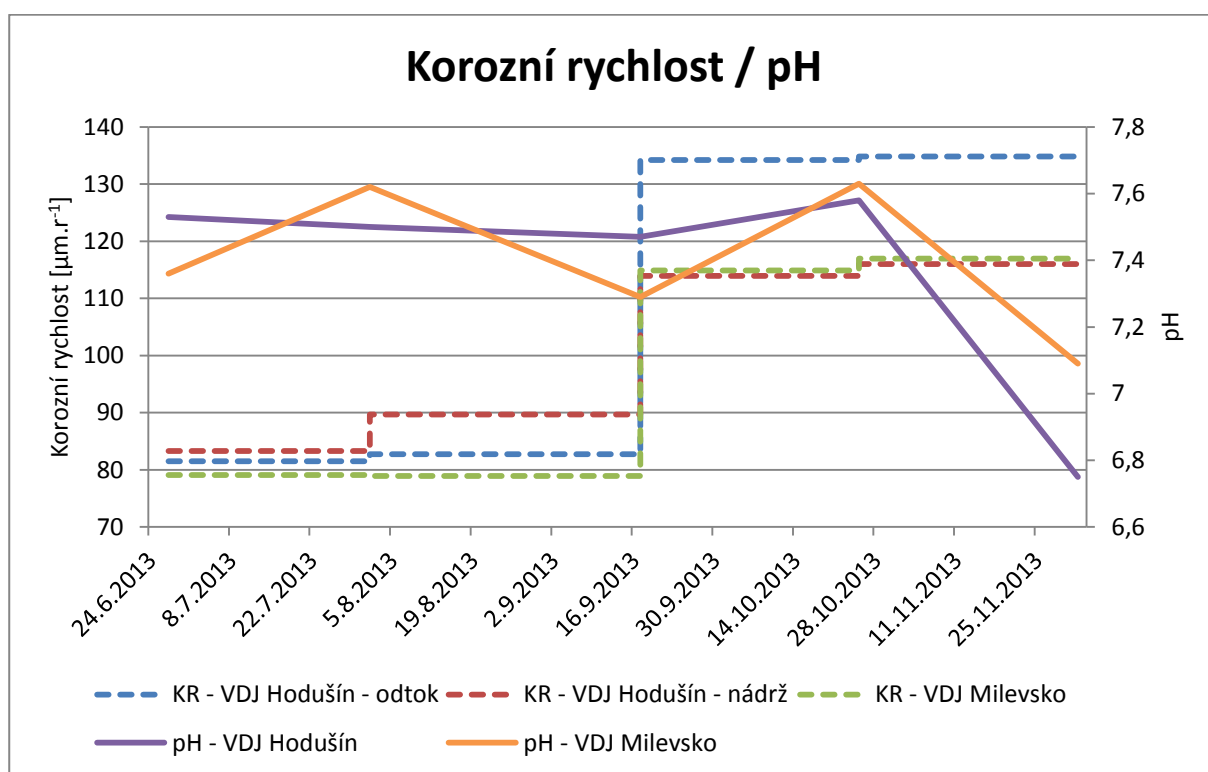
Obr. 72 Vyhodnocení hmotností inkrustace v po sobě jdoucích intervalech osazení kuponů  
 Hmotnost inkrustů přibližně odpovídá i zasažení kuponů plošnou korozí, tzn čím větší plošná koroze, tím větší množství inkrustů.

## 11. VYHODNOCENÍ JAKOSTI VODY

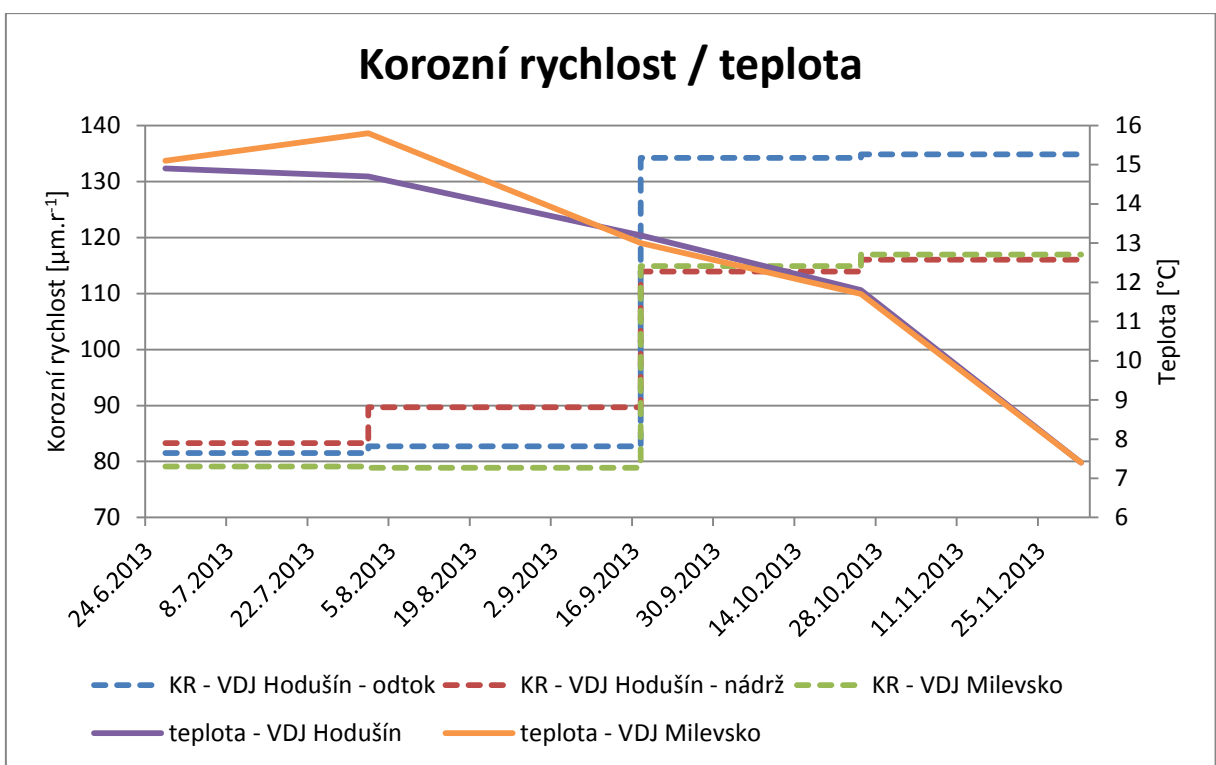
Kvalita vody byla měřena při osazení a odebírání kuponů v období 27. 06. 2013 – 02. 12. 2013 tedy v dnech:

1. měření – 27. 06. 2013,
2. měření – 01. 08. 2013,
3. měření – 17. 09. 2013,
4. měření – 25. 10. 2013,
5. měření – 02. 12. 2013

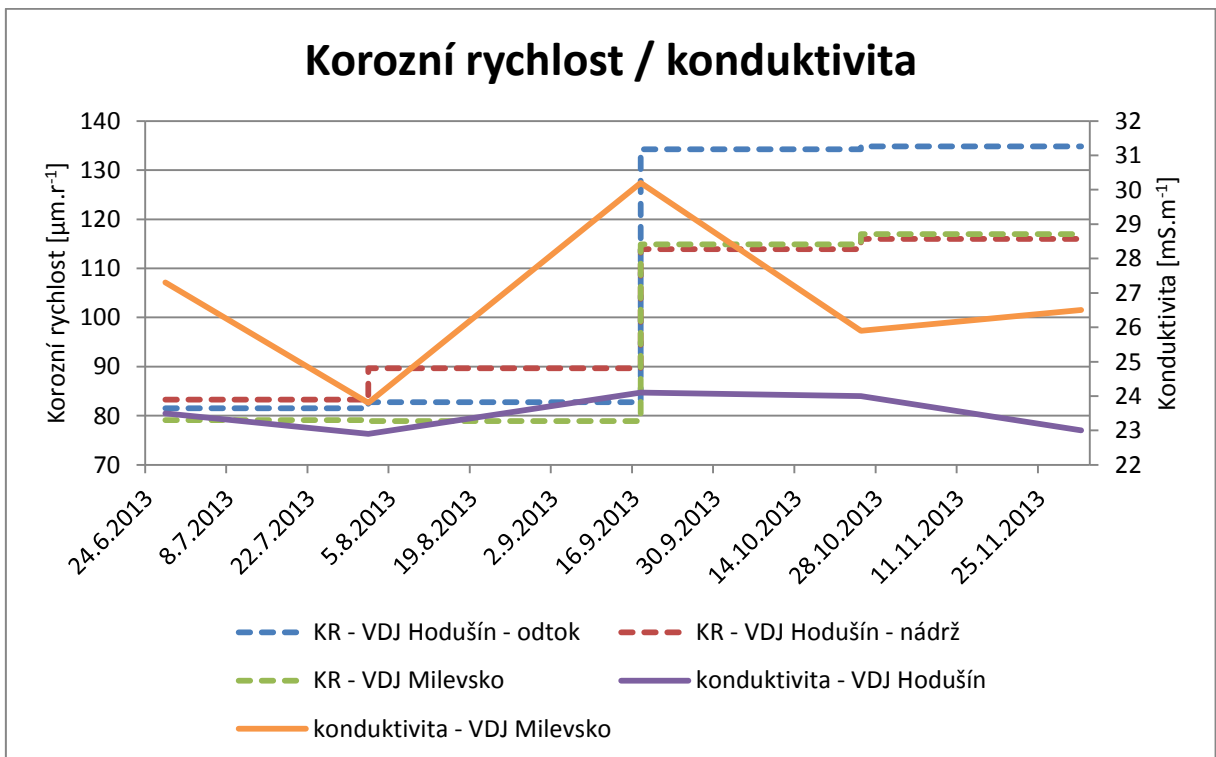
a výsledky jsou uvedeny v grafech. Mezi jednotlivými daty měření probíhaly intervaly osazení kuponů. První cyklus osazení korozních kuponů probíhal mezi prvním a třetím měřením, druhý interval začal při třetím měření a skončil při pátém. Každý cyklus se skládal ze dvou intervalů. Výsledky z mikrobiologie byli vždy v mezích povolených Vyhláškou ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb.



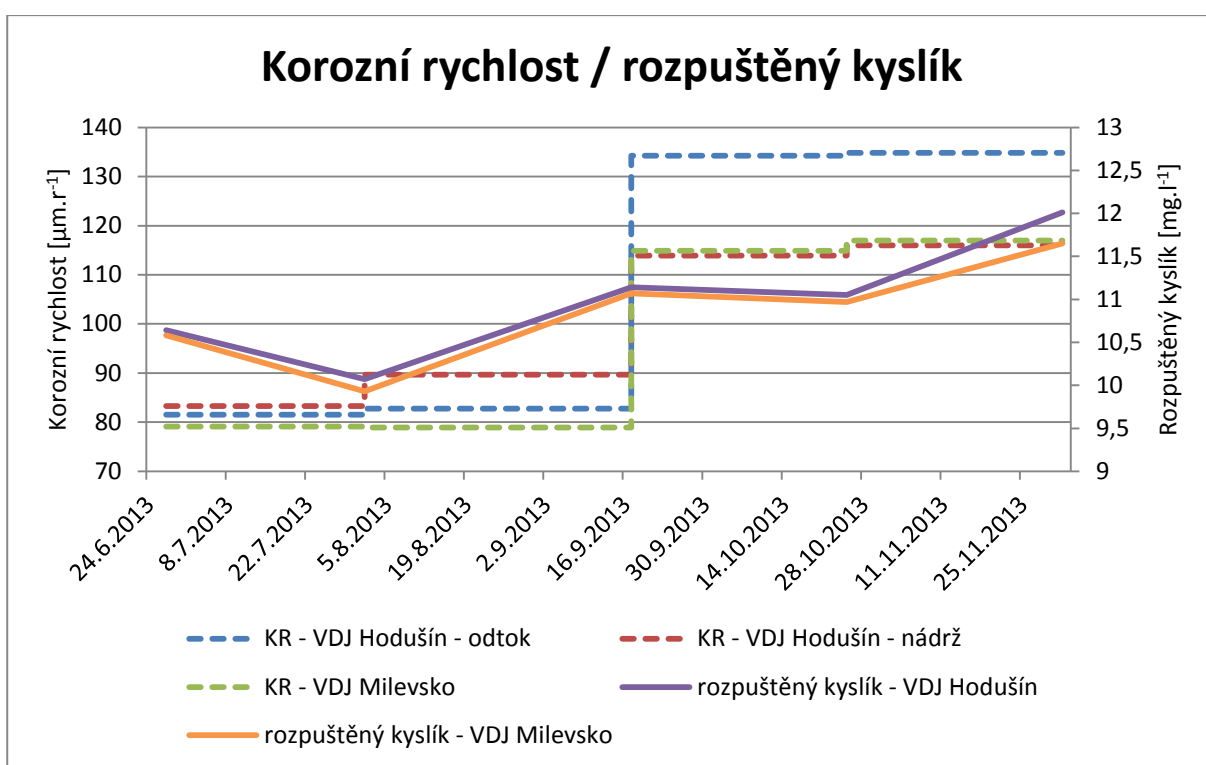
Obr. 73 Porovnání naměřených korozních rychlostí a pH na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013



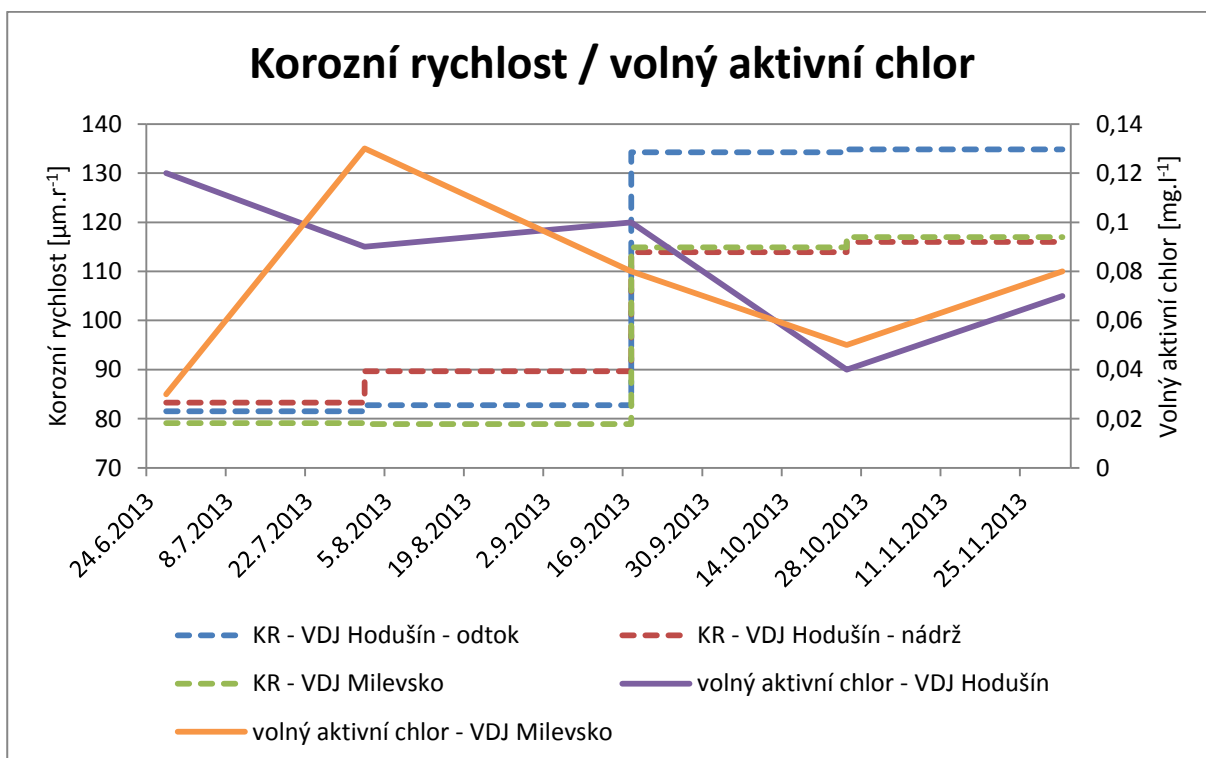
Obr. 74 Porovnání naměřených korozních rychlostí a teplot na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013



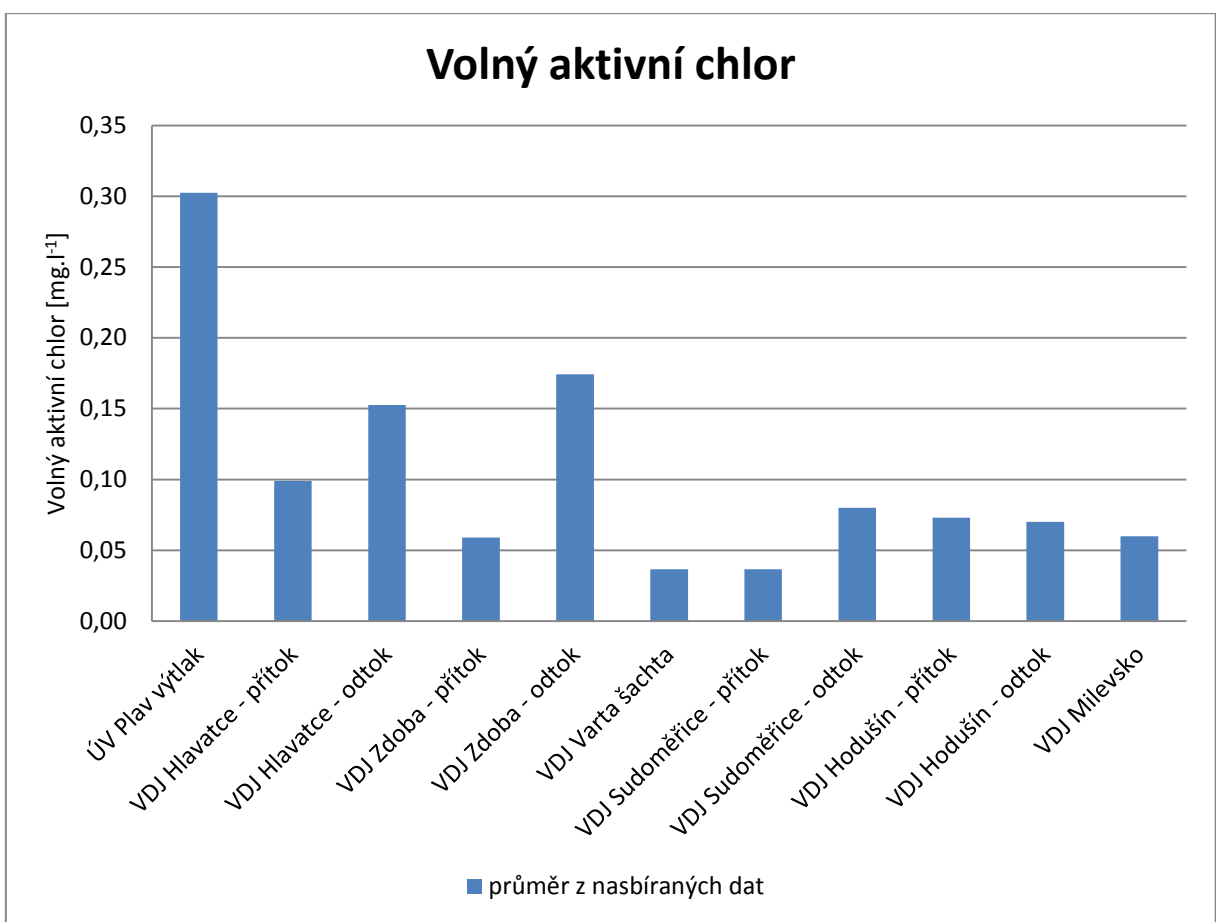
Obr. 75 Porovnání naměřených korozních rychlostí a konduktivit na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013



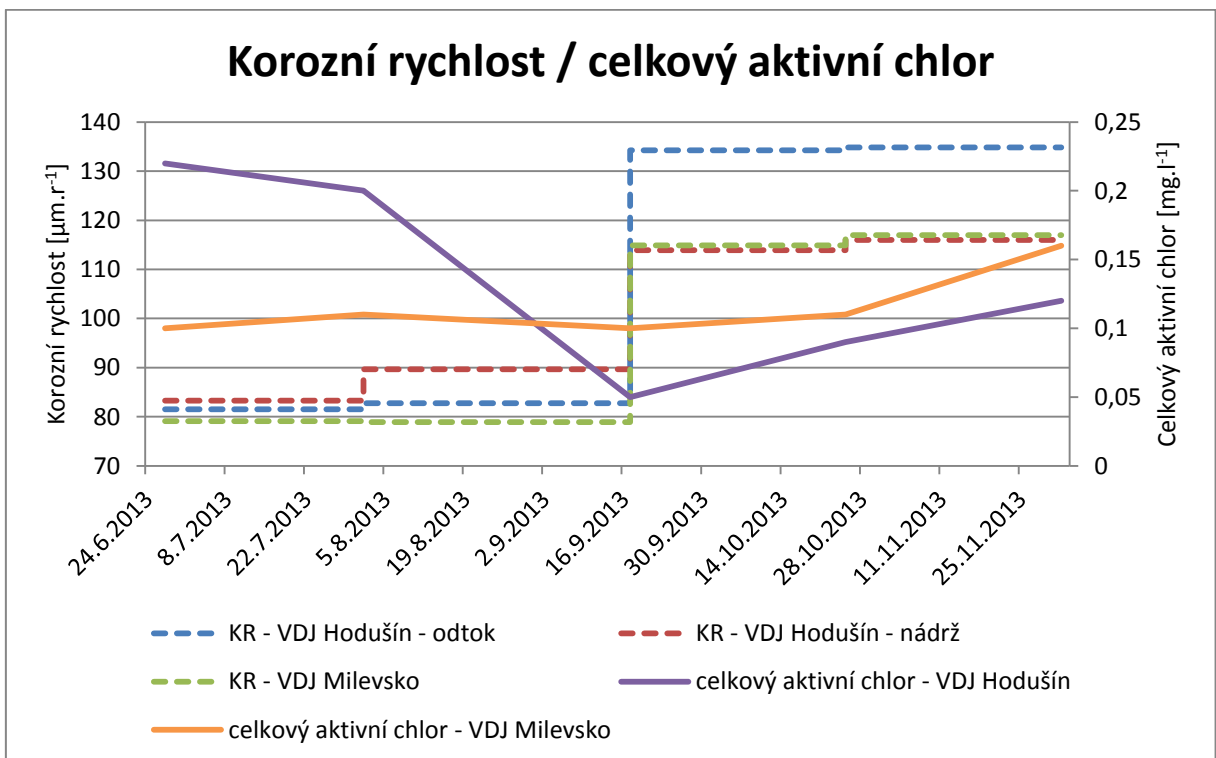
Obr. 76 Porovnání naměřených korozních rychlostí a rozpuštěného kyslíku na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013



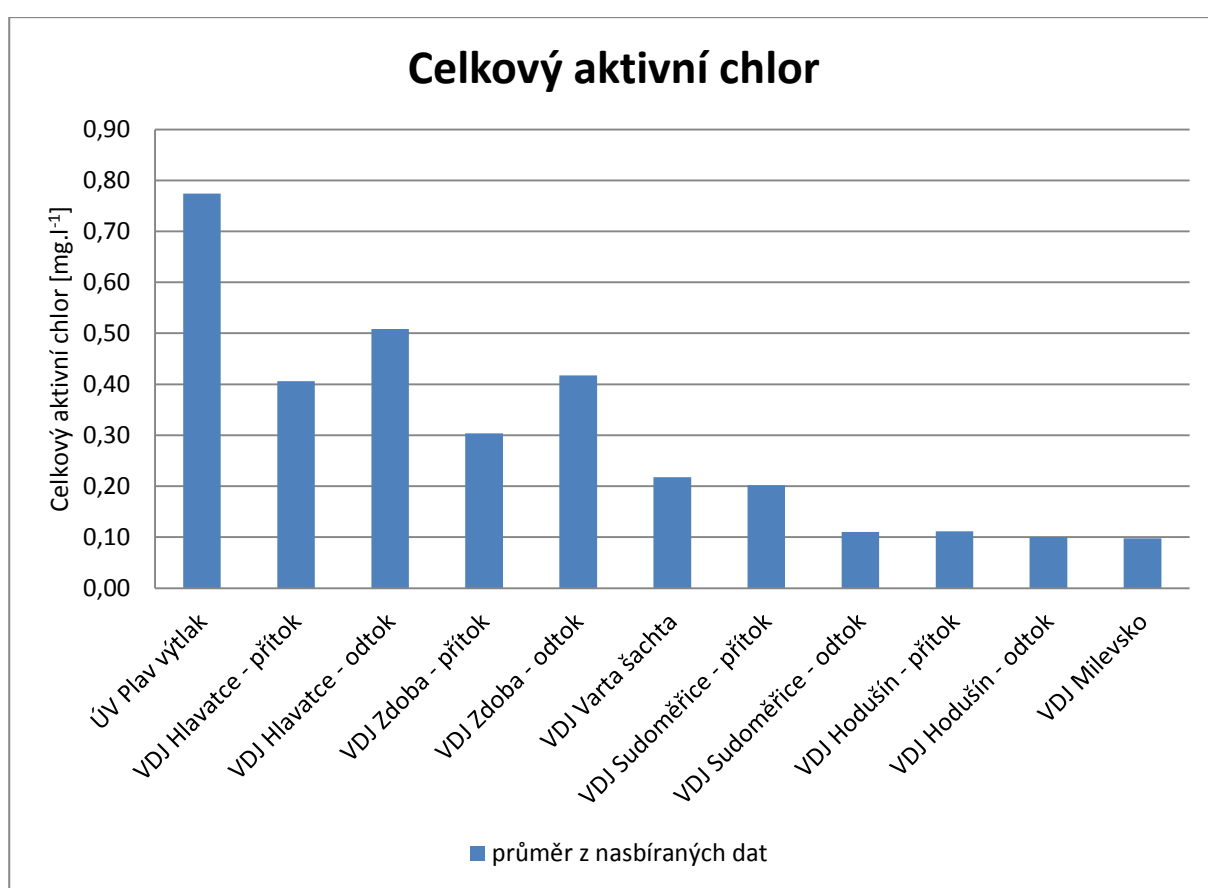
Obr. 77 Porovnání naměřených korozních rychlostí a volného aktivního chloru na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013



Obr. 78 Hodnoty volného aktivního chloru po trase západní větve



Obr. 79 Porovnání naměřených korozních rychlostí a celkového aktivního chloru na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013



Obr. 80 Hodnoty celkového aktivního chloru po trase západní větve

Během obou cyklů měření korozní rychlosti se snižovala teplota a narůstala korozní rychlost, ale zvyšovaly se i hodnoty rozpuštěného kyslíku. Myslím si, že teplota sama o sobě nemá přímý vliv na korozní rychlost, ale jedná se o ovlivnění rozpuštěným kyslíkem a teplota je pouze indikátor tohoto vztahu.

Celkový i volný aktivní chlor mají spíše konstantní průběh, zatím co se korozní rychlost zvyšovala, což nepotvrdilo vzájemný vliv.

Další měřené veličiny (pH a konduktivita) měly v průběhu měření spíše konstantní hodnoty a proto je posouzení jejich vlivu na korozní rychlost a změnu jakosti vody v tomto případě nemožný nebo k ovlivnění těmito veličinami nedochází.



## 12. DISKUZE

Husband a Bodalo se ve své studii zaměřili na zakalení v systému distribuce vody. Zkoumali závislost měřeného zákalu na hydraulických podmínkách. Doporučují provádět odkalování kovových a plastových trubek rozdílně, aby bylo dosaženo minimalizování rizika zabarvení [64].

Při pohledu na graf průtoků na nátocích i odtocích z jednotlivých vodojemů, materiálovém složení a velikosti korozních rychlostí na konci jedné ze tří větví Jihočeské vodárenské soustavy, je vidět, že dochází k častému zapínání a vypínání čerpadel, tedy měnění průtoku. Změna rychlosti průtoku je základním smyslem odkalování řadů, což je nejběžnějším provozním prostředkem pro odstraňování následků sedimentace (zaželezení, biofilm, zbytky cementace a další). Zpracováním nového návrhu provozního postupu distribuce pitné vody, jenž by byl více kontinuální, by se přispělo k menší sedimentaci, a tedy i poklesu korozních rychlostí. Nejdůležitější je přistupovat k odkalování individuálně [65].

Například v příspěvku „How Effective is Flushing of Cast Iron Pipes?“ z mezinárodní konference Water Distribution Systems Analysis 2008, autoři doporučují plnění okrajových podmínek při odkalování, a to především na minimální rychlost odkalení ( $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a v objemu 2 – 3 násobně obsahu potrubí. Účinnost odkalování je prakticky stejná jak u kovových, tak u plastových potrubí při splnění podmínek rychlosti, objemu a pořadí odkalování [7], [66].

Stanovení jednotné rychlosti odkalení je ale velmi krátkozraké. Není možné proplachovat stejnou rychlostí řad DN 100 a DN 1 000. Každý proplach se musí řešit nejen z hlediska účinnosti, typu distribučního řadu (přiváděcí, hlavní, rozváděcí), ale i provozních možností.

V studii od Wanga a kolektivu [67] byl pozorován vliv dezinfekce kombinací UV záření a chloru na stabilitu jakosti vody. Předčištění UV zářením snižuje nejen potřebnou počáteční dávku chloru, ale také snížilo vliv změn jakosti vody na rychlost koroze litinového potrubí, zvýšením stability kvality vody v celém distribučním systému

Podle těchto závěrů má snížení množství chloru při distribuci snižovat korozní rychlost, tato skutečnost se při mém měření na distribuční síti nepotvrdila. Celkový i volný aktivní chlor mají spíše konstantní průběh, zatím co se korozní rychlost zvyšovala.

Posouzením změn rychlosti koroze se v roce 2014 zabýval Galík. Cílem jeho práce bylo sledování vzniku a průběhu korozních dějů a experimentální zjištění vlivu sezónnosti na průběh koroze na vodovodním potrubí [68].

Při porovnání výsledků STN (Slovenská technická norma) a ASTM (American Society for Testing and Materials) zjistil, že krátkodobá měření se od sebe odlišují, ale dlouhodobá (roční) měření vykazují téměř shodné korozní rychlosti. Z průběhu změn teploty vody během ročních období se ukázalo, že změna teploty proudící vody

přes zkušební korozní zařízení ovlivňovala průběh vývoje koroze na zkušebních vzorcích. Nejvíc se to projevilo na krátkodobých měřeních (30 až 60denních), přičemž na půlročních a ročních pouze minimálně [68].

Podle naměřených korozních rychlostí je jasné, že se agresivita vody se v průběhu sledovaného období měnila. Výsledky z ročního sledování agresivity vody ukazují na pokles korozní rychlosti při dlouhodobých zkouškách oproti zkouškám krátkodobým. Z toho podle Galíka [68] vyplývá, že není zapotřebí vykonávat dlouhodobé opatření na snižování tvorby koroze na vodovodním potrubí.

S těmito závěry se shodují i výsledky naměřené během mého zkoumání. Při pohledu na pokles teploty během obou cyklů a nárůstu korozní rychlosti je zřejmé, že korozní rychlost je jednoznačně ovlivňována teplotou, nesmíme ale zapomenout na vliv rozpuštěného kyslíku. Z grafu je zřejmé, že se jeho hodnoty v průběhu měření zvyšují. Teplota sama o sobě nemá přímý vliv na korozní rychlost, ale jedná se o ovlivnění rozpuštěným kyslíkem a teplota je pouze indikátor tohoto vztahu. Vliv kyslíku jako oxidačního činidla je pak bezesporu neoddiskutovatelný.

Můj výzkum potvrdil i závěry ohledně krátkodobého a dlouhodobého vlivu prostředí na vyhodnocení korozních rychlostí. Kupony osazené po celou dobu cyklu měli menší průměrné korozní zasažení oproti kuponům vystaveným prostředí poloviční dobu.

Zacheus a jeho kolektiv [69] zjistili, že nerozpuštěné látky v distribučních sítích vodovodních potrubí obsahují vysoké množství živých mikroorganismů, včetně heterotrofní bakterie, koliformní bakterie, aktinobakterie a hub. Usazeniny v potrubí mohou být odstraněny mechanickým čištěním. Nicméně, po roce od vyčištění potrubních ploch, které jsou pokryty usazeninami s životaschopnými mikroorganismy, byla téměř stejně vysoká čísla jako před čištěním. Mikroorganismy v usazeninách můžou snížit jakost pitné vody při uvolnění z ploch potrubí do vody.

To je dalším důvodem pro snížení rozpuštěného kyslíku ve vodě, jenž aerobní mikroorganismy potřebují k životu.

Podle Gauthiera a kolektivu [70] může bakteriální koncentrace ve vodě dosáhnout hodnoty mnohem vyšší než přijatelných standardů, a to je posíleno reduktivní kapacitou usazenin, které rychle snižují koncentraci dezinfekčního činidla ve vodě. Kromě toho jsou usazené částičky také v podezření, že hromadí organické molekuly (pesticidy, polycyklické aromatické uhlovodíky), zejména ty s nízkou rozpustností. Schopnost přepravovat mikrobiální nebo organické nečistoty zdůrazňuje význam kontroly a množství suspendovaných částic.

To je velice významné hlavně pro nejvzdálenější části distribučního systému, jako v případě distribuce vody pro město Milevsko a okolí, kdy se, jak potvrdil výzkum, pohybují hodnoty dezinfekčního zabezpečení chlorem kolem nuly. Tomu by se dalo předejít, v rámci západní větve, instalací automatické dochlorovací stanice na čerpací stanici Sodoměřice nebo dalších vodojemech (Hodušín, Milevsko). Obdobně

vyhodnocení by se mělo provést i na ostatních větvích distribučního řadu v jižních Čechách.

Další měřené veličiny (pH a konduktivita) měly v průběhu měření spíše konstantní hodnoty a posuzování jejich vlivu na korozní rychlost a změnu jakosti vody nemá smysl.

Fisher a kolektiv [71] tvrdí, že zachování zbytkového chloru je hlavní dezinfekční cíl mnoha systémů distribuce vody. Vhodný obecný model rozkladu chloru při distribuci velkého množství vody je nezbytnou součástí pro efektivní modelování koncentrace chloru v distribuční soustavě. Zabývali se modelem dvou reakčních činidel splňujících základní kritéria vhodnosti, včetně přesné předpovědi zbytkového celkového aktivního chloru po stovky hodin, s počáteční koncentrací 0 - 4 mg.l<sup>-1</sup>. Tento model byl rozšířen o rovnice, které zvyšují koeficient rozpadu s teplotou v souladu s teorií Arrheniovou. Tento model předpovídá kombinovaný účinek počáteční koncentrace chloru a teploty s hromadným rozkladem chloru v distribučním systému, s použitím jediného souboru neměnných parametrů pro daný zdroj vody.

Modelování chloru se zabýval i Liu a kolektiv [55], zjišťoval kombinaci účinku pH, teploty s rozkladem chloru. Navrhl nový postup modelování rozkladu chloru ve velkém množství vody. Mechanický model zahrnuje vliv pH a teploty do struktury modelu rozkladu chloru. Model kombinuje použití stochastického algoritmu s diferenciálním vývojem pro nalezení optimálních parametrů. Kalibrace parametrů modelu byla provedena řízenou simulací laboratorní testů rozkladu chloru za okolních podmínek.

Při používání těchto modelů si však musíme uvědomit několik věcí. Prvním problémem může být stanovení přípustných mezních hodnot stanovených normou. Například v USA mají vyšší povolené limity koncentrací chloru v pitné vodě a často se pro dezinfekci používá fluor. Dalším úskalím je samotné modelování a výzkum pouze v laboratoři. Běžné podmínky se dají namodelovat, ale například využití automatického dochlorování podle velikosti průtoku může být problém při skryté poruše na vodovodním řadu. Zvýšením průtoku se automaticky zvýší dávka deinfekčního činidla a tím koncentrace ve vodě. Pokud je voda na přítoku před automatickou dochlorovací stanicí již nachlorovaná, může dojít k překročení povolené hranice stanovené vyhláškou 252/2004 Sb. a tedy přechlorování pitné vody, jež může mít za následek velké zdravotní komplikace u odběratelů. Minimálně je prokázáno, že vyšší koncentrace chloru negativně ovlivňují organoleptické vlastnosti vody.

Naopak při používání nízkých koncentrací chloru nevyřeší případný problém, který by nastal v případě havárie a vniknutí vody z okolí do řadu. Je nutné si ale uvědomit, že pitná voda nemůže být dokonale sterilní, protože by se jinak dala z mikrobiologického pohledu klasifikovat jako voda destilovaná (neoživená). Proto i malé oživení v ukazatelích počtu kolonií při 22 °C a 36 °C, při dodržení limitních hodnot určených vyhláškou, je nezávadné. Proto stojí za úvahu, zda stoprocentní dodržování nuly v některých případech stanovení není spíše na škodu.

Hydraulické simulační modely vodovodní sítě se běžně používají pro navrhování sítě. Plný potenciál není často nikdy využit, protože ve většině případů, se kalibrují pomocí údajů shromážděných ručně v průběhu jednoho historického období. Odrážejí síťové provozní podmínky, které v té době převládali, a jsou pak použity. Ale aby bylo možné využít maximální výkon hydraulického modelu, musí být jeho informace o stavu kvality vody v distribučním systému aktuální. O případovou studii online modelování se pokusil Machell a kolektiv v UK (United Kingdom) [72].

Zjistili, že takový on-line model může poskytnout včasné varování o velikosti problému v každé trubce distribuční sítě. Tato schopnost umožňuje modelům simulovat a hlásit aktuální hydraulické stavy na síti, jenž může monitorovat pro detekci síťových událostí, jako je trhlina v síti a reagovat na událost aktivně a včas [72].

On-line simulace vodovodní sítě poskytuje nástroj, který může v budoucnu nabídnout dlouhodobé hmotné a značné provozní výhody pro manažery systému. Mohl by umožňovat provozovatelům sítí vyvinout aktivní přístup k řízení sítě. Nehoda na síti, například roztržení trubky může být detekována v rané fázi, umožní provozovatelům sítí minimalizovat pozdější dopady a někdy i předjímat a vyhnout se mnoha poruchám tím, že uzavírá a otevírá armatury na síti (klapky, šoupata, kohouty), poskytující alternativní dodávky vody nebo jinými vhodnými provozními změnami. Tlakové účinky na každou troubu v síti mohou být zaznamenány a mohou se tak shromažďovat poznatky o tom, kteří zákazníci byli postiženi událostí, a na jak dlouho [72].

Využívání online monitoringu sítě se v posledních letech začíná využívat i v České Republice. Například Pražské vodovody a kanalizace a.s. používají pro tento účel Smart Water integrated Management (SWiM), což je speciální software pro řízení provozu vodohospodářské infrastruktury.

V současné době implementuje několik oblastí vodárenství od zdroje vody, přes její úpravu až po samotnou distribuci zákazníkovi a následně i sledování odvádění odpadních vod. Jsou tak k dispozici informace o provozních událostech a data ze systému slouží k vyhodnocování stavu na síti, jako jsou například noční minima průtoků pro stanovení ztrát jednotlivých vodovodních pásem v soustavě.

Tento způsob online monitoringu je velmi náročný na velikost potřebných dat, na jejich zpracování a samotné online přenosy z jednotlivých objektů. Proto je možné je aplikovat v praxi až v posledních letech, kdy se stále zlepšuje a vyvíjí jednotlivé technologie v elektronickém i elektrotechnickém odvětví, informačních technologiích a mnoha dalších.

Obdobný systém využívá i Jihočeská vodárenská společnost. Využívání těchto softwaru má za následek snižování ztrát úniku distribuované pitné vody po síti, ale negativně tak ovlivňuje zdržení (stagnaci) vody v síti, což způsobuje větší korozivitu v síti a je potom kladen větší důraz na zabezpečení vody v síti, pro dodržení jakosti vody dané vyhláškou, při tak dlouhém zdržení v distribuční soustavě.

## 13. ZÁVĚRY

- 1) Ke studiu konkrétního distribučního systému jsem si zvolil soustavu z jižních Čech, a to ze dvou důvodů:
  1. v předchozích létech se na této síti prováděl Katedrou zdravotního a ekologického inženýrství výzkum zaštitěný Ministerstvem zemědělství,
  2. vztah k tomuto kraji a znalost prostředí, kde jsem se narodil.
- 2) Zvolenou distribuční síť jsem modeloval v programu Epanet 2. Schematickým poskládáním jednotlivých částí sítě a vodojemů jsem sestavil hydraulický model a vyhodnotil změny jakosti vody mezi úpravnou a nejbližším objektem jedné z distribučních větví Jihočeské vodovodní soustavy.
- 3) Při porovnání dob zdržení, je na první pohled zřejmé zvyšování stáří vody v distribučním systému pitné vody v průběhu posledních desetiletí. Například v roce 1998 byla doba zdržení na jednom z nejdůležitějších uzlů celé sítě ČS a VDJ Hlavatce 0,84 dne, ale v roce 2013 to bylo 6,46 dní. Na nejbližším vodojemu soustavy od ÚV Plav, na VDJ Milevsko byla v roce 1998 doba zdržení 3,90 dní a v roce 2013 až 15,80 dní. K tomu dochází snižováním ztrát vody po celé trase distribuční sítě a snižováním spotřeby vody jednotlivých odběratelů, což je problém většiny soustav v České republice, jež byly při návrhu předimenzovány na předpokládaný nárůst odběru.
- 4) Zvyšování stáří vody v soustavě odpovídá zvyšování korozní rychlosti vyhodnocované po trase sítě. Korozní rychlost upravené vody se na ÚV Plav pohybovala průměrně kolem  $3 \mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ , ve stejném období a odpovídajících podmínkách byla na nejbližším vodojemu Milevsko hodnota nad  $80 \mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ .
- 5) Naměřené hodnoty korozních rychlostí se v prvním cyklu (cca  $80 - 100 \mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ ) pohybovaly podle normy uprostřed (II. stupeň) hodnotící stupnice agresivity vody, ale během druhého cyklu se zvýšily (cca  $100 - 135 \mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ ) k hranici III. stupně agresivity, tedy se jedná o středně až silně agresivní vodu.
- 6) Během jednotlivých cyklů měření měl celkový (průměrně  $0,10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) i volný (průměrně  $0,06 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) aktivní chlor spíše konstantní průběh. Z měření korozních rychlostí ve stejném časovém úseku vyplynulo zvyšování hodnot v čase, nepotvrdil se tedy vzájemný vliv.
- 7) Během obou cyklů měření korozní rychlosti se snižovala teplota a narůstala korozní rychlost, ale zvyšovaly se i hodnoty rozpuštěného kyslíku. Bylo potvrzeno, že teplota sama o sobě neměla v daném přímý vliv na korozní

rychlost, ale jedná se o ovlivnění rozpuštěným kyslíkem a teplota je pouze indikátor tohoto vztahu.

- 8) Výzkum potvrdil i vliv krátkodobého a dlouhodobého vlivu prostředí na hodnoty korozních rychlostí. Kupyony osazené po celou dobu cyklu měly menší průměrné korozní zasažení oproti kuponům vystaveným prostředí poloviční dobu.
- 9) Z vyhodnocení zasažení kuponů plošnou a důlkovou korozi na vodojemu Milevsko je na první pohled zřejmá vyrovnanost měřených dat při obou cyklech. Plošná koroze v nádrži na vodojemu Hodušín se pohybovala ve velkém rozmezí od 27 až 63 %, zatím co plošná koroze na odtoku z vodojemu Hodušín byla mnohem vyrovnanější a pohybovala se v rozmezí cca 12 %. Zasažení důlkovou korozi je ve všech případech minimální, nejnižší hodnoty byly naměřeny na vodojemu Milevsko, kdy zasažení důlkovou korozi nepřekročilo 0,2 %, zatímco na vodojemu Hodušín se naměřené hodnoty vždy alespoň dvakrát (ze 4 stanovení) vyšplhaly přes 1 %.
- 10) Výzkum důlkové a plošné koroze prokázal, že pokud byla plošná koroze vyšší, byla nižší důlková koroze a naopak.
- 11) Hmotnost inkrustů přibližně odpovídala i zasažení kuponů plošnou korozi, tzn. čím větší plošná koroze, tím větší množství inkrustů.
- 12) Porovnáním výsledků korozních rychlostí z úpravny vody Plav a výsledků na nejvzdálenějších vodojemech (Hodušín a Milevsko) severní větve je patrný velký rozdíl v naměřených hodnotách. Tento výsledek svědčí o špatném stavu celé této distribuční větve.
- 13) Pro snížení stáří vody, zlepšení kvality vody a nižší výskyt koroze se ukázalo, že by některé úseky potřebovaly obnovit. Je potřeba zvolit vhodný materiál pro výměnu potrubí, případně pro sanaci vnitřního povrchu stávajícího potrubí, nejdůležitější ale bude stanovení dimenze potrubí, což vyžaduje komplexní přístup, s kterým může pomoci sestavený hydraulický model, vyhodnocující dobu zdržení vody, umožňující individuální zadání předpokládaných odběrů v budoucnosti. Nedílnou součástí bude možnost vyhodnocení jakosti vody.
- 14) I když byl výzkum prováděn hlavně na západní větvi distribučního systému pitné vody v jižních Čechách, je pravděpodobné, že podobné problémy jsou i v dalších částech soustavy. Toto tvrzení potvrdilo i modelování a vyhodnocení výsledků severní větve.

## 14. LITERATURA

- [1] GARI, Daniel Weyessa a František KOŽÍŠEK. Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2016. Praha, 2017. ISBN 978-80-7071-366-2. Výroční zpráva. Státní zdravotní ústav.
- [2] TONG, Huiyan, et al. Identification and characterization of steady and occluded water in drinking water distribution systems. *Chemosphere.*, In: [online]. [cit. 2016-05-23]. 2015, roč. 2015, č. 119, 1141 – 1147. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.elsevier.com/locate/chemosphere).
- [3] KUČA A. Investigations of the reduction and re-oxidation kinetics iron (III) oxide scales formed in waters. *Corrosion Sci.* In: [online]. [cit. 2017-11-26]28,3, str. 221, 1988. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010938X88901060>.
- [4] FRIMMEL, F.H. et al. *Wasserchemie für Ingenieure*. R. Oldenbourg Verlag, München, 1993. ISBN 3-486-26307-2.
- [5] GRÜNWARD, Alexander, Mojmír MACH, Bohumil ŠŤASTNÝ, Kateřina SLAVÍČKOVÁ, Iva ČIHÁKOVÁ, Jitka ZEITHAMMEROVÁ, et al. Výzkum efektu úpravy vody na její jakost při prodlužujícím se zdržení v rozvodné síti. Praha, 2001. Výroční zpráva. ČVUT v Praze.
- [6] GRÜNWARD, Alexander, Kateřina SLAVÍČKOVÁ a Marek SLAVÍČEK. Výzkum koroze v potrubí pro dopravu pitné vody. Praha, 2009. Studie. ČVUT v Praze.
- [7] ASCHENBRENNEROVÁ, Petra. Degradace jakosti pitné vody v distribučních systémech. Praha, 2010. 181 s. Disertační práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc.
- [8] TAGHIPOUR, Hassan, et al. Corrosion and Scaling Potential in Drinking Water Distribution System of Tabriz, Northwestern Iran. In: [online]. 2012 [cit. 2013-03-26]. ISSN 2228-6497. DOI: Health Promotion Perspectives., Dostupné z: <http://journals.tbzmed.ac.ir/PDF/H>.
- [9] BALASKÓ, Márton, et al. Pipe corrosion and deposit study using neutron- and gamma- radiation sources. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. 2005, roč. 2005, č. 542, 302 - 308. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/nima](http://www.elsevier.com/locate/nima).
- [10] MICHNA, Štefan. Koroze a ochrana materiálů, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. 2008. Dostupné z: [www.stefanmichna.com/download/opory/koroze\\_a\\_ochrana\\_materialu.pdf](http://www.stefanmichna.com/download/opory/koroze_a_ochrana_materialu.pdf).

- [11] LOEWENTHAL, R. E., I. MORRISON, M. C. WENTZEL. Control of corrosion and aggression in drinking water systems. *Water Science and Technology*. In: [online]. 2004 [cit. 2013-04-22], roč. 49, 9 -18. Dostupné z: [www.iwaponline.com/wst/04902/wst049020009.htm](http://www.iwaponline.com/wst/04902/wst049020009.htm).
- [12] SLAVÍČKOVÁ K., A. GRÜNWARD, M. SLAVÍČEK, B. ŠŤASTNÝ, K. ŠTRASOVÁ a J. JINDRA. Měření a hodnocení rychlosti koroze při procesu úpravy vody, Sborník příspěvků X. mezinárodní vodohospodářské konference Voda Zlín, In: [online]. [cit. 2015-05-06], strana 143 – 148, Zlín 2006, Dostupné z: [www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=1089](http://www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=1089).
- [13] SARIN P., V. L. SNOEYINK, J. BEBEE, W. M. KRIVEN a J. A. CLEMENT. Physico-chemical characteristics of corrosion scales in old iron pipes, *Water Res* 35, In: [online]. [cit. 2015-03-17], str.2961-2969, August 2001. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11471696>.
- [14] JULÁK J. Mikrobiální koroze kovů, *Vesmír* 80, [online]. [cit. 2014-04-13], strana 206-209, duben 2001. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2001/cislo-4/mikrobiani-koroze-kovu.html>.
- [15] HUBÁČKOVÁ, Jana, Jana AMBROŽOVÁ a Iva ČIHÁKOVÁ. Strategie sledování, hodnocení a účinného zabezpečení požadavků na jakost vody v akumulacích. In: [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/014/001733.pdf>.
- [16] CUI, Yong, et al. Characterization of corrosion scale formed on stainless steel delivery pipe for reclaimed water treatment. *Water Research.*, In: [online]. [cit. 2017-11-28]. 2016, roč. 2016, č. 88, 816 – 825. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26605686>.
- [17] ČSN EN ISO 8044 (03 8001) Koroze kovů a slitin - Základní termíny a definice, Český normalizační institut, 1999.
- [18] Koroze a ochrana materiálu , Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta výrobních technologií a managementu, Učební text určený pro prezenční studium. In: [online]. [cit. 2012-10-15], Dostupné z: <http://www.fsi.ujep.cz/karta.php?zobraz=podkladykat&idprac=10>.
- [19] Corrosion Doctors. Corrosion Inhibitors. In: [online]. 2013. [cit 2013-05-06]. Dostupné z: <http://corrosion-doctors.org/Inhibitors/Introduction.htm>.
- [20] VOLK, Christian, Esther DUNDORE, John SCHIERMANN and Mark LECHEVALLIER. Practical evaluation of iron corrosion control in a drinking water distribution systém. *Water Research.*, In: [online]. [cit. 2016-08-29]. 2000, roč. 34, č. 6, 1967 – 1974. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres).



- [21] QI, Beimeng, Cui CHONGWEI and Yuan YIXING. Effects of Iron Bacteria on Cast Iron Pipe Corrosion and Water Quality in Water Distribution Systems. *International Journal of Electrochemical Science.*, In: [online]. [cit. 2017-12-14], 2015, roč. 10, 545 – 558. Dostupné z: [www.electrochemsci.org](http://www.electrochemsci.org). .
- [22] BAKTERIE. Jednobuněčné organismy. Koliformní bakterie. In: [online]. 2013 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://www.bakterie.eu/koliformni-bakterie>.
- [23] SLAVÍČEK, M., A. GRÜNWARD, K. SLAVÍČKOVÁ, B. ŠŤASTNÝ. Sledování a vyhodnocování koroze v distribuční síti pitné vody. Revitalizace vodního systému krajiny a měst zatíženého významnými antropogenními změnami. In: [online]. [cit. 2014-7-14], Praha, 2009., ČVUT v Praze. str.127 - 132. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/40377200\\_Revitalizace\\_vodniho\\_systemu\\_krajiny\\_a\\_mest\\_zatizeneho\\_vyznamnymi\\_antropogennimi\\_zmenami\\_kontrolovatelnata\\_etaapa\\_l\\_sbornik\\_seminare\\_k\\_vyzkumnemu\\_zameru\\_MSM\\_6840770002](https://www.researchgate.net/publication/40377200_Revitalizace_vodniho_systemu_krajiny_a_mest_zatizeneho_vyznamnymi_antropogennimi_zmenami_kontrolovatelnata_etaapa_l_sbornik_seminare_k_vyzkumnemu_zameru_MSM_6840770002).
- [24] AISOPOU, Angeliki, Ivan STOIANOV and Nigel J.D. GRAHAMIN. In-pipe water quality monitoring in water supply systems under steady and unsteady state flow conditions: A quantitative assessment. *Water research.*, In: [online]. [cit. 2015-04-15], 2012, roč. 2012, č. 46, 235 – 246., Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres).
- [25] GRÜNWARD, A. a J. JINDRA. Možnosti omezení resp. zastavení koroze v rozvodném systému Jihočeské vodárenské soustavy a vztahy ke změnám kvality dodávané pitné vody [Úvodní studie], Fakulta stavební ČVUT, Praha. 2000.
- [26] CODARO, E. N., R. Z. NAKAZATO, A. L. HOROVISTIZ, L. M. F. RIBEIRO, R. B. RIBEIRO a L. R. O. HEIN. An image processing method for morphology characterization and pitting corrosion evaluation. *Material Science and Engineering A334*, In: [online]. [cit. 2015-06-19], 2002, 298 – 306. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921509301018925>.
- [27] GRÜNWARD, A. a kol. Inovace procesu úpravy vody a zabezpečení vysoké kvality pitné vody v distribučních sítích. Závěrečná zpráva projektu NAZV č. 1G46036, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Výroční zpráva, Praha 2008. .
- [28] ŽÁČEK L. Způsoby omezení koroze kovového potrubí, *SOVAK 5/2000*, In: [online]. [cit. 2014-05-03], str. 4/132-5/133. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/a1251038c0d109a6c1256c370072c827?OpenDocument>.
- [29] NOVÁK J., et al. Příručka provozovatele vodovodní sítě , *SOVAK ČR*, ISBN 80-238-9946-5, Praha, 2003.

- [30] Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2014.
- [31] GRÜNWARD, Alexander, Iva ČIHÁKOVÁ, Pavel FOŠUMPAUR, Kateřina SLAVÍČKOVÁ, Marek SLAVÍČEK, Bohumil ŠTASTNÝ, et al. Inovace procesu úpravy vody a zabezpečení vysoké kvality vody v distribučních sítích. Praha, 2007. Výroční zpráva. ČVUT v Praze.
- [32] SHAMS EL DIN, A. M. Three strategies for combating the corrosion of steel pipes carrying desalinated potable water. Desalination. In: [online]. [cit. 2015-12-10], 2009, roč. 2009, č. 238, 166 - 173. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/desal](http://www.elsevier.com/locate/desal).
- [33] NOVÁK, Pavel. Třicet případů mylných představ o korozi kovů. Slovgas. Techniky a technologie. In: [online]. str. 32 – 35, ročník 5, 2013 [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: [http://www.szn.sk/slovgas/Casopis/2013/5/2013\\_5\\_12.pdf](http://www.szn.sk/slovgas/Casopis/2013/5/2013_5_12.pdf).
- [34] KOBR, Jan. Hydraulický model – řešení vodovodních sítí. Praha, 2006. 181 s. Disertační práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.
- [35] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. Vodárenství. [Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia] Fakulta stavební VUT, Brno. 2006.
- [36] ALAMILLA, J. L. a E. SOSA. Stochastic modelling of corrosion damage propagation in active sites from field inspection data. Corrosion Science., In: [online]. [cit. 2017-11-11], 2008, roč. 2008, č. 50, 1811 - 1819. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010938X08001492>.
- [37] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina, et al. Hodnocení koroze a změn jakosti vody při úpravě a distribuci. In: [online]. [cit. 2013-03-21]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/024/002798.pdf?seek=2>.
- [38] GRÜNWARD, Alexander, et al. Ovlivňování kvality dopravované pitné vody depozicemi. In: [online]. [cit. 2013-03-21]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/013/001580.pdf>.
- [39] CHENG X., E. PETERKIN a G. A. BURLINGAME. A study on volatile sulfide causes of odors at Philadelphia's northeast water pollution control plant, Water Res. 39,, In: [online]. [cit. 2015-04-15], str.3781-3790, 2005. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16112166>.
- [40] FRANZMANN P. D., et al. The formation of malodorous oligosulphides in treated groundwater. The role of biofilms and potential precursors., Water Res. 37,, In: [online]. [cit. 2016-02-10], 7, str. 1730-1738, 2001. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11329675>.

- [41] MCNEILL, Lauries S., Marc EDWARDS. Iron pipe corrosion in distribution systems. Journal AWWA (American Water Works Association). In: [online]. [cit. 2016-04-05], 2001, roč. 7, č. 93, 88 – 100. Dostupné z: [www.jstor.org/stable/41297605](http://www.jstor.org/stable/41297605).
- [42] MCNEILL, Lauries S., Marc EDWARDS. Review of Iron Pipe Corrosion in Drinking Water Distribution Systems. Citeseerx. 2014 n: [online]. [cit. 2016-01-23]. Dostupné z: [www.citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.5811&rep=rep1&type=pdf](http://www.citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.5811&rep=rep1&type=pdf).
- [43] IMRAN S. A., et al. Modified Larsons ratio incorporating temperature, water age, and electroneutrality effects on red water release, J. Environ Eng. 11., In: [online]. [cit. 2017-10-05], 7, str. 1514-1520, 2005. Dostupné z: [https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2005\)131:11\(1514\)](https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/(ASCE)0733-9372(2005)131:11(1514)).
- [44] CAMPER A. K. Involvement of humanic substances in regrowth, Int. J. Food Microbiol 92, In: [online]. [cit. 2017-10-06], str. 355-364, 2004. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15145594>.
- [45] NAWROCKI, Jacek, et al. Corrosion in a distribution system: Steady water and its composition. Water research., In: [online]. [cit. 2017-10-10], 2010, roč. 2010, č. 44, 1863 - 1872. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres).
- [46] GRÜNWARD A., A. M. EI-SHAFY, M. H. TORKY, B. ŠŤASTNÝ. Příčiny změn kvality pitné vody v distribučních systémech, str. 205-212. Konference Pitná voda 1999, 31. 5. - 3. 6. Tábor, W&ET Team, České Budějovice, 1999.
- [47] SLÁDEČKOVÁ A. Biofilm and periphyton in storage tanks. Technical papers. 19th IWSA Congress, Budapast. In: [online]. [cit. 2014-08-14] 1993. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/293706074\\_Biofilm\\_and\\_periphyton\\_formation\\_in\\_storage\\_tanks](https://www.researchgate.net/publication/293706074_Biofilm_and_periphyton_formation_in_storage_tanks).
- [48] PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4. aktualizované vydání. Praha: VŠCHT, 209, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [49] VŠCHT v Praze, Ústav biochemie a mikrobiologie. Tvorba biofilmu a jeho odolnost k desinfekčním látkám. In: [online]. 2014 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://biomikro.vscht.cz/cz/research/groups/rokoska/projects.php>.
- [50] ZHANG, Haiya, Yimei TIAN, Jianmei WAN and Peng ZHAO. Study of biofilm influenced corrosion on cast iron pipes in reclaimed water. Applied Surface Science., In: [online]. [cit. 2017-08-02], 2015, roč. 2015, č. 357, 236 – 247. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433215021121>.

- [51] GRÜNWARD, A., K. MENŠÍKOVÁ, V. JANDA a N. STRNADOVÁ. Vliv sedimentů v distribuční síti pitné vody na tvorbu THM. Sborník konference Pitná voda 2008, s. 355-360. W&ET Team, Č. Budějovice 2008. ISBN 978-80-254-2034-8.
- [52] BLOKKER, M., J. VREEBURG and V. SPEIGHT. Residual chlorine in the extremities of the drinking water distribution system: the influence of stochastic water demands. *Procedia Engineering.*, In: [online]. [cit. 2017-09-22], 2014, roč. 70, 172 – 180. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814000228>.
- [53] RAHMAN, M. Safiur and Graham A. GAGNON. Bench-scale evaluation of drinking water treatment parameters on iron particles and water quality. *Water Research.*, In: [online]. [cit. 2017-11-02], 2014, roč. 48, 137 – 147. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24075475>.
- [54] DRBOHLAV, Josef, et al. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České Republiky. Praha, 2008. In: [online]. [cit. 2014-09-13], Studie. Hydroprojekt CZ a.s. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/40130/PRVKU\\_CR\\_Souhrnna\\_zprava.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/40130/PRVKU_CR_Souhrnna_zprava.pdf).
- [55] Plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území Jihočeského kraje. In: [online]. 2015 [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: [http://www.kraj-jihocesky.cz/1230/plan\\_rozvoje\\_vodovodu\\_a\\_kanalizaci\\_na\\_uzemi\\_jihoceskeh\\_o\\_kraje.htm](http://www.kraj-jihocesky.cz/1230/plan_rozvoje_vodovodu_a_kanalizaci_na_uzemi_jihoceskeh_o_kraje.htm).
- [56] NESIC, Srdjan, Magnus NORDSVEEN, Nigel MAXWELL a Miran VRHOVAC. Probabilistic modeling of CO2 corrosion laboratory data using neural networks. *Corrosion Science.*, In: [online]. [cit. 2015-06-18], 2001, roč. 2001, č. 43, 1373 - 1392. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci).
- [57] TNV 75 7121. Požadavky na jakost vody dopravované potrubím. Praha: Hydroprojekt CZ a.s., 2002.
- [58] GRÜNWARD, A., P. FOŠUMPAUR, K. SLAVÍČKOVÁ, M. SLAVÍČEK, B. ŠŤASTNÝ, K. ŠTRAUSOVÁ, R. KASAL a I. ČIHÁKOVÁ. Inovace procesu úpravy vody a zabezpečení vysoké kvality pitné vody v distribučních systémech [Výroční zpráva], Fakulta stavební ČVUT, Praha. 2004.
- [59] MATLAB. In: [online]. 2015 [cit. 2016-01-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/MATLAB>.
- [60] RACLAVSKÝ Jaroslav. Projekt vodní hospodářství obcí. [Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia] Fakulta stavební VUT, Brno. 2006.

- [61] KASAL, Rostislav. Modelování distribučních sítí. Praha, 2008. 150 s. Disertační práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce doc. Iva Čiháková, CSc.
- [62] PONTIUS F. W. Small systems: Small Systems to Tackle Disinfection By-products, JAWWA. In: [online]. [cit. 2016-07-05], 4/98, str. 14, 1998. Dostupné z: [http://www.jstor.org/stable/41296592?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](http://www.jstor.org/stable/41296592?seq=1#page_scan_tab_contents).
- [63] GRÜNWALD, Alexander, Mojmír MACH, Bohumil ŠTASTNÝ, Marek SLAVÍČEK, Kateřina SLAVÍČKOVÁ, Iva ČIHÁKOVÁ, et al. Výzkum efektu úpravy vody na její jakost při prodlužujícím se zdržení v rozvodné síti. Praha, 2002. Výroční zpráva. ČVUT v Praze.
- [64] HUSBAND S. a J. B. BODALO. Field Studies of Discoloration in Water Distribution Systems: Model Verification and Practical Implications, J. Envir. Engrg., In: [online]. [cit. 2017-07-14], Volume 136, Issue 1, pp. 86-94 (January 2010).. Dostupné z: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29EE.1943-7870.0000115>.
- [65] GOUIDER, Mbarka, et al. Impact of orthophosphate addition on biofilm development in drinking water distribution systems. Journal of Hazardous Materials., In: [online]. [cit. 2012-01-27], 2009, roč. 2009, č. 167, 1198 - 1202. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/jhazmat](http://www.elsevier.com/locate/jhazmat).
- [66] VREEBURG J. H. G., P. G. SCHAAP, B. BERGMANS a J. C. DIJK. How Effective is Flushing of Cast Iron Pipes?, Sborník příspěvků mezinárodní konference : Water Distribution Systems Analysis, Kruger National Park, South Africe., In: [online]. [cit. 2016-11-27], August 17-20. 2008. Dostupný z: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41024%28340%2948>.
- [67] WANG, Haibo, Chun HU and Xuexiang HU. Effects of combined UV and chlorine disinfection on corrosion and water quality within reclaimed water distribution systems. Engineering Failure Analysis., In: [online]. [cit. 2016-11-29], 2014, roč. 39, 12 – 20. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/engfailanal](http://www.elsevier.com/locate/engfailanal).
- [68] GALÍK, Matúš. Vplyv sezónnosti na priebeh korózie. Bratislava, 2014. 124 s. Disertační práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Ján Ilavský, PhD.
- [69] ZACHEUS, Outi M., Markku J. LEHTOLA, Leena K. KORHONEN. Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution networks. Water Res., In: [online]. [cit. 2017-06-25], 2001 May;35(7):1757-65. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135400004310>.

- [70] GAUTHIER, Vincent, et al. How good are water distribution systems for transport of particulate matter?. *Procced. Water Qual. Technol. Conf. of Amer. Water Wks Assoc., Denver, USA.*, In: [online]. [cit. 2014-02-22], 1997, roč. 97, č. 11, s. 17. Dostupné z: <http://jglobal.jst.go.jp/en/public/20090422/200902196049320934>.
- [71] FISHER, Ian, George KASTL a Arumugam SATHASIVAN. A suitable model of combined effects of temperature and initial condition on chlorine bulk decay in water distribution systems. *Water Research.*, In: [online]. [cit. 2016-08-23], 2012. roč. 46, 3293 - 3303. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412001807>.
- [72] MACHELL, J., S. R. MOUNCE aj. B. BOXALL. Online modelling of water distribution systems: a UK case study. *Drinking Water Engineering and Science.*, In: [online]. [cit. 2014-01-09], 2010. 3, 21 - 27. Dostupné z: <https://www.drink-water-eng-sci.net/3/21/.../dwes-3-21-2010.pdf>.
- [73] PROKOP L. Vyhodnocení korozního stavu potrubí II. Březovského vodovodu, *SOVAK 4/2006*. In: [online]. [cit. 2015-06-12], str. 1/97-4/100., Dostupné z: [https://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/6901fcafbfa3d14ac12576410031d01e/\\$FILE/sovak%2004\\_06.pdf](https://www.mzp.cz/ris/ekodisk-new.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/6901fcafbfa3d14ac12576410031d01e/$FILE/sovak%2004_06.pdf).
- [74] SLAVÍČKOVÁ Kateřina, et al. Hodnocení koroze a změn jakosti vody při úpravě a distribuci. , *Sborník příspěvků XIII. Mezinárodní vodohospodářské konference Voda Zlín*, In: [online]. [cit. 2013-04-17], strana 171 – 176, Zlín 2009., Dostupné z: [www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=957](http://www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=957).
- [75] Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Inhibitory koroze kovů – teoretická část. In: [online]. 2013. [cit. 2013-05-15] . Dostupné z: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze\\_inhibitory/index.htm](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze_inhibitory/index.htm).
- [76] MINEAR R.A. a G. L. AMY. *Disinfection By-products in Water Treatment*, Lewis publishers, 1996, ISBN 9781566701365.
- [77] SZOSTOKOVÁ, Kateřina. Vyhodnocení korozních kuponů – určení hloubky koroze. Praha, 2006. 86 s. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. Marek Slavíček, Ph.D..

## 15. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vodárenská soustava JVS zdroj:www.jvs.cz .....	29
Obr. 2 Řez hrází vodní nádrže Římov. Zdroj: www.rimov.cz .....	31
Obr. 3 Odběrový věžový objekt. Zdroj: www.foto.mapy.cz .....	31
Obr. 4 Potrubí o průměru 1200 milimetrů přivádí surovou vodu. Zdroj: www.jvs.cz .....	32
Obr. 5 ÚV Plav. Zdroj: www.jvs.cz.....	32
Obr. 6 Lokalizace Jihočeské vodárenské soustavy. Zdroj: www.jvs.cz .....	34
Obr. 7 Vodovodní přivaděče západní a severní větve pro VDJ Hodušín a VDJ Milevsko .....	39
Obr. 8 Surová voda pro ÚV Plav ( ÚN Římov) I-XII. 2002.....	47
Obr. 9 Dodávka pitné vody z VSJČ .....	49
Obr. 10 Analytické laboratorní váhy METTLER AG245 ANALYTICAL BALANCE ...	53
Obr. 11 Čtyři zkušební kupony upevněné v držáku a připravené pro vložení do potrubí .....	53
Obr. 12 Umístění kuponů na VDJ Hodušín .....	54
Obr. 13 Vyjmutí kuponů po dané době expozice .....	55
Obr. 14 Zkušební kupony po extrakci z potrubí .....	55
Obr. 15 Kupony před mořením v kyselině chlorovodíkové .....	56
Obr. 16 Kupon po expozici .....	56
Obr. 17 VDJ Hodušín I 650 m <sup>3</sup> .....	59
Obr. 18 VDJ Hodušín II 1 000 m <sup>3</sup> .....	59
Obr. 19 Obtok na odtoku z VDJ Hodušín II směrem do VDJ Milevsko - nový .....	60
Obr. 20 VDJ Milevsko - nový 1 000 m <sup>3</sup> .....	61
Obr. 21 Schematizace vodní nádrže Římov a ÚV Plav .....	68
Obr. 22 VDJ Včelná.....	68
Obr. 23 ČS + VDJ Hlavatce.....	69
Obr. 24 VDJ Zdoba .....	69
Obr. 25 VDJ Varta .....	69
Obr. 26 ČS + VDJ Sudoměřice .....	69
Obr. 27 VDJ Hodušín .....	70
Obr. 28 VDJ Milevsko.....	70
Obr. 29 ČS + VDJ Hosín .....	70
Obr. 30 VDJ Chotýčany.....	70
Obr. 31 RŠ Veselí nad Lužnicí .....	70
Obr. 32 VDJ Pleše.....	70
Obr. 33 VDJ Zlukov .....	71
Obr. 34 ČS Sezimovo Ústí .....	71
Obr. 35 VDJ sv. Anna.....	71
Obr. 36 VDJ Čekanice.....	71
Obr. 37 ČS + VDJ Tábor - ÚV Rytíř.....	71
Obr. 38 VDJ Všechov .....	71
Obr. 39 Rozmezí nadmořských výšek jednotlivých prvků na distribuční síti.....	72
Obr. 40 Návaznost dimenzí potrubí na hlavních řadech severní a západní větve ....	73

Obr. 41 Vyhodnocení zdržení vody v síti .....	75
Obr. 42 Průměrné hodnoty pro kalibraci modelu celkového aktivního chloru .....	76
Obr. 43 Průměrné hodnoty pro kalibraci modelu volného aktivního chloru .....	80
Obr. 44 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice .....	84
Obr. 45 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice .....	85
Obr. 46 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice .....	85
Obr. 47 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice .....	86
Obr. 48 Velikost zaznamenaných průtoků v prosinci 2013 na odtoku z VDJ Zdobá směrem na ČS a VDJ Sudoměřice .....	86
Obr. 49 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na odtoku z ČS a VDJ Sudoměřice směrem na VDJ Hodušín.....	87
Obr. 50 Velikost zaznamenaných průtoků v červenci 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko .....	88
Obr. 51 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko .....	88
Obr. 52 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na nátoku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice .....	89
Obr. 53 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko .....	89
Obr. 54 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na nátoku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice .....	90
Obr. 55 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na odtoku z VDJ Hodušín směrem na VDJ Milevsko .....	90
Obr. 56 Velikost zaznamenaných průtoků v listopadu 2013 na nátoku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice .....	91
Obr. 57 Velikost zaznamenaných průtoků v prosinci 2013 na nátoku VDJ Hodušín směrem z ČS a VDJ Sudoměřice .....	91
Obr. 58 Velikost zaznamenaných průtoků v srpnu 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín.....	92
Obr. 59 Velikost zaznamenaných průtoků v září 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín.....	93
Obr. 60 Velikost zaznamenaných průtoků v říjnu 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín.....	93
Obr. 61 Velikost zaznamenaných průtoků v listopadu 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín.....	94
Obr. 62 Velikost zaznamenaných průtoků v prosinci 2013 na nátoku VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín.....	94
Obr. 63 Vyhodnocení korozní rychlosti podle po sobě jdoucích intervalech 1. cyklus 25. 6. - 17. 9. 2013 (0 - 82 dní) a navazující 2. cyklus 17. 9. - 2. 12. 2013 (0 - 76 dní) .....	109



Obr. 64 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 739a. Prostory vyhodnocené jako důlková koroze jsou v grafickém vyhodnocení zakroužkována červeně .....	110
Obr. 65 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 739b .	110
Obr. 66 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 740a .	110
Obr. 67 Grafické vyhodnocení korozního kuponu pomocí Matlabu – kupon 740b .	111
Obr. 68 Vyhodnocení plošné koroze na ÚV Plav .....	111
Obr. 69 Vyhodnocení důlkové koroze na ÚV Plav.....	112
Obr. 70 Vyhodnocení procentuálního zasažení korozních kuponů plošnou korozí na vodojemech Hodušín a Milevsko.....	113
Obr. 71 Vyhodnocení procentuálního zasažení korozních kuponů důlkovou korozí na vodojemech Hodušín a Milevsko.....	113
Obr. 72 Vyhodnocení hmotností inkrustace v po sobě jdoucích intervalech osazení kuponů .....	115
Obr. 73 Porovnání naměřených korozních rychlostí a pH na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013.....	116
Obr. 74 Porovnání naměřených korozních rychlostí a teplot na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013.....	117
Obr. 75 Porovnání naměřených korozních rychlostí a konduktivit na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013 .....	117
Obr. 76 Porovnání naměřených korozních rychlostí a rozpuštěného kyslíku na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013.....	118
Obr. 77 Porovnání naměřených korozních rychlostí a volného aktivního chloru na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013.....	118
Obr. 78 Hodnoty volného aktivního chloru po trase západní větve .....	119
Obr. 79 Porovnání naměřených korozních rychlostí a celkového aktivního chloru na vodojemu Hodušín a Milevsko v období 27. 6. - 2. 12. 2013.....	119
Obr. 80 Hodnoty celkového aktivního chloru po trase západní větve.....	120

## **16. SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Srovnání průměrných parametrů surové vody odebírané pro ÚP Plav a maxim zaznamenaných při povodních v srpnu 2002 .....	47
Tabulka 2 ÚV Plav - porovnání s normálním stavem .....	48
Tabulka 3 Vliv na kvalitu dodávané vody .....	50
Tabulka 4 Hodnocení agresivity [49] .....	57
Tabulka 5 Prvky vodojemu a dopočtený průměr .....	66
Tabulka 6 Délky, dimenze a použité materiály potrubí .....	67
Tabulka 7 Základní parametry modelu .....	71
Tabulka 8 Porovnání dob zdržení mezi léty 1998 - 2013 .....	74
Tabulka 9 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace celkového aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 1. řádu u stěny potrubí .....	77
Tabulka 10 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace celkového aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 0. řádu u stěny potrubí .....	78
Tabulka 11 Výsledky verifikace modelu celkového aktivního chloru .....	79
Tabulka 12 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace volného aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 1. řádu u stěny potrubí .....	81
Tabulka 13 Výsledky kalibrace modelu úbytku koncentrace volného aktivního chloru – model 1. řádu v proudící vodě a 0. řádu u stěny potrubí .....	82
Tabulka 14 Výsledky verifikace modelu volného aktivního chloru .....	83
Tabulka 15 Vyhodnocení průtoku odtoku z VDJ Zdobá směrem do ČS Sudoměřice	87
Tabulka 16 Vyhodnocení průtoku odtoku z ČS Sudoměřice směrem do VDJ Hodušín .....	87
Tabulka 17 Vyhodnocení průtoku odtoku z VDJ Hodušín směrem do VDJ Milevsko	92
Tabulka 18 Vyhodnocení průtoku nátok do VDJ Hodušín směrem z ČS Sudoměřice .....	92
Tabulka 19 Vyhodnocení průtoku nátok na VDJ Milevsko směrem z VDJ Hodušín	95
Tabulka 20 Vyhodnocení korozního testu – surová voda .....	96
Tabulka 21 Vyhodnocení korozního testu – filtrovaná voda .....	97
Tabulka 22 Vyhodnocení korozního testu – upravená voda .....	98
Tabulka 23 Souhrn prvního měření vyhodnocení korozního testu na ÚV Plav .....	98
Tabulka 24 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - odtok v období 27. 06. - 17. 09. 2013 .....	100
Tabulka 25 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - nádrž v období 27. 06. - 17. 09. 2013 .....	101
Tabulka 26 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Milevsko v období 27. 06. - 17. 09. 2013 .....	102
Tabulka 27 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - odtok v období 17. 09. - 02. 12. 2013 .....	103
Tabulka 28 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Hodušín - nádrž v období 17. 09. - 02. 12. 2013 .....	104
Tabulka 29 Vyhodnocení korozního testu na VDJ Milevsko v období 17. 09. - 02. 12. 2013 .....	105

Tabulka 30 Vyhodnocení korozního úbytku jednotlivých kuponů při prvním cyklu ..	106
Tabulka 31 Vyhodnocení korozního úbytku jednotlivých kuponů při druhém cyklu .	106
Tabulka 32 Vyhodnocení korozního úbytku při prvním cyklu .....	107
Tabulka 33 Vyhodnocení korozního úbytku při druhém cyklu .....	107
Tabulka 34 Vyhodnocení korozní rychlosti při prvním cyklu .....	108
Tabulka 35 Vyhodnocení korozní rychlosti při druhém cyklu.....	108
Tabulka 36 Vyhodnocení hmotnosti inkrustací zachycených na testovacích kuponech při prvním cyklu .....	114
Tabulka 37 Vyhodnocení hmotnosti inkrustací zachycených na testovacích kuponech při druhém cyklu .....	115
Tabulka 38 Korozní techniky [7] [55], [64], [5], [65], .....	141
Tabulka 39 Způsoby monitorování koroze [19].....	142
Tabulka 40 Charakteristika způsobů monitorování koroze [19].....	143
Tabulka 41 Faktory ovlivňující korozní vlastnosti vody [5], [22] .....	144
Tabulka 42 Porovnání požadavků na dávkování, zařazení a vlastnosti dezinfekčních činidel [43] .....	145
Tabulka 43 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů dezinfekce pitné vody [66] ..	146
Tabulka 44 Minear a Amy uvádějí přehled vedlejších produktů dezinfekce, které se tvoří při použití jednotlivých dezinfekčních činidel [67] .....	147
Tabulka 45 Procentuální vyhodnocení plošné a bodové koroze na osazených kuponech na ÚV Plav v surové, filtrované i upravené vodě [68] .....	151
Tabulka 46 Procentuální vyhodnocení plošné a bodové koroze na osazených kuponech na odtoku a v nádrži VDJ Hodušín a VDJ Milevsko .....	162
Tabulka 47 Vyhodnocení hmotnosti inkrustací zachycených na testovaných kuponech.....	166

## **17. SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 Korozní techniky

Příloha 2 Způsoby monitorování koroze

Příloha 3 Charakteristika způsobů monitorování koroze

Příloha 4 Faktory ovlivňující korozní vlastnosti vody

Příloha 5 Porovnání požadavků na dávkování, zařazení a vlastnosti dezinfekčních činidel

Příloha 6 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů dezinfekce pitné vody

Příloha 7 Přehled vedlejších produktů dezinfekce

Příloha 8 Algoritmus vytvořený v programu Matlab pro vyhodnocení procentuálního zasažení plošnou a důlkovou korozí

Příloha 9 Vyhodnocení plošné a důlkové koroze na ÚV Plav

Příloha 10 Vyhodnocení plošné a důlkové koroze na VDJ Hodušín a VDJ Milevsko

Příloha 11 Vyhodnocení hmotností inkrustací

## PŘÍLOHY

### Příloha 1 Korozní techniky

Tabulka 38 Korozní techniky [7] [63], [73], [5], [74],

<b>Metoda</b>	<b>Technika měření</b>
Kupónové testy	Měření korozní rychlosti pomocí hmotnostního úbytku materiálu dle délky trvání (30, 60 a 90 dnů).
Měření lineárního polarizačního odporu (LPR)	Okamžitá korozní rychlost s využitím elektromechanické polarizace ( $\pm 10$ mV) mezi dvěma elektrodami.
Měření proudového napětí (ER)	Úbytek materiálu se stanoví za změn odporu korodujícího kovového vzorku. Z odečtené hodnoty odporu lze zjistit korozní rychlost rovnoměrné koroze. Neumožňuje měřit lokální korozi.
CDTU	Vizuální sledování korozivního napadení na povrchu přestupu tepla. Korozní rychlost lze určit z úbytků hmotnosti zahřívaného povrchu.
DDM	Vizuální sledování depozit, tvořících se na povrchu přestupu tepla. Lze určit míru tvorby inkrustů.
Testy výměníku tepla	Určení efektu rychlosti proudění, tepelného toku, chemické úpravy vody a tvorby inkrustů na korozi.
BEM (Broadband Electromagnetic)	Umožňuje na základě generování magnetických a elektromagnetických obrazů hodnotit intenzity změn v kovových materiálech a umožňuje odvození rozsahu degradace stěn potrubí korozi formou stanovení míst zeslabení

## Příloha 2 Způsoby monitorování koroze

Tabulka 39 Způsoby monitorování koroze [25], [28], [75]

<b>Metoda</b>	<b>Měření</b>	<b>Aplikace</b>
Kuponové testy	Průměrná korozní rychlost ( $\mu\text{m}\cdot\text{r}^{-1}$ ). Změna hmotnosti kuponů z různých materiálů za 30 až 90 d.	Nejvhodnější pro vyjádření plošné koroze za ustálených podmínek. Může indikovat lokální napadení bodovou korozí
Měření Lineárního polarizačního odporu (LPR)	Okamžitá korozní rychlost měřením elektrochemické polarizace mezi dvěma elektrodami. Lze měřit také náchylnost k důlkové korozi	Vhodná pro většinu slitin. Vzorky se musí umístit do roztoku s dostatečnou konduktivitou
Měření proudového napětí (ER)	Úbytek materiálu se stanoví ze změn odporu korodujícího vzorku. Rychlost plošné koroze se počítá z odečtené hodnoty odporu. Neumožňuje měřit lokální korozi	Vhodná pro měření v prostředí s nízkou konduktivitou, kapalném nebo plynném. Prvky vyrobeny z nejčastěji používaných slitin
Analytická	Zjišťování koncentrace rozpuštěných nebo suspendovaných látek, pH a konduktivity. Neumožňuje přímé měření koroze	Zjišťuje se kvalita vody, účinnost chemické úpravy, obsah inhibitorů, rozpuštěných a suspendovaných korozních produktů

### **Příloha 3 Charakteristika způsobů monitorování koroze**

Tabulka 40 Charakteristika způsobů monitorování koroze [25]

<b>Metoda</b>	<b>Časový interval měření</b>	<b>Typ informace</b>	<b>Odezva na změnu podmínek</b>	<b>Typ koroze</b>	<b>Interpretace</b>
Kuponové testy	dlouhodobý interval 30 – 90 d	průměrná rychlost plošné koroze	slabá	plošná, lokalizovaná bodová	jednoduchá
LPR	okamžitý výsledek	korozní rychlost, index bodové koroze	rychlá	Plošná	jednoduchá
ER	krátkodobý interval	integrovaná korozní rychlost	střední	Plošná	jednoduchá
Analytická	rychlá	ukazatele ovlivňující korozi	rychlá	nelze určit	obtížná

## Příloha 4 Faktory ovlivňující korozní vlastnosti vody

Tabulka 41 Faktory ovlivňující korozní vlastnosti vody [5], [28]

pH	Nízká hodnota obvykle urychluje korozi. Vyšší hodnota podporuje tvorbu ochranné vrstvy.
O <sub>2</sub> rozpuštěný	Podporuje aktivní korozi zejména Fe materiálů. Rychlost spotřeby O <sub>2</sub> ovlivňuje rozpouštění kovů. K vytvoření ochranné vrstvy u litinového potrubí je 5 - 6 mg.l <sup>-1</sup> .
Cl <sub>2</sub> volný	Přítomnost volného chloru ve vodě podporuje korozi Fe-kovů a Cu.
Tlumivá kapacita	Nedostatečný obsah aniontů HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> umožní tvorbu ochranné vrstvy a tím dochází k omezení korozní aktivity.
Poměr (Cl <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )/HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Vysoká hodnota poměru (nad 0,5) vytváří příznivé podmínky pro důlkovou korozi.
Rozpuštěné látky	Vyšší koncentrace zvyšuje konduktivitu a tím podporuje korozi. Jednotlivé soli vykazují různé vlivy na korozi, proto nejsou dostatečným ukazatelem pro hodnocení korozních vlastností vody.
Ca <sup>2+</sup>	Mohou snižovat korozi tvorbou ochranného filmu zejména u oceli a železa.
Taniny	Mohou tvořit ochrannou organickou vrstvu na povrchu kovů.
Rychlost proudění	Turbulence při vysokých rychlostech proudění umožňuje kyslíku rychleji dosáhnout povrchu, tím se odstraňuje ochranná vrstva a urychluje se koroze.
Ionty kovů	Určité ionty např. Cu <sup>2+</sup> mohou zvýšit korozivitu vody.
Teplota	vysoká teplota snižuje rozpustnost CaCO <sub>3</sub> , MgSiO <sub>3</sub> , CaSO <sub>4</sub> a může tak vyvolat tvorbu usazenin ve výměnících nebo potrubí.



## Příloha 5 Porovnání požadavků na dávkování, zařazení a vlastnosti dezinfekčních činidel

Tabulka 42 Porovnání požadavků na dávkování, zařazení a vlastnosti dezinfekčních činidel [46]

Požadavky	Dezinfekční činidlo				
	Plynný Cl <sub>2</sub>	Roztoky Cl <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	ClO <sub>3</sub>	UV záření
<b>Velikost záření</b>	všechny velikosti	všechny velikosti	středně velké	malé, středně	malé, velké
<b>Spolehlivost záření</b>	dobrá	vyhovující, dobrá	vyhovující, dobrá	dobrá	vyhovující
<b>Vybavenost záření</b>	jednoduchá	střední	kompletní	střední	jednoduchá
<b>Požadavky na provozní bezpečnost</b>	ano	ano	střední	ano	minimální
<b>Účinek na bakterie</b>	dobry	dobry	dobry	dobry	dobry
<b>Účinek na viry</b>	1+	1+	dobry	dobry	dobry
<b>Možnost vzniku vedlejších sloučenin</b>	2+	2+	3+	nizky	ne
<b>Zbytkový obsah ve vodě</b>	dlouho	ne	ne		ne
<b>Čas potřebný na kontakt</b>	střední	střední	krátký	střední	krátký
<b>Reakce s amoniakem</b>	ano	ano	ne	ne	ne
<b>Závislost na pH</b>	ano	ano	málo	málo	ne

## Příloha 6 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů dezinfekce pitné vody

Tabulka 43 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů dezinfekce pitné vody

Dezinfekční prostředek	výhody	nevýhody	poznámky
<b>Cl<sub>2</sub> (NaClO)</b>	menší provozní náklady	závislost účinnosti na pH, vznik THM a sensoricky závadných látek	
<b>chloraminace</b>	menší tvorba THM a sensoricky závadných látek	menší dezinfekční účinnost ve srovnání s Cl <sub>2</sub>	
<b>ClO<sub>2</sub></b>	malá závislost účinnosti na hodnotě pH, menší tvorba THM	větší provozní náklady, komplikovanější provoz	
<b>O<sub>3</sub></b>	vysoká oxidační a dezinfekční účinnost	větší provozní náklady, možnost sekundární kontaminace	
<b>UV</b>	nevznikají hygienicky závadné produkty	možnost sekundární kontaminace	výhodný postup pro zařízení s min. rozvodem
<b>kombinace O<sub>3</sub>, UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, příp. Cl<sub>2</sub></b>	vysoká účinnost a reakční rychlost, prakticky nevznikají hygienicky závadné látky	větší provozní náklady, možnost sekundární kontaminace	

## Příloha 7 Přehled vedlejších produktů dezinfekce

Tabulka 44 Minear a Amy uvádějí přehled vedlejších produktů dezinfekce, které se tvoří při použití jednotlivých dezinfekčních činidel [76]

<b>Vedlejší produkty dezinfekce</b>	
<b>chlorem</b>	Trihalogenmethany
	Halogenderiváty kyseliny octové
	Haloacetonitrily
	Halopikrin
	Chlorkyan a bromkyan
	Chloralhydrát
	MX, EMX (MX je název pro 3-chloro-4(dichlormethyl 5-hydroxy-2-(5H))-furanon. Předpokládá se, že MX je produkt reakce $Cl_2$ s huminovými látkami.)
<b>chloraminy</b>	Halogenderiváty kyseliny octové
	Dusitany a dusičnany
	Chlorkyan a bromkyan
	1,1-Dichlorpropanon
	Trihalogenmethany
<b>oxidem chloričitým</b>	Chloritany
	Chlorečnany
	Chlorové chinony
<b>ozonem</b>	Bromičnany
	Aldehydy
	Ketokyseliny
	Bromoform
	Organické peroxidy
	Epoxidy
	Zvýšení koncentrace BDOC

## **Příloha 8 Algoritmus vytvořený v programu Matlab pro vyhodnocení procentuálního zasažení plošnou a důlkovou korozí**

```
clear screen;
clear all;
close all;

pattern = '*.jpg';
cesta = 'C:\Users\Skalicky\Documents\MATLAB\';
soubory = dir([cesta, pattern]);
pocet_obrazku = length(soubory);

procenta_zkorodovanych_bodu = zeros(pocet_obrazku, 1);
procenta_bodiku = zeros(pocet_obrazku, 1);
pocet_bodiku = zeros(pocet_obrazku, 1);

for idx = 1:pocet_obrazku
    obrazek = imread([cesta, soubory(idx).name]);

    pocet = 0;
    nula = 0;

    [m, n, o] = size(obrazek);

    N = 40;
    R = 3;

    [i, j] = meshgrid(1:N);
    e1_circ = (R^2 >= (i - N/2).^2 + (j - N/2).^2);

    R = N/2;
    e2_circ = (R^2 < (i - N/2).^2 + (j - N/2).^2);
    R = 19;
    e2_circ(R^2 >= (i - N/2).^2 + (j - N/2).^2) = 1;

    R = N/2;
    e3_circ = (R^2 < (i - N/2).^2 + (j - N/2).^2);
    R = 15;
    e3_circ(R^2 >= (i - N/2).^2 + (j - N/2).^2) = 1;

    xx2 = double(rgb2gray(obrazek));
    xx3 = obrazek;
    prah = mean(mean(xx2));
```

```
h = fspecial('gaussian', 15, 3);  
sub_obr = conv2(xx2, h, 'valid');  
yy_obr = (sub_obr > prah); % & sub_obr <= 240);
```

```
pocet_1 = sum(sum(yy_obr));
```

```
ptr1 = [[0,0,0];[0,1,0];[0,0,0]];  
ptr2 = [[0,0,0,0];[0,1,1,0];[0,0,0,0]];  
ptr3 = [[0,0,0];[0,1,0];[0,1,0];[0,0,0]];
```

```
mask2 = conv2(double(yy_obr), ptr2, 'same') == 2 & conv2(double(yy_obr),  
1 - ptr2, 'same') == 2;  
mask3 = conv2(double(yy_obr), ptr3, 'same') == 2 & conv2(double(yy_obr),  
1 - ptr3, 'same') == 2;  
yy_obr(mask2 | mask3) = 0;
```

```
mask1 = conv2(double(yy_obr), ptr1, 'same') == 1 & conv2(double(yy_obr),  
1 - ptr1, 'same') == 0;  
yy_obr(mask1) = 0;
```

```
yy_plot = yy_obr;  
sub_obr = conv2(double(yy_obr), ones(3), 'valid');  
yy_obr = sub_obr < prah/255;
```

```
mask2 = conv2(double(yy_obr), 1 - e2_circ, 'same') == 0;  
mask1 = conv2(double(yy_obr), double(e1_circ), 'same') ==  
sum(sum(e1_circ));  
mask3 = conv2(double(yy_obr), 1 - e2_circ, 'same') == 0;
```

```
mask = mask1 & (mask2 | mask3);
```

```
pocet_b = sum(sum(mask));
```

```
figure('Name',soubory(idx).name);  
subplot(1,3,1);  
imagesc(obrazek);  
subplot(1,3,2);  
imagesc(yy_obr);  
colormap('gray');  
subplot(1,3,3);  
imagesc(obrazek);  
hold on;  
[x,y] = find(mask);  
plot(y,x,'ro','markersize',5);
```

```
procenta_zkorodovanych_bodu(idx) = pocet_1 * 100 / (m * n);  
    pocet_bodiku(idx) = length(regionprops(mask,'area'));  
end
```

```
jmena_souboru = {soubory.name}';
```

## Příloha 9 Vyhodnocení plošné a důlkové koroze na ÚV Plav

Tabulka 45 Procentuální vyhodnocení plošné a bodové koroze na osazených kuponech na ÚV Plav v surové, filtrované i upravené vodě [77]

datum	exp.	voda	5a		5b		hm. úb. [g]	6a		6b		hm. úb. [g]
10.08.04 - 14.09.04	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1857	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1870
			48,01	0,06	52,58	0,11		51,89	0,35	46,41	0,06	
			7a		7b		hm. úb. [g]	8a		8b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1650	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1761
51,13	0,12	53,26	0,23	47,07	0,07	56,09		0,01				
datum	exp.	voda	1a		1b		hm. úb. [g]	2a		2b		hm. úb. [g]
10.08.04 - 19.10.04	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2886	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2851
			44,50	0,17	47,42	0,33		39,96	0,28	48,52	0,15	
			3a		3b		hm. úb. [g]	4a		4b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2909	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2889
38,16	0,11	44,79	0,10	36,89	0,30	45,23		0,11				
datum	exp.	voda	9a		9b		hm. úb. [g]	10a		10b		hm. úb. [g]
10.08.04 - 14.09.04	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4011	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4351
			32,98	0,25	36,71	0,03		42,90	0,17	49,70	0,06	
			11a		11b		hm. úb. [g]	12a		12b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4127	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4079
48,60	0,48	51,87	0,08	53,66	0,05	48,98		0,07				
datum	exp.	voda	13a		13b		hm. úb. [g]	14a		14b		hm. úb. [g]
10.08.04 - 19.10.04	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6035	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5608
			46,54	0,19	48,57	0,16		43,35	0,23	51,38	0,08	
			15a		15b		hm. úb. [g]	16a		16b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5459	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5617
46,60	0,13	49,20	0,06	42,98	0,48	43,11		0,75				
datum	exp.	voda	17a		17b		hm. úb. [g]	18a		18b		hm. úb. [g]
10.08.04 - 14.09.04	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1608	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1516
			52,12	0,07	56,25	0,09		57,11	0,15	53,52	0,06	
			19a		19b		hm. úb. [g]	20a		20b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1418	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1600
20,47	0,53	29,30	0,17	44,41	0,28	48,64		0,15				

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	21a		21b		hm. úb. [g]	22a		22b		hm. úb. [g]
10.08.04 - 19.10.04	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1607	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1791
			23,40	0,30	21,62	0,33		24,76	0,10	22,62	0,35	
			23a		23b		hm. úb. [g]	24a		24b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1514	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1541
			23,95	0,18	23,14	1,12		24,52	0,62	25,90	0,47	
datum	exp.	voda	29a		29b		hm. úb. [g]	30a		30b		hm. úb. [g]
19.10.04 - 23.11.04	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2859	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2769
			31,84	0,15	37,39	0,51		42,26	0,23	38,01	0,03	
			31a		31b		hm. úb. [g]	32a		32b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2974	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3142
			36,03	0,10	36,75	0,31		39,59	0,35	40,53	0,05	
datum	exp.	voda	25a		25b		hm. úb. [g]	26a		26b		hm. úb. [g]
19.10.04 - 28.12.04	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5365	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5037
			44,04	0,16	31,09	0,15		43,34	0,08	42,74	0,13	
			27a		27b		hm. úb. [g]	28a		28b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4945	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5138
			30,59	0,23	31,07	0,07		41,83	0,08	38,98	0,04	
datum	exp.	voda	37a		37b		hm. úb. [g]	38a		38b		hm. úb. [g]
19.10.04 - 23.11.04	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3577	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3582
			45,43	0,07	44,81	0,12		40,78	0,06	46,62	0,53	
			39a		39b		hm. úb. [g]	40a		40b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3408	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3545
			44,12	0,10	47,74	0,07		47,25	0,15	39,08	0,03	
datum	exp.	voda	33a		33b		hm. úb. [g]	34a		34b		hm. úb. [g]
19.10.04 - 28.12.04	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4513	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4573
			46,84	0,09	50,22	0,06		49,71	0,03	46,70	0,08	
			35a		35b		hm. úb. [g]	36a		36b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5170	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4780
			46,67	0,02	43,48	0,12		45,12	0,05	42,79	0,05	
datum	exp.	voda	45a		45b		hm. úb. [g]	46a		46b		hm. úb. [g]
19.10.04 - 23.11.04	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1239	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1421
			42,87	0,44	29,40	0,18		29,73	0,15	35,80	0,43	
			47a		47b		hm. úb. [g]	48a		48b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2034	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1342
			34,24	1,70	32,56	1,88		30,57	0,25	42,67	0,24	



**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	41a		41b		hm. úb. [g]	42a		42b		hm. úb. [g]
19.10.04 - 28.12.04	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3150	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2394
			33,42	1,20	50,80	0,73		34,26	1,48	39,37	1,59	
			43a		43b		hm. úb. [g]	44a		44b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2639	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1812
			38,17	0,57	41,63	1,77		47,23	0,60	36,10	0,16	
datum	exp.	voda	69a		69b		hm. úb. [g]	70a		70b		hm. úb. [g]
28.12.04 - 01.02.05	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1308	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1063
			23,77	0,12	31,37	0,29		30,62	0,29	32,15	0,21	
			71a		71b		hm. úb. [g]	72a		72b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1221	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1004
			33,43	0,22	10,03	0,18		31,61	0,08	25,07	0,14	
datum	exp.	voda	65a		65b		hm. úb. [g]	66a		66b		hm. úb. [g]
28.12.04 - 08.03.05	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3527	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3219
			52,30	0,02	52,34	0,03		56,21	0,00	49,72	0,00	
			67a		67b		hm. úb. [g]	68a		68b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3232	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3565
			46,56	0,01	45,51	0,05		40,85	0,03	44,39	0,06	
datum	exp.	voda	57a		57b		hm. úb. [g]	58a		58b		hm. úb. [g]
28.12.04 - 01.02.05	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5152	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5169
			40,73	0,10	52,16	0,04		44,15	0,23	41,21	0,47	
			59a		59b		hm. úb. [g]	60a		60b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5369	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5364
			42,87	0,10	37,05	0,10		39,19	0,09	39,97	0,18	
datum	exp.	voda	49a		49b		hm. úb. [g]	50a		50b		hm. úb. [g]
28.12.04 - 08.03.05	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7255	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6701
			45,73	0,04	44,92	0,05		49,86	0,00	51,27	0,06	
			51a		51b		hm. úb. [g]	52a		52b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6712	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6199
			52,69	0,05	50,67	0,04		40,33	0,17	42,14	0,07	
datum	exp.	voda	61a		61b		hm. úb. [g]	62a		62b		hm. úb. [g]
28.12.04 - 01.02.05	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1902	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1902
			35,72	0,24	31,89	0,67		40,26	0,49	39,91	0,21	
			63a		63b		hm. úb. [g]	64a		64b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1772	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1892
			31,30	0,49	30,57	0,35		31,64	0,54	35,47	1,05	

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	53a		53b		hm. úb. [g]	54a		54b		hm. úb. [g]
28.12.04 - 08.03.05	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1881	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1890
			49,94	0,32	41,93	0,10		44,23	0,54	44,10	0,26	
			55a		55b		hm. úb. [g]	56a		56b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1825	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1992
40,09	0,43	28,45	0,74	42,45	1,00	45,37		0,18				
datum	exp.	voda	77a		77b		hm. úb. [g]	78a		78b		hm. úb. [g]
08.03.05 - 12.04.05	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1550	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1351
			27,08	0,20	21,80	0,33		28,94	0,13	30,77	0,06	
			79a		79b		hm. úb. [g]	80a		80b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1275	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1315
28,68	0,08	28,51	0,38	26,91	0,13	26,26		0,05				
datum	exp.	voda	73a		73b		hm. úb. [g]	74a		74b		hm. úb. [g]
08.03.05 - 17.05.05	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3227	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3822
			47,90	0,01	45,58	0,06		30,69	0,06	37,14	0,07	
			75a		75b		hm. úb. [g]	76a		76b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3265	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3066
38,23	0,09	32,94	0,15	37,34	0,33	44,63		0,01				
datum	exp.	voda	81a		81b		hm. úb. [g]	82a		82b		hm. úb. [g]
08.03.05 - 12.04.05	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2505	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3656
			35,52	0,05	42,72	0,02		44,29	0,01	39,41	0,03	
			83a		83b		hm. úb. [g]	84a		84b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3547	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2793
36,75	0,11	42,78	0,00	33,08	0,19	38,29		0,02				
datum	exp.	voda	85a		85b		hm. úb. [g]	86a		86b		hm. úb. [g]
08.03.05 - 17.05.05	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5603	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4769
			43,09	0,20	44,11	0,06		52,07	0,28	41,91	0,08	
			87a		87b		hm. úb. [g]	88a		88b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4561	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5059
33,06	0,28	32,75	0,10	37,79	0,09	41,84		0,23				
datum	exp.	voda	93a		93b		hm. úb. [g]	94a		94b		hm. úb. [g]
08.03.05 - 12.04.05	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1543	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1506
			26,57	0,15	24,66	0,10		22,85	0,05	24,20	0,15	
			95a		95b		hm. úb. [g]	96a		96b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1429	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1501
19,55	0,08	27,79	0,23	38,32	0,17	31,26		0,05				

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	89a		89b		hm. úb. [g]	90a		90b		hm. úb. [g]
08.03.05 - 17.05.05	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1952	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1897
			47,24	0,08	36,00	0,18		31,92	0,98	35,54	0,39	
			91a		91b		hm. úb. [g]	92a		92b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1734	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1755
			47,10	0,04	45,65	0,02		34,47	0,20	34,86	0,04	
datum	exp.	voda	97a		97b		hm. úb. [g]	98a		98b		hm. úb. [g]
17.05.05 - 21.06.05	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7293	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6041
			47,02	0,10	47,60	0,02		36,48	0,22	48,15	0,03	
			99a		99b		hm. úb. [g]	100a		100b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6130	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5340
			44,25	0,07	44,77	0,06		48,01	0,07	51,44	0,03	
datum	exp.	voda	101a		101b		hm. úb. [g]	102a		102b		hm. úb. [g]
17.05.05 - 26.07.05	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,0816	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,1034
			52,96	0,01	50,44	0,01		47,80	0,03	46,66	0,12	
			103a		103b		hm. úb. [g]	104a		104b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,0893	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,0574
			46,28	0,01	47,26	0,07		45,73	0,04	48,52	0,02	
datum	exp.	voda	105a		105b		hm. úb. [g]	106a		106b		hm. úb. [g]
17.05.05 - 21.06.05	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5878	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6216
			46,89	0,03	46,26	0,10		44,77	0,22	52,94	0,05	
			107a		107b		hm. úb. [g]	108a		108b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6483	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5973
			34,33	0,31	33,36	0,33		46,95	0,15	48,76	0,00	
datum	exp.	voda	109a		109b		hm. úb. [g]	110a		110b		hm. úb. [g]
17.05.05 - 26.07.05	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,0197	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,9978
			44,92	0,02	43,32	0,05		46,78	0,02	51,67	0,00	
			111a		111b		hm. úb. [g]	112a		112b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,0309	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,0623
			47,67	0,01	48,79	0,01		49,76	0,00	51,45	0,01	
datum	exp.	voda	113a		113b		hm. úb. [g]	114a		114b		hm. úb. [g]
17.05.05 - 21.06.05	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2289	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2613
			30,36	0,13	43,29	0,07		37,49	0,03	39,10	0,11	
			115a		115b		hm. úb. [g]	116a		116b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2845	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2505
			38,21	0,07	43,92	0,06		34,40	0,05	39,46	0,04	

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	117a		117b		hm. úb. [g]	118a		118b		hm. úb. [g]
17.05.05 - 26.07.05	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3736	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3483
			45,59	0,05	42,77	0,01		48,31	0,13	50,02	0,16	
			119a		119b		hm. úb. [g]	120a		120b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3747	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3745
43,46	0,04	47,64	0,01	49,16	0,08	48,48		0,89				
datum	exp.	voda	121a		121b		hm. úb. [g]	122a		122b		hm. úb. [g]
26.07.05 - 30.08.05	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2235	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2448
			35,92	0,17	33,62	0,05		38,36	0,03	32,52	0,05	
			123a		123b		hm. úb. [g]	124a		124b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2459	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2640
32,66	0,18	32,66	0,14	44,87	0,03	36,93		0,14				
datum	exp.	voda	125a		125b		hm. úb. [g]	126a		126b		hm. úb. [g]
26.07.05 - 04.10.05	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3752	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3734
			40,78	0,13	45,36	0,11		45,73	0,19	45,64	0,07	
			127a		127b		hm. úb. [g]	128a		128b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3872	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4361
43,49	0,11	38,83	0,13	45,27	0,04	48,18		0,06				
datum	exp.	voda	129a		129b		hm. úb. [g]	130a		130b		hm. úb. [g]
26.07.05 - 30.08.05	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4852	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4936
			48,63	0,12	49,31	0,12		46,43	0,20	50,72	0,02	
			131a		131b		hm. úb. [g]	132a		132b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5519	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5946
37,47	0,35	43,73	0,05	55,35	0,04	44,04		0,11				
datum	exp.	voda	133a		133b		hm. úb. [g]	134a		134b		hm. úb. [g]
26.07.05 - 04.10.05	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6509	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6483
			45,02	0,07	39,61	0,37		48,26	0,01	36,81	0,42	
			135a		135b		hm. úb. [g]	136a		136b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6548	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7962
43,87	0,10	43,36	0,12	46,11	0,06	0,05		0,05				
datum	exp.	voda	141a		141b		hm. úb. [g]	142a		142b		hm. úb. [g]
26.07.05 - 30.08.05	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2651	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2793
			0,23	0,23	34,41	0,17		42,94	0,14	48,72	0,02	
			143a		143b		hm. úb. [g]	144a		144b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2663	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2707
0,01	0,01	45,96	0,04	39,31	0,10	36,14		0,18				

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	137a		137b		hm. úb. [g]	138a		138b		hm. úb. [g]
26.07.05 - 04.10.05	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3809	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3257
			42,11	0,04	43,23	0,14		38,38	0,01	36,40	0,20	
			139a		139b		hm. úb. [g]	140a		140b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2960	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3302
			37,46	0,05	36,57	0,34		35,35	0,09	39,87	0,24	
datum	exp.	voda	145a		145b		hm. úb. [g]	146a		146b		hm. úb. [g]
04.10.05 - 08.11.05	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2615	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2652
			40,12	0,10	34,45	0,08		28,37	0,49	29,08	0,50	
			147a		147b		hm. úb. [g]	148a		148b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2676	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2612
			35,75	0,11	33,06	0,01		39,02	0,47	0,14	0,14	
datum	exp.	voda	149a		149b		hm. úb. [g]	150a		150b		hm. úb. [g]
04.10.05 - 13.12.05	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4903	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4636
			40,20	0,05	27,49	0,08		0,03	0,03	43,10	0,06	
			151a		151b		hm. úb. [g]	152a		152b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5232	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4898
			38,51	0,10	31,24	0,10		30,38	0,15	28,79	0,17	
datum	exp.	voda	153a		153b		hm. úb. [g]	154a		154b		hm. úb. [g]
04.10.05 - 08.11.05	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3563	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3646
			41,73	0,17	44,22	0,21		42,08	0,11	36,60	0,21	
			155a		155b		hm. úb. [g]	156a		156b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3610	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3746
			35,44	0,05	42,94	0,22		45,65	0,06	47,80	0,22	
datum	exp.	voda	157a		157b		hm. úb. [g]	158a		158b		hm. úb. [g]
04.10.05 - 13.12.05	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6046	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6347
			50,80	0,02	23,69	0,08		54,03	0,08	50,57	0,05	
			159a		159b		hm. úb. [g]	160a		160b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6396	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7649
			47,02	0,10	47,80	0,02		41,19	0,22	39,16	0,18	
datum	exp.	voda	161a		161b		hm. úb. [g]	162a		162b		hm. úb. [g]
04.10.05 - 08.11.05	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3575	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3455
			41,28	0,06	37,93	0,11		33,69	0,07	43,94	0,52	
			163a		163b		hm. úb. [g]	164a		164b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3547	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3273
			47,11	0,07	45,04	0,12		38,31	0,04	41,08	0,08	

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	165a		165b		hm. úb. [g]	166a		166b		hm. úb. [g]
04.10.05 - 13.12.05	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5169	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5282
			43,67	0,15	49,92	0,04		42,93	0,13	35,37	0,02	
			167a		167b		hm. úb. [g]	168a		168b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5112	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5298
41,68	0,00	38,22	0,01	46,28	0,06	52,27		0,16				
datum	exp.	voda	173a		173b		hm. úb. [g]	174a		174b		hm. úb. [g]
13.12.05 - 17.01.06	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1250	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1128
			23,54	0,18	25,17	0,33		21,24	0,28	25,65	0,16	
			175a		175b		hm. úb. [g]	176a		176b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,0996	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1033
31,89	0,17	28,24	0,27	36,45	0,09	28,27		0,16				
datum	exp.	voda	169a		169b		hm. úb. [g]	170a		170b		hm. úb. [g]
13.12.05 - 21.02.06	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3373	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2795
			24,56	0,14	22,71	0,24		24,77	0,12	28,92	0,19	
			171a		171b		hm. úb. [g]	172a		172b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2758	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2326
28,98	0,08	24,07	0,16	26,54	0,15	22,58		0,20				
datum	exp.	voda	181a		181b		hm. úb. [g]	182a		182b		hm. úb. [g]
13.12.05 - 17.01.06	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2630	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3349
			40,37	0,29	42,61	0,29		45,27	0,44	39,67	0,40	
			183a		183b		hm. úb. [g]	184a		184b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3300	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2978
48,08	0,17	45,94	0,13	39,87	0,51	39,37		0,20				
datum	exp.	voda	185a		185b		hm. úb. [g]	186a		186b		hm. úb. [g]
13.12.05 - 17.01.06	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1764	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1703
			33,34	0,11	29,47	0,07		46,42	0,04	40,97	0,07	
			187a		187b		hm. úb. [g]	188a		188b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1791	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1589
32,72	0,06	45,96	0,05	33,43	0,10	29,34		0,15				
datum	exp.	voda	197a		197b		hm. úb. [g]	198a		198b		hm. úb. [g]
21.02.06 - 28.03.06	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1004	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,0874
			40,46	0,09	36,80	0,06		31,93	0,14	32,29	0,13	
			199a		199b		hm. úb. [g]	200a		200b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,0775	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,0674
34,66	0,25	35,57	0,08	43,17	0,16	26,94		0,12				

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	193a		193b		hm. úb. [g]	194a		194b		hm. úb. [g]
21.02.06 - 02.05.06	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2555	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2646
			24,87	0,23	28,84	0,23		26,01	0,49	33,46	0,24	
			195a		195b		hm. úb. [g]	196a		196b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2608	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2594
32,90	0,17	44,37	0,04	33,00	0,19	30,89		0,16				
datum	exp.	voda	205a		205b		hm. úb. [g]	206a		206b		hm. úb. [g]
21.02.06 - 28.03.06	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1934	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1896
			23,71	0,25	27,95	0,26		37,97	0,42	42,19	0,68	
			207a		207b		hm. úb. [g]	208a		208b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2168	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1893
31,76	0,45	27,30	1,42	29,93	0,62	26,39		0,98				
datum	exp.	voda	201a		201b		hm. úb. [g]	202a		202b		hm. úb. [g]
21.02.06 - 02.05.06	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7426	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7564
			48,72	0,10	54,20	0,01		40,71	0,04	45,09	0,05	
			203a		203b		hm. úb. [g]	204a		204b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,8279	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,8548
48,02	0,04	51,04	0,05	38,77	0,06	39,80		0,06				
datum	exp.	voda	209a		209b		hm. úb. [g]	210a		210b		hm. úb. [g]
21.02.06 - 02.05.06	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2080	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2503
			36,80	0,22	35,35	0,18		30,90	0,03	33,03	0,28	
			211a		211b		hm. úb. [g]	212a		212b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2468	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2184
33,91	0,09	50,13	0,00	33,48	0,01	31,07		0,05				
datum	exp.	voda	221a		221b		hm. úb. [g]	222a		222b		hm. úb. [g]
02.05.06 - 06.06.06	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2399	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2270
			42,13	0,16	38,49	0,07		34,03	0,18	37,88	0,07	
			223a		223b		hm. úb. [g]	224a		224b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2304	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2229
35,22	0,06	30,93	0,02	48,94	0,05	44,48		0,02				
datum	exp.	voda	217a		217b		hm. úb. [g]	218a		218b		hm. úb. [g]
02.05.06 - 11.07.06	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6148	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6683
			44,22	0,12	36,99	0,15		41,84	0,06	41,17	0,04	
			219a		219b		hm. úb. [g]	220a		220b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7725	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7838
39,96	0,06	43,91	0,10	45,74	0,02	44,83		0,04				

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	229a		229b		hm. úb. [g]	230a		230b		hm. úb. [g]
02.05.06 - 06.06.06	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1542	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1700
			41,35	0,07	37,76	0,06		47,14	0,02	40,49	0,03	
			231a		231b		hm. úb. [g]	232a		232b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1505	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1261
53,91	0,04	52,69	0,00	36,18	0,12	45,19		0,06				
datum	exp.	voda	225a		225b		hm. úb. [g]	226a		226b		hm. úb. [g]
02.05.06 - 11.07.06	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6978	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7187
			50,63	0,03	43,81	0,03		36,37	0,33	40,02	0,00	
			227a		227b		hm. úb. [g]	228a		228b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7342	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7251
44,70	0,02	45,16	0,01	55,33	0,02	55,23		0,00				
datum	exp.	voda	233a		233b		hm. úb. [g]	234a		234b		hm. úb. [g]
02.05.06 - 06.06.06	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1895	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1671
			33,49	0,13	26,33	0,25		35,14	0,17	39,22	0,89	
			235a		235b		hm. úb. [g]	236a		236b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1647	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2050
41,59	0,17	42,12	0,07	35,91	0,21	42,12		0,07				
datum	exp.	voda	237a		237b		hm. úb. [g]	238a		238b		hm. úb. [g]
02.05.06 - 11.07.06	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1879	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1944
			43,28	0,56	41,37	0,17		34,04	0,72	41,76	0,19	
			239a		239b		hm. úb. [g]	240a		240b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1840	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2212
32,71	0,38	31,09	0,36	41,15	0,39	40,64		0,23				
datum	exp.	voda	241a		241b		hm. úb. [g]	242a		242b		hm. úb. [g]
11.07.06 - 19.09.06	70	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3792	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3531
			53,02	0,12	44,94	0,09		50,89	0,05	44,98	0,04	
			243a		243b		hm. úb. [g]	244a		244b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3548	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4002
49,74	0,25	44,13	0,12	50,56	0,09	54,53		0,29				
datum	exp.	voda	249a		249b		hm. úb. [g]	250a		250b		hm. úb. [g]
11.07.06 - 19.09.06	70	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,8973	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,8702
			53,43	0,02	53,51	0,01		57,67	0,00	51,88	0,01	
			251a		251b		hm. úb. [g]	252a		252b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,9343	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	1,0028
63,04	0,01	58,08	0,09	59,87	0,06	58,88		0,00				



*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	257a		257b		hm. úb. [g]	258a		258b		hm. úb. [g]
11.07.06 - 19.09.06	70	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2573	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2600
			46,39	0,12	39,05	0,83		41,57	0,31	39,80	0,20	
			259a		259b		hm. úb. [g]	260a		260b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2551	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3447
48,93	0,23	54,94	0,04	46,11	0,84	52,38		0,29				
datum	exp.	voda	269a		269b		hm. úb. [g]	270a		270b		hm. úb. [g]
19.09.06 - 24.10.06	35	S	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2439	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2404
			47,68	0,06	45,27	0,26		45,47	0,03	46,77	0,16	
			271a		271b		hm. úb. [g]	272a		272b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2456	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2597
45,53	0,03	46,61	0,03	53,29	0,02	47,37		0,12				
datum	exp.	voda	285a		285b		hm. úb. [g]	286a		286b		hm. úb. [g]
19.09.06 - 24.10.06	35	F	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4200	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4076
			39,10	0,63	40,65	0,12		34,80	0,14	36,83	0,06	
			287a		287b		hm. úb. [g]	288a		288b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4964	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5028
43,35	0,22	36,31	0,52	43,66	0,09	44,06		0,06				
datum	exp.	voda	281a		281b		hm. úb. [g]	282a		282b		hm. úb. [g]
19.09.06 - 24.10.06	35	U	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2044	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1604
			35,62	0,06	38,07	0,32		33,02	0,25	30,07	0,03	
			283a		283b		hm. úb. [g]	284a		284b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1781	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,1725
36,01	0,11	34,38	0,04	33,42	0,15	28,22		0,42				

## Příloha 10 Vyhodnocení plošné a důlkové koroze na VDJ Hodušín a VDJ Milevsko

Tabulka 46 Procentuální vyhodnocení plošné a bodové koroze na osazených kuponech na odtoku a v nádrži VDJ Hodušín a VDJ Milevsko

datum	exp.	voda	731a		731b		hm. úb. [g]	732a		732b		hm. úb. [g]
27.06.13 - 17.09.13	82	O	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5410	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4457
			43,29	3,52	86,35	4,86		17,68	0,46	48,06	2,38	
			733a		733b		hm. úb. [g]	734a		734b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5822	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5726
86,09	4,69	74,53	3,13	48,35	3,49	87,94		5,01				
datum	exp.	voda	735a		735b		hm. úb. [g]	736a		736b		hm. úb. [g]
27.06.13 - 01.08.13	35	O	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2152	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2147
			20,24	0,06	32,56	0,07		16,45	0,06	11,61	0,36	
			737a		737b		hm. úb. [g]	738a		738b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2362	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2369
16,27	0,51	18,43	0,21	15,19	0,42	18,49		0,38				
datum	exp.	voda	739a		739b		hm. úb. [g]	740a		740b		hm. úb. [g]
27.06.13 - 17.09.13	82	N	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5324	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4582
			57,26	0,26	64,38	0,22		72,18	0,17	52,13	0,16	
			741a		741b		hm. úb. [g]	742a		742b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5025	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5299
67,85	0,17	79,45	0,16	58,14	0,24	64,56		0,28				
datum	exp.	voda	743a		743b		hm. úb. [g]	744a		744b		hm. úb. [g]
27.06.13 - 01.08.13	35	N	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2545	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2539
			62,45	0,16	67,58	0,19		48,37	0,11	74,59	0,15	
			745a		745b		hm. úb. [g]	746a		746b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2369	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2470
53,73	0,32	52,68	0,26	26,90	0,07	28,21		0,10				
datum	exp.	voda	747a		747b		hm. úb. [g]	748a		748b		hm. úb. [g]
27.06.13 - 17.09.13	82	M	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5085	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3795
			59,37	0,17	36,06	0,16		51,66	0,07	38,46	0,09	
			749a		749b		hm. úb. [g]	750a		750b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4446	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4947
52,36	0,16	19,35	0,12	54,68	0,09	38,69		0,07				

**Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	751a		751b		hm. úb. [g]	752a		752b		hm. úb. [g]
27.06.13 - 01.08.13	35	M	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2572	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2542
			43,26	0,08	85,32	0,16		47,28	0,15	58,26	0,13	
			753a		753b		hm. úb. [g]	754a		754b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2460	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2259
78,65	0,06	48,86	0,06	36,79	0,13	46,58		0,11				
datum	exp.	voda	755a		755b		hm. úb. [g]	756a		756b		hm. úb. [g]
01.08.13 - 17.09.13	47	N	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3944	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3985
			54,69	0,08	68,56	0,24		52,06	0,07	71,26	0,11	
			757a		757b		hm. úb. [g]	758a		758b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3850	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3457
56,51	0,09	68,91	0,11	47,28	0,06	77,37		0,12				
datum	exp.	voda	759a		759b		hm. úb. [g]	760a		760b		hm. úb. [g]
01.08.13 - 17.09.13	47	O	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2662	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3371
			16,60	0,34	13,48	0,12		18,76	0,46	22,09	0,86	
			761a		761b		hm. úb. [g]	762a		762b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3079	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3375
15,76	0,84	18,49	0,92	21,63	1,13	29,35		2,35				
datum	exp.	voda	763a		763b		hm. úb. [g]	764a		764b		hm. úb. [g]
01.08.13 - 17.09.13	47	M	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3577	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2945
			52,19	0,08	31,81	0,03		34,27	0,16	29,56	0,16	
			765a		765b		hm. úb. [g]	766a		766b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,2507	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4112
38,70	0,13	16,41	0,15	95,66	0,12	52,36		0,07				
datum	exp.	voda	1a		1b		hm. úb. [g]	2a		2b		hm. úb. [g]
17.09.13 - 25.10.13	38	O	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4440	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5293
			59,24	0,14	57,16	0,10		62,49	0,17	46,59	0,16	
			3a		3b		hm. úb. [g]	4a		4b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3351	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3176
53,68	0,15	56,02	0,13	60,58	0,12	46,45		0,11				
datum	exp.	voda	5a		5b		hm. úb. [g]	6a		6b		hm. úb. [g]
17.09.13 - 02.12.13	76	O	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,9384	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7027
			16,59	0,08	46,33	0,12		57,59	0,08	69,07	0,15	
			7a		7b		hm. úb. [g]	8a		8b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,8684	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,7339
38,49	0,12	47,26	0,12	40,58	0,12	46,59		0,10				

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

datum	exp.	voda	9a		9b		hm. úb. [g]	10a		10b		hm. úb. [g]
17.09.13 - 02.12.13	76	N	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6080	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6024
			42,37	1,84	38,46	1,13		29,48	1,68	36,13	1,07	
			11a		11b		hm. úb. [g]	12a		12b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5923	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5903
			29,46	1,82	23,19	1,49		13,08	0,58	12,62	0,42	
datum	exp.	voda	13a		13b		hm. úb. [g]	14a		14b		hm. úb. [g]
17.09.13 - 25.10.13	38	N	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3711	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3050
			32,49	1,53	23,53	1,75		23,87	1,26	19,67	1,16	
			15a		15b		hm. úb. [g]	16a		16b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5260	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3582
			24,03	2,15	28,91	1,98		34,05	0,98	49,55	0,86	
datum	exp.	voda	17a		17b		hm. úb. [g]	18a		18b		hm. úb. [g]
17.09.13 - 25.10.13	38	M	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4379	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3408
			27,59	0,16	31,05	0,24		48,65	0,23	38,49	0,15	
			19a		19b		hm. úb. [g]	20a		20b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3806	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4213
			53,04	0,14	37,61	0,16		56,18	0,16	54,12	0,13	
datum	exp.	voda	21a		21b		hm. úb. [g]	22a		22b		hm. úb. [g]
17.09.13 - 02.12.13	76	M	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5231	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6677
			38,31	0,09	49,34	0,14		54,29	0,18	46,29	0,14	
			23a		23b		hm. úb. [g]	24a		24b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5562	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,6510
			26,49	0,11	30,56	0,14		35,62	0,24	47,29	0,28	
datum	exp.	voda	25a		25b		hm. úb. [g]	26a		26b		hm. úb. [g]
25.10.13 - 02.12.13	38	M	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4129	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4150
			43,27	0,06	62,68	0,09		68,37	0,13	41,56	0,17	
			27a		27b		hm. úb. [g]	28a		28b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4227	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3802
			53,12	0,21	41,94	0,16		51,67	0,09	48,35	0,10	
datum	exp.	voda	29a		29b		hm. úb. [g]	30a		30b		hm. úb. [g]
25.10.13 - 02.12.13	38	O	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4037	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4246
			22,39	0,26	24,52	0,16		26,77	0,13	58,36	0,14	
			31a		31b		hm. úb. [g]	32a		32b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4120	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4004
			16,22	0,06	19,67	0,11		34,06	0,21	42,15	0,18	

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

---

datum	exp.	voda	33a		33b		hm. úb. [g]	34a		34b		hm. úb. [g]
25.10.13 - 02.12.13	38	N	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4180	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,5061
			23,09	0,42	21,86	0,46		34,19	2,76	37,82	2,16	
			35a		35b		hm. úb. [g]	36a		36b		hm. úb. [g]
			P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,3812	P [%]	B [%]	P [%]	B [%]	0,4087
			32,27	1,05	24,73	1,38		17,46	0,48	16,74	0,52	

## Příloha 11 Vyhodnocení hmotností inkrustací

Tabulka 47 Vyhodnocení hmotnosti inkrustací zachycených na testovaných kuponech

Ozn.	Hmotnost před expozicí [g]	Hmotnost po expozici [g]		Hmotnost inkrustací zachycených na testovacích kuponech [g]	
		s inkrustací	bez inkrustace	m	
731	13,2858	13,4230	12,7448	0,6782	0,6491
732	13,5148	13,5451	13,0691	0,4760	
733	13,3874	13,5185	12,8052	0,7133	
734	13,3788	13,5352	12,8062	0,7290	
735	13,3921	13,3694	13,1769	0,1925	0,2054
736	13,3375	13,3272	13,1228	0,2044	
737	13,2685	13,2461	13,0323	0,2138	
738	13,5283	13,5022	13,2914	0,2108	
739	13,2988	13,7466	12,7664	0,9802	0,9039
740	13,4841	13,7709	13,0259	0,7450	
741	13,5287	13,9429	13,0262	0,9167	
742	13,5184	13,9621	12,9885	0,9736	
743	13,3014	13,2306	13,0469	0,1837	0,1808
744	13,3917	13,3271	13,1378	0,1893	
745	13,4382	13,3701	13,2013	0,1688	
746	13,2975	13,2318	13,0505	0,1813	
747	13,4132	13,8405	12,9047	0,9358	0,8019
748	13,3530	13,6063	12,9735	0,6328	
749	13,3287	13,6680	12,8841	0,7839	
750	13,2603	13,6205	12,7656	0,8549	
751	13,3055	13,3479	13,0483	0,2996	0,3179
752	13,3735	13,4828	13,1193	0,3635	
753	13,2472	13,3473	13,0012	0,3461	

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Ozn.	Hmotnost před expozicí [g]	Hmotnost po expozici [g]		Hmotnost inkrustací zachycených na testovacích kuponech [g]	
		s inkrustací	bez inkrustace	m	
<b>754</b>	13,3262	13,3628	13,1003	0,2625	
<b>755</b>	13,3152	13,5840	12,9208	0,6632	0,6762
<b>756</b>	13,3355	13,6316	12,9370	0,6946	
<b>757</b>	13,4061	13,7227	13,0211	0,7016	
<b>758</b>	13,4430	13,7426	13,0973	0,6453	
<b>759</b>	13,4660	13,3863	13,1998	0,1865	0,2923
<b>760</b>	13,4628	13,4762	13,1257	0,3505	
<b>761</b>	13,4723	13,4570	13,1644	0,2926	
<b>762</b>	13,6588	13,6607	13,3213	0,3394	
<b>763</b>	13,4514	13,7055	13,0937	0,6118	0,5411
<b>764</b>	13,4579	13,6643	13,1634	0,5009	
<b>765</b>	13,5305	13,7070	13,2798	0,4272	
<b>766</b>	13,1952	13,4085	12,7840	0,6245	
<b>1</b>	13,4286	13,5166	12,9846	0,5320	0,5768
<b>2</b>	13,5784	13,6208	13,0491	0,5717	
<b>3</b>	13,1985	13,4793	12,8634	0,6159	
<b>4</b>	13,2186	13,4886	12,9010	0,5876	
<b>5</b>	13,6958	13,6837	12,7574	0,9263	0,9298
<b>6</b>	13,4156	13,6464	12,7129	0,9335	
<b>7</b>	13,6296	13,7022	12,7612	0,9410	
<b>8</b>	13,4651	13,6497	12,7312	0,9185	
<b>9</b>	13,2954	13,2871	12,6874	0,5997	0,6334
<b>10</b>	13,1752	13,1894	12,5728	0,6166	
<b>11</b>	13,2141	13,2397	12,6218	0,6179	
<b>12</b>	13,2723	13,3813	12,6820	0,6993	

*Katedra zdravotního a ekologického inženýrství*  
**Koroze v distribučních systémech pitné vody**

Ozn.	Hmotnost před expozicí [g]	Hmotnost po expozici [g]		Hmotnost inkrustací zachycených na testovacích kuponech [g]	
		s inkrustací	bez inkrustace	m	
13	13,3684	13,4280	12,9973	0,4307	0,4384
14	13,2529	13,3315	12,9479	0,3836	
15	13,3905	13,3874	12,8645	0,5229	
16	13,3018	13,3601	12,9436	0,4165	
17	13,3846	13,5695	12,9467	0,6228	0,6020
18	13,2309	13,4524	12,8901	0,5623	
19	13,2058	13,3919	12,8252	0,5667	
20	13,4084	13,6432	12,9871	0,6561	
21	13,3715	13,4188	12,8484	0,5704	0,6423
22	13,5956	13,6286	12,9279	0,7007	
23	13,2307	13,2839	12,6745	0,6094	
24	13,4118	13,4496	12,7608	0,6888	
25	12,9872	13,2166	12,5743	0,6423	0,6139
26	13,1955	13,3911	12,7805	0,6106	
27	13,3527	13,5700	12,9300	0,6400	
28	13,2922	13,4748	12,9120	0,5628	
29	13,1383	13,3257	12,7346	0,5911	0,5988
30	13,2421	13,4537	12,8175	0,6362	
31	13,2920	13,4595	12,8800	0,5795	
32	13,2856	13,4737	12,8852	0,5885	
33	13,1759	13,1693	12,7579	0,4114	0,4125
34	13,0923	13,0931	12,5862	0,5069	
35	13,0590	13,0275	12,6778	0,3497	
36	12,9980	12,9712	12,5893	0,3819	