

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyziky

Kontinuální monitorovací systémy technologie úpravy pitné vody

Bakalářská práce

Autor: Jiří Šimerda
Studijní program: B1701 Fyzika
Vedoucí práce: Ing. Lidmila Hyšplerová, CSc.
Odborní konzultanti: Ing. Pavel Král, PhD.
Mgr. Jan Loskot
Oponent: Ing. Karel Radocha, PhD.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval pod vedením vedoucí práce samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

.....

Jiří Šimerda

Poděkování:

Děkuji Ing. L. Hyšplerové, CSc. za vedení mé bakalářské práce a zadání zajímavého tématu. Můj dík patří také panu Ing. Pavlu Královi, PhD. za mimořádnou vstřícnost při mých konzultacích v KHP a poskytnutí materiálů a Mgr. Janu Loskotovi za rady a technickou pomoc v závěru mé práce.

Anotace

ŠIMERDA, Jiří: *Kontinuální monitorovací systémy technologie úpravy pitné vody*. Hradec Králové: Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové, 2016. Bakalářská práce, 57 s.

V teoretické části jsou popsány principy technologie úpravy pitných vod a funkce přístrojů pro kontinuální měření pH, koncentrace kyslíku, konduktivity, oxidačně-redukčního potenciálu a celkové koncentrace organických látek (UV, IČ).

V praktické části jsou uvedeny typy senzorů používané na Úpravě vody v Hradci Králové s ukázkou kontinuálních měření. Je zde popsán princip architektury hardwaru přenosového systému a znázorněno úrovňové schéma technologické informační sítě.

Práce bude použita jako pomocný učební text pro studenty bakalářského studijního programu "Fyzikální měření a výpočetní technika" pro jejich exkurze a odborné praxe.

Klíčová slova: Technologie úpravy pitných vod, senzory, kontinuální měření

Annotation

ŠIMERDA, Jiří: *Continual monitoring system of drinking water treatment technology*. Hradec Králové: Faculty of Science, University of Hradec Králové, 2016. Bachelor Thesis. 57 p.

In the theoretical part principles of drinking water treatment technologies and instruments for continuous measurement of pH, oxygen concentration, conductivity, redox potential and total concentration of organic compounds (UV, IR) are described.

In the practical part types of sensors used for drinking water treatment plant in Hradec Kralove are introduced and methods of continuous measurements are demonstrated. The principles of hardware architecture of the transmission system are described and the level diagram of the technological information network is visualized in this part. This thesis will be used as an auxiliary textbook for students of bachelor study program "Physical-Technical Measurements and Computer Technology" for their excursions and professional practices.

Keywords: drinking water treatment technology, sensors, continuous measurement

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Teoretická část	4
2.1	Technologie úpravy podzemních vod na vodu pitnou.....	4
2.1.1	Principy měřicí přístrojové techniky	7
2.2	Technologie úpravy povrchových vod na vodu pitnou	7
2.2.1	Čiření vody	8
2.2.2	Pomalá filtrace.....	10
2.2.3	Flotace	10
2.2.4	Rychlofiltrace	12
2.2.5	Dezinfekce vody.....	13
2.3	Měřené parametry při úpravě vody na vodu pitnou.....	13
2.4	Měřicí sestavy.....	20
2.5	Výrobci online měřicí techniky pro vodárenství	21
3	Praktická část	23
3.1	Úpravna povrchové vody v Hradci Králové	23
3.1.1	Online měřicí technika úpravny pitných vod	29
3.1.2	Ukázka kontinuálních měření na úpravně povrchové vody	40
3.1.3	Řídicí systém úpravny povrchové vody	52
4	Diskuze a závěry	55
	Použitá literatura	56

1 Úvod

Pitnou vodou je podle zákona o ochraně veřejného zdraví zdravotně nezávadná voda, jejíž nezávadnost je dána hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních a chemických ukazatelů. Požadavky na kvalitu pitné vody dodávané veřejnými vodovody jsou v České republice zajištěny od roku 2000 vyhláškou Ministerstva zdravotnictví. Aktuálně platná je vyhláška č. 252/2004. Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Požadavky definované vyhláškou vycházejí v zásadě z evropské Směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu. Vyhláškou je rovněž stanoven rozsah, četnost a způsob kontroly pitné vody. Četnost odebraných a analyzovaných vzorků je závislá na počtu obyvatel a objemu rozváděné vody v zásobované oblasti. Je stanoven počet vzorků pro **krácený a úplný rozbor**. Každoroční zprávu o kvalitě pitných vod přináší Státní zdravotní ústav v rámci monitorování kvality pitné vody. V systému jsou zahrnuty prakticky všechny veřejné vodovody ČR.

Voda je získávána z přírodních zdrojů a velmi často svými vlastnostmi fyzikálními, chemickými a biologickými neodpovídá potřebám a požadavkům jednotlivých spotřebitelů.

Úprava vody je soubor technologických procesů, kterými se mění vlastnosti vody na úroveň požadovanou spotřebitelem. Kvalita vody musí vyhovovat především způsobu použití. Z tohoto hlediska lze vodu rozdělit na **vodu pitnou, užitkovou a provozní**. Všechny tyto druhy vod musí splňovat určité požadavky dané platnými normami.

Jakost upravené pitné vody závisí do značné míry na kvalitě vody ze zdroje, která se však v průběhu roku mění v závislosti na ročním období a meteorologických a hydrologických podmínkách. Proto musí být technologické zařízení úpravny uspořádáno tak, aby upravovalo vodu v požadované kvalitě za **nejméně** vhodných podmínek. Limitujícím faktorem pro způsob úpravy podzemních vod je zpravidla koncentrace železa, manganu a volné kyseliny uhličitě. Při úpravě povrchových vod je z technologického hlediska důležité především množství zákalotvorných a barvotvorných látek anorganického i organického původu.

Pro dosažení požadované jakosti vody se používá celá řada technologických procesů, které je možné dělit dle různých hledisek a kritérií. Nejpoužívanější dělení je

na procesy fyzikální, chemické a biologické. Fyzikálními procesy se z vody odstraňují převážně suspendované látky a rozpuštěné plyny. Chemickými procesy se voda upravuje k dalšímu odstraňování nežádoucích látek a ke zdravotnímu zabezpečení vody. Biologické procesy využívají pro úpravu vody funkce některých kmenů bakterií.

Voda, která se používá k pitným účelům, musí splňovat kvalitativní kritéria Vyhlášky č. 252/2004 Sb. V této vyhlášce jsou pro stanovení hygienických limitů vymezeny následující pojmy:

Mezní hodnota (MH) – hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejích přirozených součástí nebo provozních parametrů, jejíž překročení obvykle nepředstavuje zdravotní riziko. Pokud není uvedeno jinak, představuje mezní hodnota horní hranici rozmezí přípustných hodnot.

Nejvyšší mezní hodnota (NMH) – hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody. Pokud je tato hodnota překročena, je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví jinak.

Základní podklady pro stanovení cílového stavu jakosti jsou zejména: **legislativní dokumenty, místní požadavky na jakost vody mezinárodní standardy a požadavky.**

Na základě uvedených podkladů je třeba provést zhodnocení jakosti ve sledovaných vodních útvarech, popřípadě jejich částech z hlediska splnění příslušných požadavků v jednotlivých vybraných ukazatelích jakosti vody dle ČSN 75 7221.

Pro jednotlivé vodní útvary a jejich části je třeba následně specifikovat v příslušných ukazatelích mezní cílové hodnoty koncentrace popřípadě hmotnostního průtoku, které odpovídají požadovaným cílovým stavům jakosti vody v těchto vodních útvarech.[6]

Základními legislativními podklady jsou zejména:

- Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon 17/1992 Sb. o životním prostředí
- Zákon ČNR 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny
- Nařízení vlády ČR 82/1999 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod
- Zákon 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- Vyhláška MŽP 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů

- Vyhláška č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů „Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody“. [1]

Kromě základních obecně závazných imisních limitů (nařízení vlády 82/1999 Sb.) pro vodárenské a ostatní toky je třeba přihlídnout také k místním specifickým požadavkům na jakost vody vyplývajícím z vyhodnocení skutečných nároků na její využití v současnosti i v budoucnu.

Nezbytnou součástí začleňování České republiky do evropských struktur je zohledňování předpisů a směrnic přijatých v rámci EU při koncepčních úvahách o jakosti našich povrchových a podzemních vod. Přístup EU k ochraně vod je obsažen ve „Zprávě komise koncilu a Evropského parlamentu Zásady Evropského společenství pro hospodaření s vodou“. [6]

Úkolem této bakalářské práce je v teoretické části práce popsat principy technologie úpravy pitných vod a funkce přístrojů pro kontinuální měření pH, koncentrace kyslíku, konduktivity, oxidačně-redukčního potenciálu a celkové koncentrace organických látek (UV, IČ).

V praktické části jsou popsány typy senzorů používané na Úpravě vody v Hradci Králové a uvedeny ukázky kontinuálních měření. Současně je připojen také popis principu architektury hardwaru přenosového systému a znázorněno schéma technologické informační sítě.

Bakalářská práce si klade za cíl sloužit jako pomocný učební text pro studenty bakalářského studijního programu "Fyzikální měření a výpočetní technika" pro jejich exkurze a odborné praxe na Úpravě vody v Hradci Králové.

2 Teoretická část

2.1 Technologie úpravy podzemních vod na vodu pitnou

Podzemní vodou je voda v kapalném skupenství, jež se nachází pod zemským povrchem. Tato voda vyplňuje dutiny zvodněných hornin. Podzemní voda se dělí na vodu průlinovou, tj. vodu, která vyplňuje póry hornin s přímou propustností, jako jsou písky, náplavy a erozní horniny, a na vodu puklinovou, která protéká v puklinách nepropustného podloží (horniny s nepřímou propustností – vyvěřelé horniny).

Podzemní vody, ve srovnání s povrchovými, se vyznačují vyšším obsahem minerálních látek a menší proměnlivostí fyzikálně chemických parametrů. Tyto vody mají stálou teplotu, nízký nebo nulový obsah kyslíku, velké koncentrace oxidu uhličitého a zvýšenou koncentraci železa a taktéž manganu. Mikrobiologické oživení a koncentrace organických látek bývají minimální.

Chemické složení podzemních vod je především závislé na okolním prostředí a vlastnostech hornin, s nimiž jsou vody ve styku. Toto prostředí je formováno vlivy probíhajících fyzikálních, chemických a biologických procesů. Tyto procesy jsou vyluhování a rozpouštění minerálních a organických složek půd a hornin, vylučování nerozpustných sraženin ze složek vody, absorpce, desorpce, iontová výměna, aerobní nebo anaerobní odbourávání organických látek. V posledních desítkách let se do popředí dostávají též vlivy antropogenní.

Podle jakosti se rozdělují podzemní vody na **vhodné pro vodárenské využití** a na vody nevhodné. Pro vodárenské účely se využívají ty vody, jejichž chemické složení co nejvíce odpovídá vyhlášce č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů „Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.“ Speciálním případem podpovrchových vod jsou vody minerální. Minerální vody mají celkovou mineralizaci větší než 1 g l^{-1} nebo koncentraci rozpuštěného oxidu uhličitého větší než 1 g l^{-1} .

Oproti povrchovým vodám neobsahují nekontaminované podzemní vody organické znečištění, zato v některých případech obsahují minerální sloučeniny, které je nutno odstranit pro jejich korozivní účinek na materiál rozvodné vodovodní sítě CO_2 , nebo naopak pro nebezpečí jejího zanášení, také z důvodu dosažení lepší kvality pro

pitné účely (Fe, Mn). Technologické procesy pro odstranění těchto nežádoucích složek jsou odkyselování, odželezování a odmanganování. [8]

Oxid uhličitý

V chemii vody má velký význam oxid uhličitý a jeho formy. Oxid uhličitý se ve vodě dobře rozpouští, při 10 °C a 100 kPa má rozpustnost 2360 mg.l⁻¹.

Jednotlivé formy oxidu uhličitého, volného CO₂ a vázaného HCO₃⁻ a CO₃²⁻, jsou závislé na koncentraci vodíkových iontů, tudíž na pH roztoku. V intervalu pH od 4,5 do 8,3, ve kterém se nachází většina přírodních vod, existují vedle sebe CO₂ a HCO₃⁻. Při pH = 8,3 je téměř jedinou formou HCO₃⁻. Nad pH 8,3 existuje rovnováha mezi HCO₃⁻ a CO₃²⁻, a pokud překročí pH 10, musí se již předpokládat nezanedbatelnou koncentrace OH⁻.

Odkyselování

Odkyselování vod je technologický proces, při kterém se z vody odstraňuje agresivní oxid uhličitý. Odstraňování agresivního oxidu uhličitého se provádí z kromě již zmíněných důvodů – korozivních účinků na kovové a betonové konstrukce, také z důvodů hygienických. Agresivní vody rozpouštějí železo, měď, zinek a olovo ve vodovodním potrubí a ty pak mohou být sekundární příčinou různých zdravotních potíží. [2]

Rozlišují se dvě hlavní kategorie technologií odkyselování vod.

Mechanické způsoby:

- odstranění agresivního CO₂ provzdušňováním,
- rozstřík vody – rozprašovací trysky, sprchy, kaskády, skrápění síta,
- vhánění vzduchu do vody za současného odvětrávání uvolněného CO₂ – provzdušňovací rošty, hladinové provzdušňovače Kessener.

Chemické technologie, kdy dochází ke změně iontového složení:

- v kapalně fázi – dávkování vápna – vápenné mléko
- v pevné fázi – filtrace vody přes odkyselovací materiály – mramor, dolomit.

Železo ve vodách

Ve vodách se železo vyskytuje ve sloučeninách železnatých nebo železitých. Jednoduché rozpustné anorganické soli se štěpí za uvolňování iontů železnatých Fe²⁺ respektive železitých Fe³⁺. Ionty hydrolyzují v závislosti na pH. Tvoří se hydroxidy, které jsou ve vodě poměrně málo rozpustné.

Rozpustnost železnatých solí ovlivňuje přítomnost některé z forem CO_2 , např. hydrogenuhličitanů, se kterými Fe^{2+} reaguje ve vodě o pH do přibližně 11 za vzniku FeCO_3 .

Vedle jednoduchých sloučenin tvoří železo i sloučeniny komplexní.

Odželezovací postupy lze rozdělit na čtyři typy, oxidační – chemické nebo biochemické, koagulaci a pomocí iontoměničů.

Princip oxidačního postupu je oxidace Fe^{2+} na Fe^{3+} a následující hydrolyza železité soli na málo rozpustný hydroxid železitý, který se odstraní filtrací.

Oxidace jinými oxidovadly se provádí nejčastěji chlorem.

Používá se tam, kde je železo vázáno do komplexů s organickými látkami, které jsou chlorem rozložitelné. Dávkování chloru je řízeno hodnotou chemické spotřeby kyslíku nebo barvou vody. V přítomnosti organických látek je možné použít pro odželezování ozon. Při odstranění železa biologickým způsobem je využito schopnosti železitých bakterií oxidovat Fe^{2+} v přítomnosti vzdušného O_2 na Fe^{3+} . Fe^{3+} se poté hydrolyzuje na $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Biologická oxidace probíhá i za podmínek, při nichž chemická oxidace neprobíhá, a to při koncentraci kyslíku 0,2 až 0,5 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, pH = 6,3.

Odstraňování železa se může provádět i za pomoci i na iontoměničích.

Mangan ve vodách

Sloučeniny manganu, které jsou obsaženy ve vodách, se vyskytují v oxidačním stupni II, III a IV. Manganaté sloučeniny jsou stálé v kyselém a neutrálním prostředí, v rozpuštěném stavu disociují na Mn^{2+} . Nerozpustný hydroxid manganatý se vylučuje až při vysokém pH. Když je pH nižší a je přítomen HCO_3^- nebo CO_3^{2-} , vylučuje se opět nerozpustný uhličitan manganatý.

Postupy odmanganování se rozdělují na oxidační a pomocí iontoměničů. Principem oxidačních postupů je oxidace Mn^{2+} na Mn^{3+} , respektive Mn^{4+} . Po oxidaci následuje hydrolyza vzniklých iontů na málo rozpustné hydroxidy, popřípadě hydratované oxidy. Jako oxidovadlo se používá vzdušný kyslík nebo jiná, silnější oxidační látka.

V praxi se provádí odmanganování v koloně s pískovou náplní. Tato náplň tvoří nosič pro MnO_2 , který se vyloučí na povrchu pískových zrn.

Náplně do filtrů pro odmanganování a současně i pro odželezování bývají také dodávány, například pod názvem Fermago [6], [7].

2.1.1 Principy měřicí přístrojové techniky

Monitorování kvality podzemní vody zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ) ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským. Údaje ze Státní sítě sledování jakosti podzemních vod jsou součástí systému Ministerstva životního prostředí ČR Komplexní monitoring jakosti vod.[4]

Pozorovací síť podzemních vod tvoří prameny a vrty. Ve většině vrtů se měří hladina podzemní vody v poříčních zónách a terasách. V části vrtů pozorovací sítě se sleduje hlubší zvodní. Měří se hloubka hladiny a teplota vody. Vrty hlásné sítě, z nichž se data využívají pro operativní účely v hydroprognózní službě, jsou všechny osazeny přístroji s dálkovým přenosem, proto lze sledovat parametry více vrtů z jednoho místa.

Měření teploty vody se provádí kontinuálním měřením pomocí automatického teplotního čidla.

2.2 Technologie úpravy povrchových vod na vodu pitnou

Technické řešení technologie úpravy vody závisí na jakosti a množství upravované vody. Příloha č. 13 vyhlášky 120/2011 Sb. uvádí ukazatele jakosti surové povrchové i podzemní vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou. Kategorie jakosti surové vody a tomu odpovídající možné úpravy jsou následující [1]:

A1 – Úprava surové vody s koncovou dezinfekcí pro odstranění sloučenin a prvků, které mohou mít vliv na její další použití a to zvláště snížení agresivity vůči materiálům rozvodného systému včetně domovních instalací (chemické nebo mechanické odkyselení), dále odstranění pachu a plynných složek provzdušňováním.

A2 – Surová voda vyžaduje jednodušší úpravu, např. koagulační filtraci, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody.

A3 – Úprava surové vody vyžaduje dvou či vícestupňovou úpravu čiřením, oxidací, odželezňováním a odmanganováním s koncovou dezinfekcí popř. jejich kombinaci. Mezi další vhodné procesy se řadí např. využívání ozonu, aktivního uhlí, pomocných flokulantů, flotace. Ekonomicky náročnější postupy technicky zdůvodněné (např. sorpce na speciálních materiálech, iontová výměna, membránové postupy) se použijí mimořádně.

Pokud surová voda vykazuje vyšší koncentrace, než jsou uvedeny pro kategorii A3, pak podle § 13 odst. 2 zákona č. 274/2001 Sb. lze vodu této jakosti výjimečně odebírat pro výrobu pitné vody s udělením výjimky příslušným krajským úřadem. Pro úpravu na vodu pitnou se musí použít technologicky náročné postupy spočívající v kombinaci typů úprav uvedených pro kategorii A3, přičemž je nutné zajistit kvalitu vyráběné pitné vody podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. Přednostním řešením v těchto případech je však eliminace příčin znečištění anebo vyhledání nového zdroje vody[3].

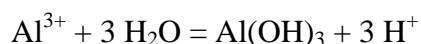
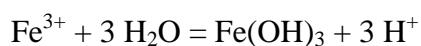
2.2.1 Čiření vody

Čiření je základním technologickým procesem při úpravě povrchových vod na vodu pitnou. Od 50. let minulého století jsou běžnou součástí vodárenských technologií čířiče. Po stránce hydraulické rozeznáváme čtyři druhy čířičů, a to s hydraulickým vznosem vločkového mraku, s mechanickým vznosem vločkového mraku, s cirkulací kalu a s periodicky se měnícím průtokem. Všechny tyto čířiče pracují s vločkovým mrakem, což je vznášená vrstva vločkovitých částic, které vznikly chemickým srážením. Rozdíl je pouze v tom, že u některých čířičů je vločkovací prostor součástí čířiče (spolu s prostorem čířicím a zahušťovacím), zatímco u jiných typů čířičů (např. galeriové čířiče) se musí vločkování provádět v předřazených nádržích. V takovém případě se inovace omezují na zlepšení hydrauliky pro lepší stabilizaci vločkového mraku.

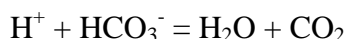
Při **čiření vody** se využívá dávkování solí hliníku nebo železa do vody, přičemž se tvoří ve vodě téměř nerozpustný hydroxid hlinitý nebo železitý. Částice těchto hydroxidů se shlukují do hrubé disperze, přičemž do sebe strhávají, nebo na svém povrchu absorbují látky obsažené ve vodě. Nejvíce jde o částice koloidních rozměrů a větší, ale i některé látky rozpuštěné. Hydroxidy a s nimi látky v nich zachycené se oddělí od vody usazováním a filtrací. Proces agregace se nazývá **koagulace**, zbavení vody agregovaných suspendovaných částí čiřením. V praxi se často oba procesy nazývají jedním z obou názvů.

Chemická podstata čířicích procesů

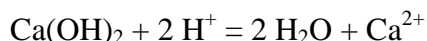
Dávkováním solí hliníku nebo železa do vody v průběhu čiření a jejich hydrolyzou vznikají hydroxidy podle rovnic:



Ionty vodíku, které se uvolní, díky těmto reakcím reagují s HCO_3^- obsaženým ve vodě:



Čím větší je dávka koagulátu, tím více iontů H^+ vznikne, a tím větší koncentrace HCO_3^- bude třeba k jejich neutralizaci, Pokud je koncentrace HCO_3^- příliš nízká nebo dávky koagulátu příliš vysoké, použije se k neutralizaci uvolněných H^+ iontů hydroxid vápenatý:



Hydroxid vápenatý váže CO_2 vzniklý podle rovnice:



Jako koagulanty se používají:

Síran hlinitý $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Jedná se o technický produkt, který je agresivní vůči betonu a kovům. Z tohoto důvodu musí být nádrže pro jeho skladování opatřeny ochrannými povlaky.

Hlinitan sodný bezvodý $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$. Roztok reaguje alkalicky, využívá se v kombinaci se síranem hlinitým.

Polyaluminiumchlorid – PAC je částečně neutralizovaný AlCl_3 . Komplexní polymer obsahuje ionty OH^- , Cl^- a SO_4^{2-} vázané na hliníkové atomy a tvořící s nimi makromolekulu. Složení této makromolekuly není jednotné, závisí totiž na podmínkách přípravy. Používání PAC má některé přednosti před síranem hlinitým, poněvadž je sloučeninou, která se při použití hlinité soli teprve tvoří jako mezistupeň koagulace. Optimální dávka při použití je poněkud širší. Koagulace probíhá lépe i při nižších teplotách a v některých případech lze dosáhnout nižší zbytkové koncentrace Al v čířené vodě.

Síran železitý $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ je dodáváný ve formě roztoku pod názvem Ferrifloc, je nejčastěji používanou solí železa.

Chlorid železitý jeho používání je méně časté. Bezvodý FeCl_3 není navlhavý oproti hydratované soli $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, která je silně hygroskopická.

Rozpustnost uvedených koagulátů ve vodě je velice dobrá. Jsou dávkovány ve formě vodných roztoků nebo pomocí suchých dávkovačů v tuhém stavu.

2.2.2 Pomalá filtrace

Anglická neboli **pomalá filtrace** je nejstarší typ filtrace. První pomalé filtry byly navrženy v roce 1829 v Anglii. Jsou používány ve vodárenské praxi hlavně při čištění surové vody. Zpočátku se používala jen pro odstranění zákalu, později bylo zjištěno, že významně snižuje počet bakterií ve vodě. Jde o spojení filtrace a biologických procesů, ve kterých se uplatňují aerobní mikroorganismy. Na biologickou blánu filtru se z vody adsorbují koloidní a suspendované částice. Při tomto procesu se uplatňuje zároveň s filtračním účinkem také především účinek biologického oživení náplně. Jedná se tedy v první řadě o proces biologický, podmíněný činností aerobních mikroorganismů. Tyto organizmy na filtrační pískové náplni vytvářejí biologickou blánu, která poté působí i jako filtrační prostředí. Na tuto biologickou blánu se absorbují látky a to především koloidní a suspendované. První pomalé filtry byly navrženy v roce 1829 v Anglii. Úprava vody pomalou (biologickou) filtrací je analogií čistících procesů povrchových vod v přírodě.

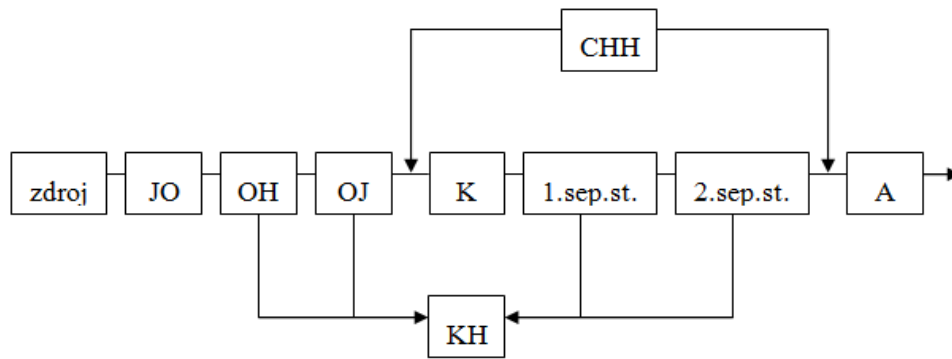
Pomalé biologické filtry neboli anglické se skládají z filtrační vrstvy, která je vysoká 100 až 120 centimetrů, vytvořené pískem o velikosti zrn 0,4 až 0,7 milimetrů. Podkladní vrstvy mívají výšku 40 až 60 centimetrů. Tato vrstva je tvořena plynulým přechodem zrn od průměru 1 milimetr až k zrnům o průměru 30 milimetrů, které jsou na dně filtru, kde je umístěn drenážní systém odvádějící profiltrovanou vodu. Výška vody nad náplní bývá od 50 do 150 centimetrů.

Biologická blána, která je silně oživena mikroorganismy, se vytváří na povrchu jemného písku do hloubky až dvou centimetrů. Růstem těchto mikroorganismů se zvyšuje odpor prostupnosti celého filtru. Z tohoto důvodu je nutné provádět regeneraci, a to tím způsobem, že se sejme vrchní vrstva písku do hloubky až 3 centimetrů a nakypří nový povrch. Doba zapracování i doba pracovního cyklu závisí na teplotě vody. Po několika cyklech se musí písek doplňovat.

2.2.3 Flotace

Zhruba od šedesátých let 20. století je jako první separační stupeň v rámci dvoustupňové úpravy vody zařazována flotace.

Blokové schéma úpravy vody dvoustupňovou separací při odběru vody z povrchového zdroje je znázorněno na Obr. 1.

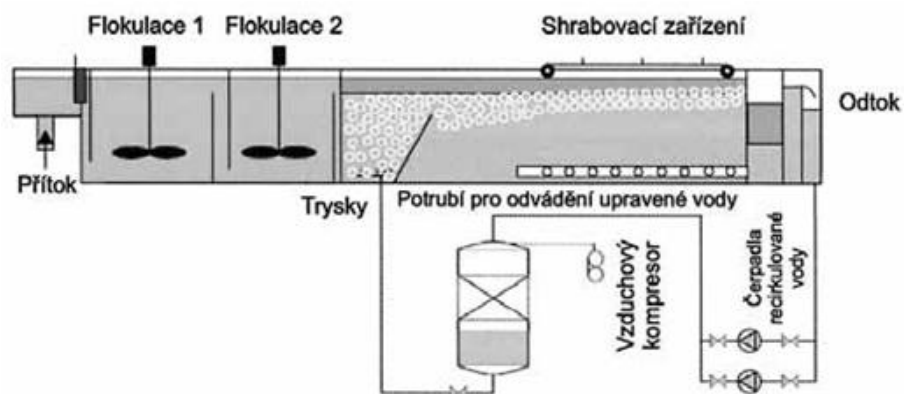


Obr. 1: Blokové schéma úpravy vody dvoustupňovou separací [4].

JO - jímací objekt, OH - odlučovač hrubý, OJ - odlučovač jemný, K – koagulace, flokulace, A - akumulace, CHH - chemické hospodářství, KH - kalové hospodářství¹

Podstatou **flotace** je separace tuhých nebo kapalných částic z vody, která se provádí zavedením jemných vzduchových bublin do vody. Bubliny přilnou k jednotlivým částicím, čímž vytváří aglomeráty bublina - částice s hustotou nižší než voda. Vztlaková síla takto vzniklých aglomerátů je dostatečně velká, aby způsobila stoupání částice k hladině. Částice jsou pak z hladiny odstraňovány sběrným zařízením jako plovoucí kal.

K docílení kvalitního flotačního účinku je třeba dobrá předcházející flokulace, proto se kompaktní flotační jednotka skládá ze dvou částí – flokulační (předúprava vody) a flotační. Schéma klasického uspořádání zařízení flotace je znázorněno na Obr. 2.



Obr. 2: Schéma [5]. klasického uspořádání flotace²

¹ Zdroj: ASIO, spol. s r. o.: Tradiční a nové technologie úpravy vody. <http://www.asio.cz/cz/173.tradicni-a-nove-technologie-upravy-vody>

² Zdroj: ASIO, spol. s r. o.: Tradiční a nové technologie úpravy vody. <http://www.asio.cz/cz/173.tradicni-a-nove-technologie-upravy-vody>

Při úpravě surové vody na pitnou se používá výhradně tlaková flotace rozpuštěným vzduchem DAF (*Dissolved Air Flotation*), která se používá hlavně jako první separační stupeň u povrchových vod s bohatým výskytem řas, dále u vod silně zbarvených a u vod s nízkým obsahem zákalotvorných látek [4]

Oproti sedimentaci a číření má flotace výhodu, že je účinnější pro separaci malých částic velikosti desítek μm , které prakticky nesedimentují a jsou zpravidla zachytávány až na pískových filtrech. Vyšší separační účinnost flotace se pak pozitivně projevuje na provozu následného separačního stupně. V případě filtrace je dosahováno delších filtračních cyklů a je možné pracovat s vyššími filtračními rychlostmi.

Další výhodou flotace je vysoká účinnost odstranění především organických látek, zákalu, barvy a velmi vysoká účinnost odstranění biologických látek. Ve světě je proto flotace navrhována i na úpravu silně eutrofizovaných vod, kde jiné separační procesy selhávají.

Elektroflotace se v mnohém podobá flotaci vzduchem. Základním rozdílem je však tvorba plynových bublin pomocí elektrolýzy. Zařízení se skládá ze dvou částí, z nichž první je flotační jednotka, která obsahuje požadovaný systém elektrod. Druhou část tvoří soubor transformátor-rectifikátor sloužící k napájení elektrod stejnosměrným proudem o nízkém napětí. Stejně jako u flotace rozpuštěným vzduchem jsou produkovány bubliny velice jemné o velikosti $5\text{--}7 \cdot 10^{-5}$ m a tvoří je molekuly vodíku a kyslíku (elektrolýza vody). Elektroflotace může být protiproudá nebo souproudá, a to dle směru toku vody k elektrodám. Tento druh flotace byl úspěšně zkoušen v procesu čištění odpadních vod při zahušťování kalů.

2.2.4 Rychlofiltrace

Převážná většina současných rychlofiltrů je konstrukcí založena na stejném principu. Od pomalých filtrů se rychlofiltry liší vyšší filtrační rychlostí, hrubší zrnitostí náplně a menší potřebnou plochou.

Základními funkčními prvky otevřeného rychlofiltru jsou filtrační nádrž, strojně technologické vybavení a zařízení pro kontrolu provozu. Jako náplň filtrů se používá nejčastěji křemičitý písek.

Co se týká inovací otevřených rychlofiltrů, tak pokud jsou nádrže v dobrém stavebním stavu, je jednoduchou inovací zavedení vícevrstvé filtrace, která zvýší kalovou kapacitu filtru a prodlouží filtrační cyklus. Vrstev může být více, ale již dvě vrstvy významně zlepšují funkci filtru. V úvahu přichází rovněž zavedení jiného

materiálu do filtrační náplně než je klasický křemičitý písek. Lze využít antracit, který se hodí jako horní vrstva nebo zvážit použití zrněného aktivního uhlí, které má kromě filtračního i sorpční účinek. Provoz filtru s aktivním uhlím je však výrazně dražší, neboť po poklesu sorpčního efektu je třeba náplň vyměnit, k čemuž dochází v závislosti na kvalitě filtrované vody po několika letech. Přesto je filtrace přes aktivní uhlí oblíbená, protože dokáže snížit koncentrace i těch druhů znečištění, které projdou klasickým filtrem.

2.2.5 Dezinfekce vody

Dezinfekce vody je proces, při kterém se separují nebo zahubí patogenní mikroorganismy a viry ve vodách. Ve většině případů jsou tzv. „nemoci z vody“ způsobované mikrobakteriálním znečištěním, v malé míře viry a chemickými polutanty, které se ale projevují až po dlouhé době expozice, tj. pití závadné vody.

Nejpoužívanější způsob **dezinfekce vody je dávkování chemických látek** na bázi chloru (chlornan sodný (NaClO), chloramin atd.), **ultrafialovým zářením** (UV lampa) nebo **ozonizací**. Bakterie se ve vodě zahubí také **elektrolýzou** (při elektrokoagulaci) nebo **převařením** vody.

Ozon (O₃), se připravuje z kyslíku elektrickým výbojem při vysokém napětí. Velmi snadno se rozkládá za vzniku tzv. kyslíku ve stavu zrodu, který má značnou oxidační účinnost, využitelnou k dezinfekci, zlepšení sensorických vlastností, odbarvování, odželeznění nebo odmanganování vod a k oxidaci některých toxických a radioaktivních látek ve vodách.

Pro některé typy vod je důležité použít k likvidaci nebo inaktivaci nežádoucích látek **chemickou oxidaci** (redukce se používá méně často, vody obsahují velmi zřídka znečišťující látky ve vyšším oxidačním stupni). Provádí se **oxidace vzduchem**, kyslíkem, **ozonem a chlorem** a jeho sloučeninami [5].

2.3 Měřené parametry při úpravě vody na vodu pitnou

Hodnota pH (záporná hodnota dekadického logaritmu číselné hodnoty aktivity vodíkových iontů) patří k základním parametrům při monitoringu povrchových vod. Určuje chování mikrobiologických a rybochovných systémů.

pH pitné vody nemá přímý vliv na zdraví. Avšak je velmi důležitým provozním parametrem. Ovlivňuje funkci mnoha chemických, fyzikálně-chemických

a biologických procesů při úpravě vody. Má vliv na korozivitu vody a účinnost dezinfekce. V pitné vodě je pH uváděno v rozmezích mezních hodnot od 6,5 do 9,5. Nižší hodnoty bývají typické pro měkké a málo mineralizované vody. Vyšší hodnoty pH mohou být výsledkem přírodních nebo umělých způsobů ztvrdování vody. [5]

Hodnota pH je základním fyzikálně-chemickým parametrem sledovaným v průběhu úpravy pitné vody, např. při odstraňování železa a manganu alkalizací. Je možné využít vestavěný regulátor, který automaticky udržuje hodnotu pH tím, že ovládá šnekový dávkovač $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Důležité je rovněž měření pH upravené vody na výstupu z úpravní. Pro měření se téměř výhradně používají průmyslové skleněné elektrody se zvýšenou mechanickou odolností, stabilitou a životností, s automatickým čištěním.

Potenciometrie

Potenciometrické měření pH je založeno na měření rovnovážného elektromotorického napětí galvanického článku tvořeného dvěma elektrodami ponořenými do měřeného roztoku. Jedna elektroda je srovnávací – referentní – Ag/AgCl se známým konstantním elektrodovým potenciálem. Druhá elektroda je indikační, jejíž potenciál je funkcí aktivity vodíkových iontů, závisí tedy na pH.

Měření se liší umístěním elektrod ve výrobě – ponoření do volné hladiny, zapojení v by-passu, inline – přímo v trubce – v pitné vodě.

Redox potenciál (oxidačně-redukční potenciál, elektrodový potenciál) vyjadřuje míru schopnosti redox systému převést jednoho z reakčních partnerů do oxidovaného stavu. Redoxní potenciál se měří jako elektrické napětí inertní elektrody ponořené do roztoku systému proti srovnávací elektrodě se známým potenciálem.

Oxidačně redukční potenciál může mít jak kladnou, tak zápornou hodnotu. Vyjadřujeme ho v milivoltech. V přírodě ve vodě se hodnota ORP pohybuje v rozsahu od -300 mV do +600 mV. Redoxní reakce jsou hlavními procesy, které zajišťují životní funkce každého živého organismu. Energie uvolňovaná v průběhu těchto reakcí je spotřebována na udržování rovnováhy vnitřního prostředí organismu a regeneraci buněk. Běžně se ORP vnitřního prostředí lidského organismu pohybuje v rozsahu od -100 mV do -200 mV, pokud je tento organismus v regenerovaném stavu.

ORP běžné pitné vody je téměř vždy větší než nula a obvykle se nachází v rozmezí od +180 mV do +300 mV. Hodnota redoxního potenciálu je nespecifický součtový parametr. Tento parametr neumožňuje provést selektivní stanovení zvoleného oxidantu

nebo redukční látky při současném výskytu více oxidačně redukčních látek v kapalině. Kromě toho je měřená hodnota silně závislá na pH hodnotě a se vzrůstající koncentrací kapaliny vykazuje saturační tendence.

Přesto lze po zvážení výše zmíněných nevýhod měření ORP použít jako nenákladnou alternativu za selektivní měření a přímé stanovení koncentrace oxidačních nebo redukčních látek v kapalině nebo i jako záložní měření vedle přímého selektivního měření.

Elektrolytická vodivost γ roztoků závisí přibližně lineárně na koncentraci iontů ρ_i rozpuštěných látek. Pokud nedochází k polarizaci elektrod, pak platí u elektrolytických vodičů Ohmův zákon.

Kapalina se stává částí elektrického obvodu a chová se jako elektrický odpor R , přičemž protékající proud je úměrný obsahu iontů v kapalině. Při měření elektrolytické vodivosti se používá střídavý proud nízké frekvence (101 až 104 Hz, tzv. nízkofrekvenční konduktometrie).

Vodivost roztoku mezi elektrodami se vyjadřuje vztahem:

$$G = 1/R = (\kappa \cdot A) / L \quad (1)$$

kde:

G – vodivost [S, Ω^{-1}]

R – odpor [Ω]

κ – měrná vodivost [$S \cdot cm^{-1}$]

A – plocha elektrod [cm^2]

L – vzdálenost mezi elektrodami [cm]

Měrná vodivost je charakteristickou vlastností roztoku, závisí na koncentraci všech iontů v roztoku:

$$\kappa = G \cdot \Theta = G (l/A) = z_i c_i \lambda_i \quad (2)$$

kde:

Θ - konstanta vodivostní nádoby, cm^{-1}

Z_i - náboj i -tého iontu

c_i = koncentrace i -tého iontu, $mol \cdot cm^{-3}$

λ_i = iontová vodivost i -tého iontu, $S \cdot cm^2 \cdot mol^{-1}$

Chlor – aktivní (volný) chlor, celkový chlor

Maximální obsah chloru je určen vyhláškou č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Tato vyhláška je harmonizována s požadavky evropské směrnice č. 98/83 EC o kvalitě vody pro lidskou spotřebu. Podle této vyhlášky je mezní hodnota obsahu volného chloru až 0,3 mg/l.

Pro zachování bakteriologické nezávadnosti vody se na různých úsecích distribuční sítě přidává 0,1 až 0,2 miligramu chloru na jeden litr vody.

Elektrochemická metoda – amperometrie

Roztoky elektrolytů mohou vést elektrický proud díky kladně a záporně nabitým iontům, které vznikají v roztoku při disociaci rozpuštěného elektrolytu. Vodivost roztoků elektrolytů závisí na typu elektrolytu, jeho koncentraci a na teplotě. Protože závislost na teplotě je poměrně výrazná, vzrůstá o 2 % při stoupnutí teploty o 1 °C, je nutno teplotu kontrolovat, nejlépe termostatem.

Kalibrace se provádí měřením s vhodně koncentrovanými roztoky KCl, který v konduktometrii slouží jako standard.

Hodnota konduktivity roztoku elektrolyzuje již jistou charakteristikou daného roztoku. Při analýze čistoty vody je proto v praxi používána právě hodnota její konduktivity. Tato hodnota jistým způsobem vypovídá o množství iontově rozpuštěných látek. V případě přírodních vod je souvislost mezi znečištěním a konduktivitou problematičtější, neboť přírodní vody obvykle obsahují velká množství rozpuštěných látek. Tyto látky naopak jejich kvalitu z hlediska použití zvyšují.

Fotometrická metoda

Nejcitlivějšími metodami pro stanovení malých množství chloru jsou dodnes metody fotometrické. Tyto metody jsou založené výhradně na oxidaci některých aminů.

Měření zákalu

Principy měření zákalu kapalin

Vzhledem ke značné praktické i teoretické složitosti absolutních měření zákalu, založených na základních fyzikálních resp. optických veličinách a parametrech, se i v současnosti měří zákal kapalin relativně převážně již objektivními fotometrickými metodami v dohodnutém přístrojovém uspořádání a tvaru optických svazků.

Měřená hodnota relativního zákalu kapaliny je definována tzv. přístrojovou funkcí použitého zákalometru v závislosti na koncentraci dispergované fáze ve fázi dispergující, přičemž nulová hodnota relativního zákalu je vztažena na nulovou koncentraci dispergované fáze v dispergující matici.

Přístrojové funkce zákalometrů jsou v případě jednocestných fotometrů obvykle udávány v napěťových či proudových jednotkách signální odezvy. V případě dvoucestných fotometrů poměrem hodnot signálů z fotodetektorů v závislosti na množství zákalotvorných částic. Jednoznačná část přístrojové funkce zákalometru se po inverzi stává tzv. kalibrační či cejchovací funkcí přístroje a tvoří stupnici ukazatele zákalometru.

Turbidimetry a nefelometry

Přístroje nacházejí uplatnění při měření zákalu v úpravnách vody (kontrola funkce filtrů, sledování kvality zdrojů pitné vody, sedimentující látky v odpadních vodách), při měření koncentrace suspenzí (např. koncentrace biomasy ve fermentačním médiu) apod. Moderní snímače bývají vybaveny mechanickými stěrači, které umožňují automatické čištění okének měřících kyvet.

Světelný paprsek vstupuje do cely a opouští ji přes optická okénka. Vyrovnané citlivosti pro široké rozmezí velikosti částic se dosahuje u uspořádání, kdy detektor rozptýleného světla je v úhlu 90° vůči procházejícímu paprsku. Takový systém může být realizován poměrně jednoduchým optickým uspořádáním, které je předepsáno mezinárodní normou ISO 7027. Tato norma umožňuje, že údaje získané různými přístroji jsou vzájemně porovnatelné. Snímače dle normy tohoto typu jsou široce užívány pro monitorování zákalu vody.

Vyšší hodnoty zákalu není možno vyhodnocovat při úhlu detekce 90°. Zvýšený počet částic zvyšuje pravděpodobnost vícenásobného rozptylu, kdy se světlo, které již bylo rozptýleno, odrazí na jinou částici a způsobí další rozptyl. V důsledku to pak vede ke ztrátám intenzity signálu. Zmíněný problém je řešen tzv. dvoukanálovou (dvoupaprskovou) technologií, při níž se současné měří rozptýlené světlo pod úhlem 90° a pod úhlem 25° směrem vpřed. Snímač pak poskytuje dva typy informací. Zatímco signál z úhlu 90° indikuje především množství malých částic, rozptyl směrem vpřed je způsoben hlavně velkými částicemi. [3]

Ozon

Ozon (O₃), se připravuje z kyslíku elektrickým výbojem při vysokém napětí. Velmi snadno se rozkládá za vzniku tzv. kyslíku ve stavu zrodu, který má značnou oxidační účinnost, využitelnou k dezinfekci, zlepšení sensorických vlastností, odbarvování, odželeznění nebo odmanganování vod a k oxidaci některých toxických a radioaktivních látek ve vodách.

Koncentraci ozonu rozpuštěného ve vodě lze sledovat amperometricky. Ke stanovení se nejčastěji využívá fotometrická metoda založená na odbarvení roztoku indiga ozonem. K orientačnímu měření koncentrace ozonu ve vodě slouží testovací soupravy, které využívají tzv. DPD metody. Výsledky testů využívajících DPD metody jsou však ovlivňovány přítomností dalších oxidačních činidel (např. chloru).

Ozonovou část čidel tvoří polarizovaná platinová elektroda a nepolarizovaná argentochloridová elektroda.

Obě elektrody jsou ponořeny do elektrolytu a odděleny od měřeného prostředí separační membránou prostupnou pro ozon (ale také pro jiné plyny např. O₂, Cl₂).

Vložení vhodného polarizačního napětí mezi elektrody dochází na povrchu katody k redukci ozonu. Důsledkem této reakce je elektrický proud protékající mezi elektrodami čidla, který je úměrný parciálnímu tlaku ozonu.

Organické sloučeniny

Stanovení organických sloučenin se provádí infračervenou molekulovou absorpční spektrometrií [1]. Je založena na měření a interpretaci změn, které nastávají v molekulách při interakci s elektromagnetickým zářením v oblasti vlnových délek 1 μm až 1000 μm, což odpovídá vlnočtům v rozmezí 10 cm⁻¹ až 10 000 cm⁻¹.

Molekuly, skupiny molekul nebo komplexní ionty jsou označovány jako aktivní v infračerveném spektru, pokud u nich absorpce energetických kvant tohoto záření vyvolává nenulovou změnu dipólového momentu. Ta se projeví vznikem pásového absorpčního spektra, které je tvořeno posloupností různě širokých pásů příslušejících minimálním hodnotám propustnosti. Poloha vrcholů těchto pásů udává vlnočty charakteristický pro absorbované kvantum infračerveného záření.

$$I = I_0 e^{-kcL} \quad (3)$$

I naměřená intenzita

I₀ počáteční intenzita

k xtlínční koeficient

L délka měřicí trasy

c koncentrace

po úpravě

$$\frac{I}{I_0} = e^{-kcL} \quad (4)$$

Podíl intenzit T – transmitance

$$\frac{I}{I_0} = T \quad (5)$$

Pro výpočet koncentrace upravíme vzorec do podoby

$$c = \frac{\ln(T)}{-kL} \quad (6)$$

Míra absorpce záření při dané vlnové délce monochromatického elektromagnetického záření je nejčastěji uváděna pomocí veličiny nazývané absorbance.

Absorbance A je dána vztahem

$$A = \log\left(\frac{1}{T}\right) = -\log(T) \quad (7)$$

Po dosazení

$$c = \left(\frac{2,303}{kL}\right) A \quad (8)$$

kde výraz v závorce je konstantní a dostáváme lineární závislost,

$$A = k \cdot c \quad (9)$$

kteřá je nejvhodnější pro měření jako takové.

ÚV absorbance

Pro vyjádření celkového obsahu organických látek v procesu přípravy pitné vody se používá několik sumárních parametrů jako je obsah rozpuštěného organického uhlíku nebo chemická spotřeba kyslíku.

Chemickou spotřebou kyslíku (CHSK) značíme spotřebu kyslíku, která je potřebná k oxidaci všech látek. Nejen těch, které mohou být odbourány biologickou cestou. CHSK je stanovení míry znečištění vody organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami.

Chemická spotřeba kyslíku se vyjadřuje jako hmotnostní koncentrace kyslíku odpovídající spotřebě manganistanových iontů za předem stanovených podmínek.

Stanovení CHSK se provádí titrací manganistanem draselným (KMnO₄).

CHSK je hodnotou nespecifického skupinového stanovení, které slouží k odhadu organického znečištění.

Poukazuje na možné znečištění pitné vody ve studni či na jiných místech organickými látkami živočišného nebo rostlinného původu.

Limit CHSK je 3 mg/l.

Absorpční spektroskopie v ultrafialové a viditelné oblasti (UV/VIS spektroskopie) vyjádřená jako spektrální absorpční koeficient (SAK) splňuje požadavky na tato kontinuální provozní měření. Je také vhodná pro přísně sledovanou nebezpečnou skupinu látek polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU).

Měřením absorbance v UV oblasti, což odpovídá 254 nanometrů, lze získat představu o obsahu organických látek ve vodě. Při této vlnové délce je absorbance záření přímo úměrná obsahu organických látek. Měří se buď laboratorně pomocí UV spektrofotometru, nebo provozními online senzory.

Čítač částic počítá částice od velikosti 1,3 mikrometru. Speciální laserová dioda a vysoce citlivý detektor stanovují počet a velikost částic v průtokové cele pomocí metody blokování světla. Přístroj určí počet částic v mililitru ve velikostních kategoriích. Kategorie jsou rozděleny na 5 µm, 25 µm, 50 µm, 100 µm a větší. Může přibližně nahradit mikrobiologickou analýzu a určit počet organismů. U tohoto zařízení je nutná úzká spolupráce s hydrobiologem při kalibraci čítače.

2.4 Měřicí sestavy

Měřicí sestavy, které jsou na trhu ke sledování povrchových vod k dispozici, obsahují kromě analytické části, kterou tvoří jednotlivé převodníky, snímače a propojovací kabely, také všechny potřebné hydraulické prvky (přepadovou nádobu pro zajištění optimálního průtoku vody průtočnými snímači, uzavírací kohouty, potrubí) i samostatné analyzátoři napojené na počítač nebo jiné přenosové zařízení.

Součástí těchto analyzátorových stanic mohou být také ponorné nebo průtočné snímače, které umožňují měřit pH, oxidačně-redukční potenciál, koncentraci kyslíku, konduktivitu a teplotu příp. i v dalších profilech vzdálených až 1 000 m od místa instalace stanice.

Pro kontinuální monitorování kvality vody v nádržích jsou určeny sestavy multiparametrických sond na bójích nebo pontonech. Systémy mohou být vybaveny automatickým profilovacím zařízením, které dle nastavení spouští multiparametrickou sondu v nádrži, a proměřuje se tak kvalita vody na vertikále.

Systém pracuje zcela automaticky, a pokud je vybaven telemetrickým přenosem dat, může upozornit na zhoršující se kvalitu vody.

Naměřené hodnoty jsou k dispozici pro další zpracování buď ve formě standardizovaných analogových signálů (0,4 až 20 mA), anebo lze použít sériové rozhraní RS 485, kterým mohou být vybaveny všechny přístroje. Sériové rozhraní umožňuje přenos naměřených hodnot (aktuálních nebo uložených v paměti) do navazujícího systému (velínu, dispečinku). Je také možné je ukládat v paměti přístrojů.

Převodník může měřit pH jednokanálově nebo dvoukanálově. Může vytvářet aritmetický průměr obou měření. Aritmetický průměr lze použít jako vstupní hodnotu regulátoru. Převodník může být vybaven jedním nebo dvěma PID regulátory s pulzně šířkovým, nebo pulzně frekvenčním jedno, nebo obousměrným výstupem.

Jednosměrný regulátor je určen pro ovládání solenoidových ventilů, nebo dávkovacích čerpadel. Obousměrný regulátor ovládá ventily s plynulou změnou zdvihu (servopohonem).

Převodníky pro měření pH v bazénech a koupalištích jsou vybaveny spojitými regulátory, které automaticky udržují optimální hodnotu pH pomocí dávkování zásaditých roztoků hydroxidu vápenatého ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) nebo přidáváním roztoku kyseliny chlorovodíkové (HCl).

2.5 Výrobci online měřicí techniky pro vodárenství

HACH LANGE

Nabízí rozsáhlé portfolio technologií měření, které vyhovují široké řadě požadavků. Produkty pocházejí od jednoho dodavatele a společně podávají dokonale sladěný výkon, bez ohledu na to, zda slouží k online monitorování nebo laboratornímu měření.

Endress+Hauser

V dnešní době je společnost předním dodavatelem výrobků, řešení a služeb pro průmyslové měření a procesní automatizaci. Nabízí kompletní procesní řešení pro průtok, hladinu, tlak, analýzy, teplotu, záznamovou techniku a digitální komunikace v širokém spektru průmyslových oborů, kde optimalizuje procesy ve smyslu ekonomické efektivity, bezpečnosti a ochrany životního prostředí.

WTW

WTW vychází a pokračuje ve vývoji a zavádění nových inovovaných produktových linií, založených na osvědčené technologii senzorů a analyzátorů. Program nabízí nejkompletnější řadu přístrojů pro měření pH, redox, ISE, rozpuštěného kyslíku, respirace a konduktivity. Dále produkují přístroje pro měření zákalu a fotometry. Spektrum výrobků zahrnuje vedle robustních, vodotěsných kapesních přístrojů a přenosných terénních přístrojů také ucelené řady laboratorních přístrojů a příslušenství.

METTLER TOLEDO

Je globálním výrobcem a prodejcem přesných přístrojů pro použití v laboratorních, průmyslových a potravinářských maloobchodních aplikacích. Společnost má silné celosvětové vedoucí pozice. Kromě široké nabídky produktů, má jednu z největších světových prodejních a servisních organizací přesné přístrojové techniky.

INSA

Společnost INSA vznikla v roce 1992. Věnuje se výrobě a vývoji přístrojů. Stálým kontaktem se zákazníkem, získává cenné informace, které využívají k dalšímu vývoji a zdokonalování výrobků. Neobyčejnou pozornost věnuje převodníkům a čidlům.

3 Praktická část

3.1 Úpravna povrchové vody v Hradci Králové

Společnost Královéhradecká provozní, a.s. (KHP), patří do skupiny Veolia Voda, která je součástí velkého nadnárodního koncernu Veolia Environnement.

KHP je vodárenskou společností, jejíž převažující činností je provozování vodovodů a kanalizací. Provozuje rovněž **Úpravnu vody v Hradci Králové**, situovanou na pravém břehu řeky Orlice, která je zdrojem surové vody.

Technologické schéma nedávno ukončené rekonstrukce a modernizace úpravní na $150 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ je na (Obr. 5).

Surová voda je odebírána odběrným objektem přímo z řeky Orlice (Obr. 3) a vede přes dvoje česle (hrubé a jemné) do jímky surové vody, odkud se čerpá do úpravní vody.



Obr. 3: odběrné místo ÚV HK³

³ Zdroj: ÚV HK Orlice 2014

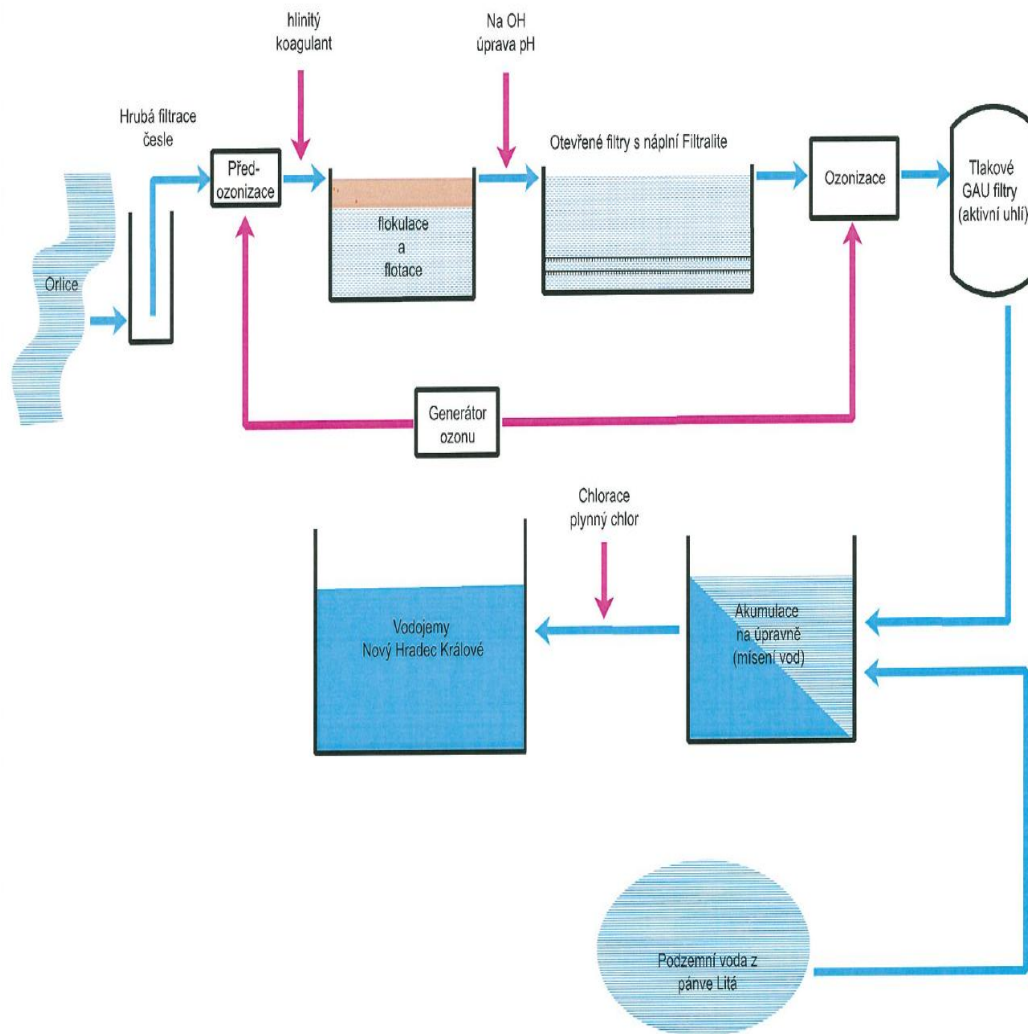
Technologická část úpravy vody se skládá z předozonizace (Obr. 4), po níž následuje dávkování koagulantu a případná alkalizace a dávkování polymerního flokulantu.



Obr. 4: Systém předozonizace ÚV HK⁴

První separační stupeň úpravy je koncipován jako zdvojená linka flokulace a flotace (Obr. 7). Nejprve tedy dochází k flokulaci, tj. k vytvoření vloček koagulantu, do kterých jsou sorbovány nečistoty z říční vody. Tyto vločky se postupně tvoří rychlým a pomalým mícháním.

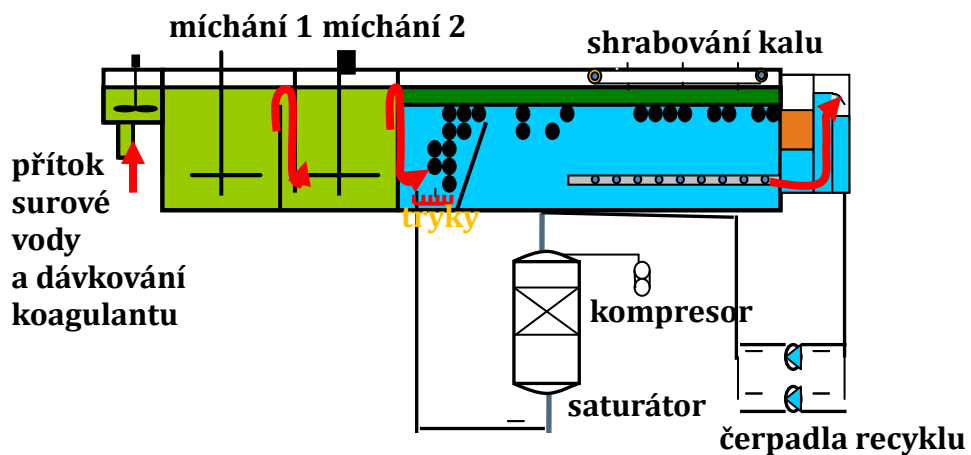
⁴ Zdroj: ÚV HK Orlice 2014



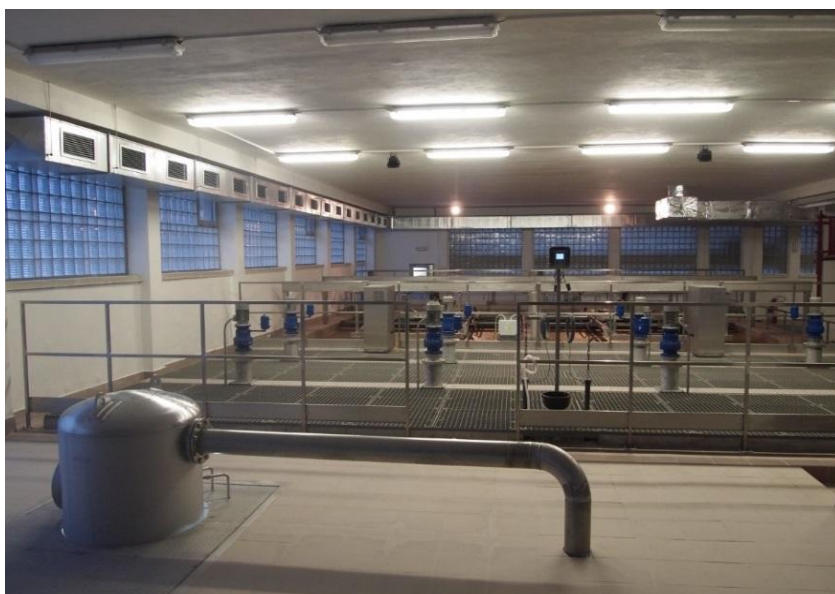
Obr. 5: Technologické schéma [12], ÚV HK⁵

Následuje takzvaná **flotace rozpuštěným vzduchem** (*Dissolved Air Flotation*). Tato technologie je v současné době velmi užívána ve vodárenství (Obr. 6). Vzduch v mikrobublínkách vynáší k hladině vzniklé vločky. Tato technologie je velmi účinná pro separaci mikroorganismů a dalšího znečištění (Obr. 8).

⁵ Zdroj: ÚV HK Orlice 2014



Obr. 6: DAF – flotace rozpuštěným vzduchem⁶



Obr. 7: Pohled na linku flokulace a flotace na ÚV v Hradci Králové⁷

Druhý separační stupeň úpravy byl navržen jako **filtrace na otevřených filtrech**, s drenážním systémem firmy Triton a speciální filtrační náplní z expandovaného hlinitokřemičitanu Filtralite Mono-Multi.

⁶ Zdroj: ÚV HK Orlice 2014

⁷ Zdroj: ÚV HK Orlice 2014



Obr. 8: Shrabovací mechanismus kalu flotační linky Úpravny vody Hradec Králové⁸

Dále je zařazena **ozonizace**, za níž je zařazen **sorpční stupeň** tvořený tlakovými filtry s granulovaným aktivním uhlím (Obr. 9).



Obr. 9: Pohled na tlakové filtry s měřením hladiny ÚV HK⁹

Úprava vody je zakončena **dezinfekcí vody** plynným chlorem.

⁸ Zdroj: ÚV HK Orlice 2014

⁹ Zdroj: foto autor

V úpravě vody je instalováno **kontinuální monitorování** všech důležitých parametrů procesu a jsou prováděny kontroly analyzátorů v pravidelných intervalech (Obr. 10). Je sledován **průtok a teplota vody, pH, koncentrace kyslíku, konduktivita, oxidačně-redukční potenciál a celková koncentrace organických látek**.



Obr. 10: Stálá provozní kontrola online analyzátorů, odebrání vzorků pro laboratorní rozbory kvality vody na ÚV HK¹⁰

Automatické řízení procesu je kontrolováno operátorem od centrálního kontrolního pultu.

Kvalita surové a vyrobené vody

Kvalita surové vody se výrazně liší v několika parametrech a to zejména v teplotě, oživení organismů, a zákalu a s tím souvisejícím organickým znečištěním. Proto je technologie úpravny vody navržena tak, aby byla flexibilní a schopná se s těmito výkyvy vypořádat [11], [12].

Kvalita pitné vody z vodovodu pro veřejnou potřebu musí splňovat požadavky zákona č. 258/2000 Sb. v úplném znění zákona č. 471//2005 Sb. (Zákon o ochraně veřejného zdraví) a prováděcí Vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou a teplou vodu a rozsah a četnost její kontroly. Zde je výtah parametrů z provozu:

¹⁰ Zdroj: ÚV HK Orlice

CHSK Mn – < 0,5 až 0,8 mg/l

Zákal – 0,15 až 0,5 NTU

Zbytkový hliník – < 0,07 až 0,11 mg/l

Organismy – max 24 organismů, které musejí být vždy mrtvé

Tvrdost cca 1,5 mmol/l

3.1.1 Online měřicí technika úpravny pitných vod

Kontroléry

Systém SC

Kontroléry SC 200 a SC 1000 se používají jako obecná platforma pro inteligentní sondy a analyzátory. V jednoparametrových systémech i v monitorovacích sítích několika parametrů tvoří jednotné a pohodlné rozhraní mezi operátorem a provozem. Inteligentní sondy umí nejen zaznamenávat naměřené hodnoty, ale provádějí také jejich vyhodnocení a zpracovávají signál. Kontroléry SC tyto sondy automaticky detekují.

SC 1000



Obr. 11: Kontrolér SC 1000.¹¹

¹¹ Zdroj: foto autor

Digitální univerzální kontrolér až pro osm sond, je možné ho rozšířit o připojení do sítě. Spolehlivý přenos dat na velké vzdálenosti s minimální kabeláží. Permanentní zabezpečení pro bezobslužné čistírny prostřednictvím GPRS. Intuitivní ovládání pomocí dotykové obrazovky s výraznou barevnou grafikou a funkcí trendu. Transparentní kvalita naměřených hodnot díky softwaru PROGNOSYS.

Měřenými parametry jsou hodnota pH, oxidačně-redukční potenciál, konduktivita, kyslík, parametry nutrietů, organické zatížení, parametry dezinfekce, zákal, nerozpuštěné látky a kal. Veškerá naměřená data lze ukládat na SD paměťové karty.

Kontrolér komunikuje až 12 výstupy ve 24 jazycích. Je schopen rozesílat průběžné informace pomocí sms a e-mailů. Dále může komunikovat čtyřpásmovým GPRS.

SC 200



Obr. 12: Kontrolér SC 200.¹²

Digitální univerzální kontrolér až pro dvě sondy, který má všestranné využití díky kombinaci analogových a digitálních sond. Aktualizaci a logování lze provádět také prostřednictvím SD karty, tudíž i manipulace s přístrojem je velmi snadná.

Parametry pro sledování jsou hodnota pH, ORP, konduktivita, kyslík, organické zatížení, zákal, nerozpuštěné látky, kal, průtok.

¹² Zdroj: foto autor

Zákal, nerozpuštěné látky, kal

Při úpravě pitné vody v průmyslové výrobě i při čištění odpadních vod je nutné věnovat zvláštní pozornost nerozpuštěným látkám. Úprava pitné vody vyžaduje soustavný dohled nad stavem filtrů, aby byla zajištěna provozní spolehlivost s co nejnižšími náklady například prostřednictvím optimalizace praní filtrů. Nepřetržitá analýza zákalu poskytuje potřebná data pro tyto účely.

Sondy řady SOLITAX sc



Obr. 13: Sondy řady SOLITAX sc.¹³

Digitální procesní sondy pro stanovení zákalu a obsahu nerozpuštěných látek v pitné vodě a odpadní vodě podle EN ISO, ideální pro městské i průmyslové odpadní vody. Sondy mají široké spektrum aplikací díky velkému rozsahu měření zákalu a obsahu pevných látek. Spolehlivá analýza kalu pomocí jedinečného, na barvě nezávislého měření pevných látek. Dlouhodobě stabilní tovární kalibrace pro měření zákalu. Nenáročná údržba díky automatickému stíracímu zařízení. K dispozici jak ponorné sondy, tak i modely, které lze nainstalovat do potrubí.

Měřicí rozsah: t-line sc: 0,001 až 4000 FNU

ts-line sc/inline sc: 0,001 až 4000 FNU, 0,001 až 50 g/L

hs-line sc/highline sc: 0,001 až 4000 FNU, 0,1 až 500 g/L

¹³ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a činidel. <http://cz.hach.com>

Metoda měření spočívá v metodě duálního rozptýleného infračerveného světla. Zjišťuje se zákal podle EN ISO 7027 a nerozpuštěné látky ekvivalentně k DIN 38414.

Oblast použití je surová voda a studniční voda, povrchová voda, pitná voda, procesní voda, městská a průmyslová odpadní voda, odvodňování kalu, recirkulace kalu.

1720E sc



Obr. 14: Zákaloměr 1720E sc.¹⁴

1720E sc je digitální obtoková zákalová sonda podle USEPA pro nízké hodnoty zákalu. V této sondě se eliminují rušivé vlivy vzduchových bublinek pomocí odlučovače bublinek. Má jednoduché ověření pomocí standardu nerozpuštěných látek nebo dlouhodobě stabilních standardů STABL CAL.

Měřicí rozsah je 0,0001 až 100 NTU (FNU, TE/F)

Způsob měření spočívá v měření rozptýleného světla pod úhlem 90 stupňů podle USEPA 180.1 – bílé světlo.

¹⁴ Zdroj: foto autor

Ultra nízký zákal, čítač dat

FILTERTRAK 660 sc



Obr. 15: FILTERTRAK 660 sc.¹⁵

Digitální obtoková zákalová sonda podle USEPA pro extra nízké hodnoty zákalu a pro detekci částic menších než 0,1 µm v ultračistých vodách. Sonda obsahuje odlučovač bublinek. Má velmi nízký měřicí rozsah s vysoce citlivou laserovou technologií. Rychle reaguje na změny ve vzorku, včasné detekuje průnik filtru statistickým vyhodnocováním naměřených dat.

Měřicí rozsah se pohybuje od 0,001 až 5000 mNTU.

Metoda měření spočívá v rozptýlení světla pod úhlem 90 stupňů podle USEPA 10133 – laserová nefelometrie.

Oblast použití je pitná voda, ultračistá voda, řízení filtrace, monitorování filtru, záznam průniku filtru, odtok z membránové filtrace.

¹⁵ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a čidel. <http://cz.hach.com>

ARTI



Obr. 16: čítač částic ARTI.¹⁶

Analogový počítací čístic pro hodnocení kvality vody dle počtu a velikosti částic. Funkce Autoscan měří zastoupení sedmi velikostí částic v čase. Systém Arti má univerzální použití – velikosti částic lze měřit pomocí osmi kanálů ve dvou konfiguracích. Snadné čištění a spolehlivý provoz je zajišten díky externí počítací komůrce.

Měřicí rozsah je od 1,3 do 100 mikrometrů.

Metodou měření je blokování světla.

Systém Arti má své využití v oblasti pitné vody, ultračisté vody, monitorování filtru, odtoku z membránové filtrace.

pH, oxidačně-redukční potenciál

Spolehlivé měření hodnoty pH, kyslíku a konduktivity tvoří základ spolehlivého řízení procesů v řadě aplikací. Některá místa instalace pro měření těchto parametrů vyžadují speciální řešení.

¹⁶ Zdroj: foto autor

pHD-S sc



Obr. 17: sonda pHD-S sc.¹⁷

Digitální diferenční pH/ORP sonda se solným můstkem. Vyznačuje se velmi dlouhou životností díky chráněnému referenčnímu systému oddělenému od měřené kapaliny solným můstkem. Má nižší nároky na čištění a kalibraci.

Rozsah sondy je 0 až 14 pH, ± 2000 mV.

Použití pro biologické čištění vod, na přítoku a odtoku ČOV

pH a ORP elektrody



Obr. 18: Analogové skleněné elektrody pro měření pH a ORP.¹⁸

Analogové skleněné elektrody o průměru 12 milimetrů, které jsou uzpůsobeny pro vysoké teploty a tlaky. Výběr elektrod je opravdu veliký s různým gelovým,

¹⁷ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a činidel. <http://cz.hach.com>

¹⁸ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a činidel. <http://cz.hach.com>

tekutým nebo polymerovým elektrolytem. Mají různé membrány pro rozmanité aplikace. Instalují se v zásuvných armaturách, v obtoku nebo jako ponorné sondy.

Rozsah sondy je 0 až 14 pH, ± 2000 mV.

Používají se při čištění pitné vody a ultračisté vody, monitorování kanalizační sítě.

Chlor volný/celkový, ozon

Chlor, ozon a oxid chloričitý jsou oxidační činidla nejčastěji používaná při dezinfekci pitné vody, pro hygienickou údržbu vody a průmyslové čistící procesy. Tato činidla ničí patogenní bakterie, plísňe a viry a brání jejich množení s přetrvávajícím účinkem. Pečlivá analýza je užitečná nejenom z finančních důvodů, ale také vzhledem k potenciálnímu riziku, které dezinfekční činidla představují. Optimální dávku a dodržení maximální přípustné hodnoty můžeme nepřetržitě monitorovat procesními analyzátory.

CL17



Obr. 19: Měřič CL17.¹⁹

Analogový fotometrický analyzátor pro stanovení volného nebo celkového chloru podle DIN EN ISO. Jedná se o přesný automatický měřicí přístroj s minimální údržbou. Je maximálně spolehlivý díky fotometrické metodě s DPD v souladu s DIN 38408.

¹⁹ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a činidel. <http://cz.hach.com>

Tovární kalibrace, která není potřeba měnit v dynamických procesech. Kompenzace barvy a zákalu vzorku pro spolehlivé výsledky.

Měřicí rozsah přístroje je 0,03 až 5 mg/L Cl₂

Metoda fotometrická s DPD (N,N-diethyl-p-fenylendiamin) podle DIN 38408

Oblast použití je úprava pitné vody, potravinářský a nápojový průmysl, napájecí a procesní voda.

9184sc



Obr. 20: Sonda měřící volný aktivní chlor 9184 sc.²⁰

Digitální amperometrická sonda pro stanovení volného aktivního chloru bez použití reagensů. Má nízké provozní náklady díky stanovení bez použití reagensů. Široké aplikační spektrum díky velkému měřicímu rozsahu a nízkému detekčnímu limitu. Spolehlivá metoda bez interferencí způsobující chloraminy. Přístroj je adaptabilní: pH kompenzace při stanovení celkového volného chloru, automatický čistící systém, acidifikační jednotka.

Rozsah přístroje se pohybuje od 0,005 do 20 mg/L HOCl.

²⁰ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a činidel. <http://cz.hach.com>

Ozon 9185 sc



Obr. 21: Sonda pro měření ozonu 9185 sc.²¹

Digitální amperometrická sonda pro stanovení ozonu bez použití reagensů. Měření je nezávislé na hodnotě pH, vhodné pro citlivou detekci nízkého zatížení díky nízkému detekčnímu limitu. Ideální pro vzorky s malou konduktivitou. Bez interference bromu, chloru, oxidu chloričitého a peroxidu vodíku.

Rozmezí měření je 0,005 až 2 mg/L O₃.

UVAS sc sonda



Obr. 22: UVAS sc sonda.²²

²¹ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a čidel. <http://cz.hach.com>

²² Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a čidel. <http://cz.hach.com>

Digitální UV sonda UVAS plus se společnosti Hach je určena pro stanovení organického zatížení bez reagentů pomocí spektrálního absorpčního koeficientu (SAC) v médiu nebo v obtokové instalaci. Spolehlivé hodnoty měření jsou díky přímému UV měření ihned dostupné. Nízkoúdržbová sonda je samočisticí a v provedení z nerezové oceli ji lze instalovat i v náročných podmínkách.

Sonda UVAS plus se pokrývá široké spektrum aplikací, které zahrnují: ochrana čistíren odpadních vod před vypouštěním škodlivin z průmyslových provozů, monitorování nárazových zatížení z interních výrobních procesů, kontrola procesů aktivovaného kalu, kontrola dávkování methanolu v BNR na základě organického zatížení, závěrečné monitorování odtoku a monitorování účinnosti UV dezinfekčních procesů.

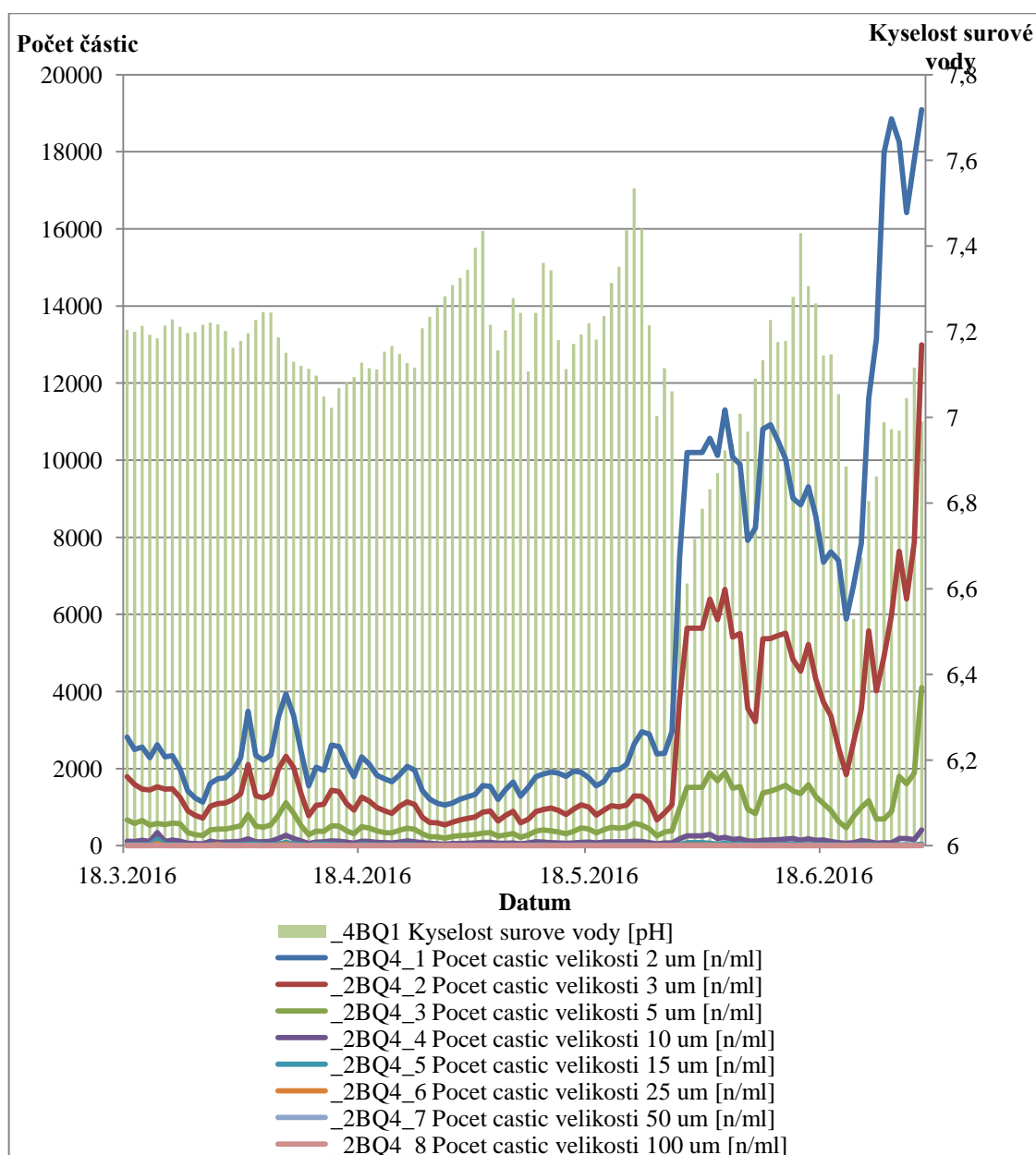
Senzor lze připojit ke všem kontrolérům SC za poskytnutí nejrůznějších možností výstupů včetně 4-20 mA, Modbus RS485, Profibus nebo HART.

Rozsah měření je 0.01 - 60 1/m SAC 254 lze kalibrovat podle jiných parametrů (např. TOC, COD, BOD) v závislosti na aplikaci.

3.1.2 Ukázka kontinuálních měření na úpravně povrchové vody²³

Řídicí systém data v základě uchovává po 5 sekundách, ale je to nesmírné kvantum dat. Proto je možné pomocí datového generátoru s těmi daty pracovat a vytáhnout si průměry minutové, hodinové, denní - aby člověk nepočítal s tisíci řádků v tabulce. Zvláště když se hodnotí delší provozní období, je to absolutní nutnost. Máme od autora řídicího systému naprogramovaný datový generátor, jenž data exportuje do programu MS Excel, ačkoliv původně jsou ve zcela jiné databázové struktuře nečitelné pro běžně dostupné programy v PC.

Graf č. 1: Grafické znázornění hodnot z čítače částic ARTI [12]



²³ Všechny tabulky v této kapitole pochází z ÚV HK Orlice. Vlastní grafické zpracování.

Tabulky č. I-IV.: Datové tabulky z čítače častíc ARTI z provozu ÚV

I.								
18.03.-31.03.2015								
Datum	2BQ4_1	2BQ4_2	2BQ4_3	2BQ4_4	2BQ4_5	2BQ4_6	2BQ4_7	2BQ4_8
	Pocet castic velikosti 2 um	Pocet castic velikosti 3 um	Pocet castic velikosti 5 um	Pocet castic velikosti 10 um	Pocet castic velikosti 15 um	Pocet castic velikosti 25 um	Pocet castic velikosti 50 um	Pocet castic velikosti 100 um
	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]
18.3.2016	2818,51	1787,75	671,47	117,44	22,92	2,85	1,13	0,00
19.3.2016	2499,51	1588,13	581,38	113,37	23,48	3,16	0,00	0,00
20.3.2016	2557,72	1472,13	657,98	139,17	30,19	5,10	0,02	0,00
21.3.2016	2283,52	1444,06	536,17	110,32	24,12	3,24	0,02	0,00
22.3.2016	2618,62	1530,92	580,81	343,89	173,31	58,10	3,44	0,00
23.3.2016	2306,97	1467,03	548,03	112,14	23,08	3,12	0,00	0,00
24.3.2016	2336,44	1479,35	585,63	145,62	28,44	4,90	0,08	0,00
25.3.2016	1987,82	1252,60	569,65	119,96	19,42	3,17	0,04	0,00
26.3.2016	1425,59	906,61	340,15	67,99	12,48	1,37	0,00	0,00
27.3.2016	1236,28	784,46	286,19	55,14	10,04	1,06	0,00	0,00
28.3.2016	1135,12	717,72	260,69	50,00	9,71	0,98	0,00	0,00
29.3.2016	1612,80	1022,16	411,11	118,51	27,95	5,86	0,21	0,00
30.3.2016	1738,36	1091,27	434,94	89,74	22,50	36,46	4,15	0,00
31.3.2016	1762,25	1107,09	431,49	97,79	24,73	4,67	0,00	0,00

II.								
01.04.-30.04.2015								
Datum	_2BQ4_1 Pocet castic velikosti 2 um	_2BQ4_2 Pocet castic velikosti 3 um	_2BQ4_3 Pocet castic velikosti 5 um	_2BQ4_4 Pocet castic velikosti 10 um	_2BQ4_5 Pocet castic velikosti 15 um	_2BQ4_6 Pocet castic velikosti 25 um	_2BQ4_7 Pocet castic velikosti 50 um	_2BQ4_8 Pocet castic velikosti 100 um
	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]
1.4.2016	1935,26	1200,59	472,51	103,58	27,53	5,56	0,17	0,00
2.4.2016	2284,36	1344,12	518,13	116,49	27,68	5,27	0,00	0,00
3.4.2016	3488,69	2105,99	805,79	180,34	42,32	7,73	0,00	0,00
4.4.2016	2346,96	1303,28	510,06	103,37	40,98	5,22	0,12	0,00
5.4.2016	2221,29	1240,03	477,16	103,89	24,74	4,95	0,11	0,00
6.4.2016	2349,91	1345,26	542,67	115,80	25,88	4,30	0,00	0,00
7.4.2016	3348,42	1998,74	804,97	183,79	44,19	8,36	0,00	0,00
8.4.2016	3936,67	2319,46	1119,21	273,03	84,29	39,71	1,96	0,00
9.4.2016	3370,63	2029,00	837,93	185,71	47,74	10,08	0,17	0,00
10.4.2016	2449,99	1356,41	529,01	123,41	32,46	7,32	0,00	0,00
11.4.2016	1556,54	782,02	285,40	60,59	14,03	2,72	0,00	0,00
12.4.2016	2035,00	1045,97	382,59	98,64	50,03	18,11	0,85	0,00
13.4.2016	1949,57	1079,83	370,42	103,89	40,95	5,57	0,02	0,00
14.4.2016	2610,75	1435,70	520,74	126,48	33,09	7,33	0,00	0,00
15.4.2016	2574,44	1404,15	511,79	115,76	26,07	5,04	0,00	0,00
16.4.2016	2139,16	1092,04	389,46	96,97	14,74	1,90	0,04	0,00
17.4.2016	1792,73	924,51	312,94	67,42	13,67	2,00	0,00	0,00
18.4.2016	2302,29	1264,38	496,89	118,17	31,03	7,29	0,17	0,00
19.4.2016	2116,61	1155,61	457,04	114,67	28,56	6,16	0,00	0,00
20.4.2016	1827,41	995,22	388,52	86,31	21,37	4,89	0,11	0,00
21.4.2016	1735,77	907,43	344,64	83,52	19,67	3,92	0,00	0,00
22.4.2016	1664,28	842,71	335,54	72,26	16,63	3,09	0,00	0,00
23.4.2016	1840,77	1026,30	406,08	99,26	23,24	4,71	0,00	0,00
24.4.2016	2059,45	1140,46	456,76	123,80	25,54	4,73	0,00	0,00
25.4.2016	1961,84	1070,31	423,37	103,17	22,55	4,35	0,00	0,00
26.4.2016	1428,90	737,28	313,22	80,23	13,44	5,44	0,66	0,00
27.4.2016	1208,40	599,81	235,34	64,29	8,98	1,13	0,00	0,00
28.4.2016	1098,97	593,53	230,43	52,40	8,75	1,02	0,00	0,00
29.4.2016	1056,38	538,66	198,27	42,33	7,06	0,67	0,00	0,00
30.4.2016	1111,13	612,53	237,63	53,36	11,19	1,71	0,00	0,00

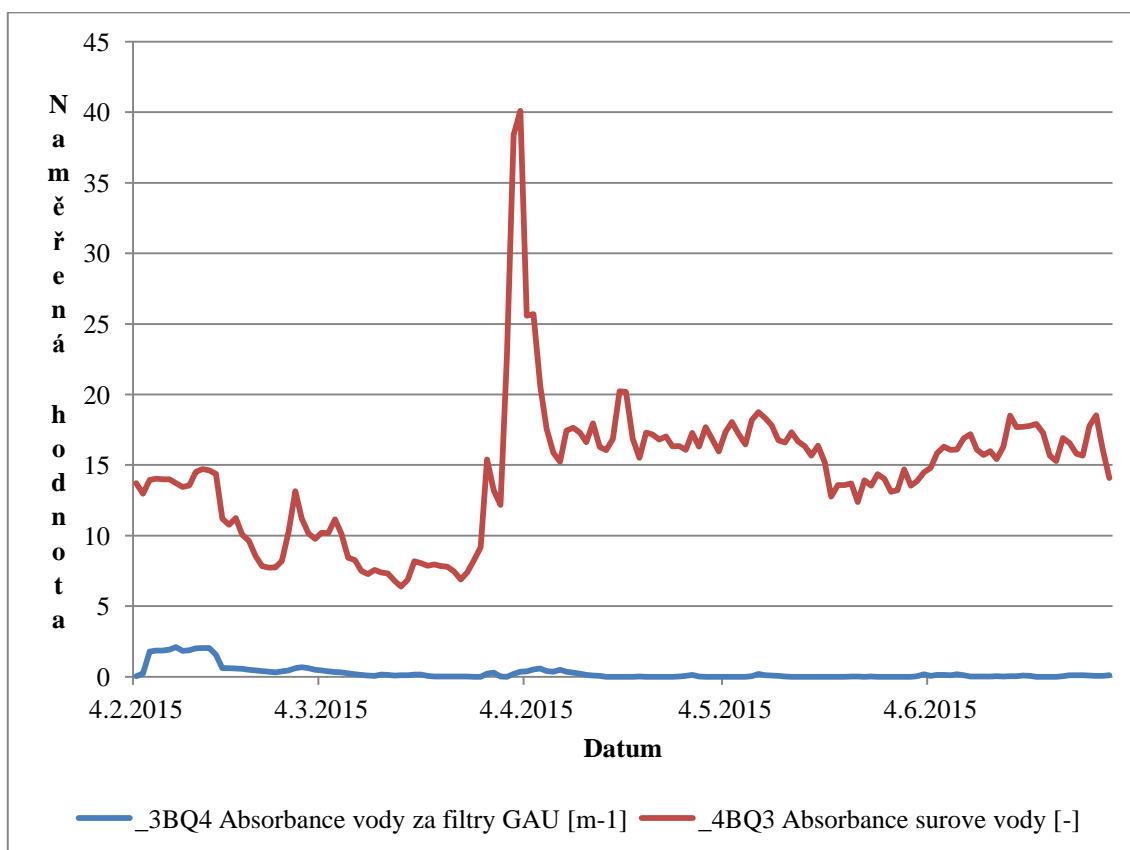
III.								
01.05.-31.05.2015								
Datum	_2BQ4_1 Pocet castic velikosti 2 um	_2BQ4_2 Pocet castic velikosti 3 um	_2BQ4_3 Pocet castic velikosti 5 um	_2BQ4_4 Pocet castic velikosti 10 um	_2BQ4_5 Pocet castic velikosti 15 um	_2BQ4_6 Pocet castic velikosti 25 um	_2BQ4_7 Pocet castic velikosti 50 um	_2BQ4_8 Pocet castic velikosti 100 um
	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]
1.5.2016	1208,54	671,90	260,62	59,06	11,71	1,96	0,00	0,00
2.5.2016	1266,24	711,54	274,14	63,51	12,48	2,19	0,00	0,00
3.5.2016	1329,82	751,44	297,17	73,39	13,60	2,42	0,00	0,00
4.5.2016	1562,50	872,49	328,02	85,60	16,23	3,58	0,21	0,00
5.5.2016	1538,26	903,82	342,36	86,16	11,82	1,83	0,00	0,00
6.5.2016	1200,47	639,20	251,11	62,75	9,21	1,35	0,00	0,00
7.5.2016	1449,73	784,74	283,10	67,21	12,53	2,19	0,00	0,00
8.5.2016	1652,35	892,65	315,78	75,25	14,98	3,15	0,00	0,00
9.5.2016	1284,79	595,00	218,12	52,56	10,08	2,22	0,00	0,00
10.5.2016	1517,40	684,80	278,40	72,60	19,48	3,75	0,00	0,00
11.5.2016	1792,06	883,52	379,77	100,19	14,28	2,94	0,00	0,00
12.5.2016	1863,73	937,27	406,35	98,07	28,01	2,78	0,00	0,00
13.5.2016	1914,63	981,37	388,24	83,30	13,75	2,69	0,00	0,00
14.5.2016	1879,76	917,69	352,82	71,22	12,05	2,15	0,00	0,00
15.5.2016	1801,43	809,62	309,06	62,87	12,46	2,42	0,00	0,00
16.5.2016	1939,86	945,16	372,22	75,56	13,89	2,72	0,00	0,00
17.5.2016	1904,82	1058,46	463,18	84,49	15,70	3,15	0,21	0,00
18.5.2016	1761,20	998,51	432,91	95,30	16,25	2,62	0,00	0,00
19.5.2016	1553,93	790,36	330,25	72,98	12,91	2,04	0,00	0,00
20.5.2016	1671,80	925,37	414,02	93,19	16,16	2,66	0,00	0,00
21.5.2016	1966,78	1037,90	475,65	101,30	18,11	2,66	0,00	0,00
22.5.2016	1972,73	1004,96	458,73	104,71	18,81	3,15	0,00	0,00
23.5.2016	2110,63	1053,63	478,47	106,61	18,34	3,00	0,00	0,00
24.5.2016	2636,34	1291,57	586,17	118,76	18,69	3,17	0,00	0,00
25.5.2016	2954,03	1283,70	531,56	108,06	20,72	2,31	0,00	0,00
26.5.2016	2895,95	1121,33	438,61	82,00	12,46	2,15	0,00	0,00
27.5.2016	2385,26	674,52	256,83	46,29	6,86	0,58	0,00	0,00
28.5.2016	2393,59	858,17	357,81	72,19	10,75	1,02	0,00	0,00
29.5.2016	2965,53	1064,91	383,64	75,32	13,58	2,08	0,00	0,00
30.5.2016	7510,87	3827,33	989,02	178,29	35,72	8,75	0,19	0,00
31.5.2016	10200,00	5646,00	1518,00	260,00	79,00	22,00	1,00	0,00

IV.								
01.06.-01.07.2015								
Datum	_2BQ4_1 Pocet castic velikosti 2 um	_2BQ4_2 Pocet castic velikosti 3 um	_2BQ4_3 Pocet castic velikosti 5 um	_2BQ4_4 Pocet castic velikosti 10 um	_2BQ4_5 Pocet castic velikosti 15 um	_2BQ4_6 Pocet castic velikosti 25 um	_2BQ4_7 Pocet castic velikosti 50 um	_2BQ4_8 Pocet castic velikosti 100 um
	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]	[n/ml]
1.6.2016	10200,00	5646,00	1518,00	260,00	79,00	22,00	1,00	0,00
2.6.2016	10200,00	5646,00	1518,00	260,00	79,00	22,00	1,00	0,00
3.6.2016	10570,05	6392,55	1887,17	293,29	65,39	15,40	0,94	0,00
4.6.2016	10124,34	5863,88	1681,94	191,25	39,29	8,58	0,04	0,00
5.6.2016	11304,60	6650,51	1902,75	218,20	64,35	8,75	0,00	0,00
6.6.2016	10076,87	5413,91	1493,20	163,30	35,73	7,29	0,00	0,00
7.6.2016	9895,56	5507,88	1540,28	179,73	38,23	8,04	0,04	0,00
8.6.2016	7919,95	3559,68	948,46	129,11	25,46	5,73	0,04	0,00
9.6.2016	8243,40	3221,31	831,58	117,35	20,79	4,08	0,00	0,00
10.6.2016	10808,19	5368,91	1366,82	138,27	26,72	4,83	0,00	0,00
11.6.2016	10920,66	5376,81	1417,49	147,22	26,96	4,63	0,00	0,00
12.6.2016	10503,96	5450,73	1480,79	156,44	29,27	5,08	0,00	0,00
13.6.2016	10034,70	5512,13	1567,33	175,76	32,92	5,91	0,00	0,00
14.6.2016	9007,11	4830,36	1422,57	185,73	41,46	5,15	0,00	0,00
15.6.2016	8841,17	4527,01	1351,05	141,53	25,37	4,36	0,00	0,00
16.6.2016	9311,93	5221,98	1582,81	181,58	29,54	4,96	0,00	0,00
17.6.2016	8552,14	4326,19	1280,32	142,74	25,84	4,46	0,00	0,00
18.6.2016	7353,36	3726,95	1096,65	146,05	23,16	4,44	0,00	0,00
19.6.2016	7620,87	3368,12	913,24	109,10	22,18	4,16	0,00	0,00
20.6.2016	7402,64	2541,19	630,64	77,34	15,96	2,86	0,00	0,00
21.6.2016	5878,68	1841,41	463,18	63,37	14,84	2,81	0,00	0,00
22.6.2016	6761,00	2693,00	764,00	84,00	19,00	4,00	0,00	0,00
23.6.2016	7847,51	3547,72	992,87	132,84	24,80	5,42	0,08	0,00
24.6.2016	11600,76	5572,84	1168,40	111,43	27,29	6,46	0,04	0,00
25.6.2016	13152,09	4018,80	691,94	67,95	16,26	3,63	0,00	0,00
26.6.2016	17987,67	4920,54	694,49	79,91	12,52	2,65	0,00	0,00
27.6.2016	18850,20	5984,48	885,52	70,04	14,73	2,78	0,00	0,00
28.6.2016	18252,84	7639,96	1798,55	190,29	21,63	2,81	0,00	0,00
29.6.2016	16419,66	6404,92	1605,73	187,86	26,51	3,65	0,00	0,00
30.6.2016	17784,90	7866,54	1884,76	153,25	21,42	2,69	0,00	0,00
1.7.2016	19094,20	12989,87	4103,53	413,27	42,47	7,42	0,00	0,00

Tabulky č. V.-VIII.: Datové tabulky měření kyselosti surové vody

V.		VI.		VII.		VIII.	
18.03.-31.03.2015		01.04.-30.04.2015		01.05.-31.05.2015		01.06.-01.07.2015	
Datum	_4BQ1 Kyselost surové vody	Datum	_4BQ1 Kyselost surové vody	Datum	_4BQ1 Kyselost surové vody	Datum	_4BQ1 Kyselost surové vody
	[pH]		[pH]		[pH]		[pH]
18.3.2016	7,2043	1.4.2016	7,1621	1.5.2016	7,3252	1.6.2016	6,7162
19.3.2016	7,1994	2.4.2016	7,1784	2.5.2016	7,3446	2.6.2016	6,7870
20.3.2016	7,2135	3.4.2016	7,1962	3.5.2016	7,3956	3.6.2016	6,8323
21.3.2016	7,1929	4.4.2016	7,2275	4.5.2016	7,4349	4.6.2016	6,8699
22.3.2016	7,1847	5.4.2016	7,2459	5.5.2016	7,2165	5.6.2016	6,9228
23.3.2016	7,2145	6.4.2016	7,2442	6.5.2016	7,1563	6.6.2016	6,9383
24.3.2016	7,2286	7.4.2016	7,1868	7.5.2016	7,2035	7.6.2016	7,0083
25.3.2016	7,2116	8.4.2016	7,1508	8.5.2016	7,2784	8.6.2016	6,9667
26.3.2016	7,1968	9.4.2016	7,1302	9.5.2016	7,2442	9.6.2016	7,0903
27.3.2016	7,1992	10.4.2016	7,1200	10.5.2016	7,1075	10.6.2016	7,1336
28.3.2016	7,2160	11.4.2016	7,1136	11.5.2016	7,2442	11.6.2016	7,2275
29.3.2016	7,2212	12.4.2016	7,0978	12.5.2016	7,3604	12.6.2016	7,1752
30.3.2016	7,2170	13.4.2016	7,0485	13.5.2016	7,3430	13.6.2016	7,1780
31.3.2016	7,2021	14.4.2016	7,0220	14.5.2016	7,1801	14.6.2016	7,2815
		15.4.2016	7,0688	15.5.2016	7,1125	15.6.2016	7,4304
		16.4.2016	7,0832	16.5.2016	7,1714	16.6.2016	7,3066
		17.4.2016	7,0941	17.5.2016	7,1932	17.6.2016	7,2660
		18.4.2016	7,1282	18.5.2016	7,2199	18.6.2016	7,1443
		19.4.2016	7,1150	19.5.2016	7,1818	19.6.2016	7,1471
		20.4.2016	7,1120	20.5.2016	7,2362	20.6.2016	7,0541
		21.4.2016	7,1533	21.5.2016	7,3139	21.6.2016	6,8853
		22.4.2016	7,1662	22.5.2016	7,3518	22.6.2016	6,5291
		23.4.2016	7,1478	23.5.2016	7,4368	23.6.2016	6,6727
		24.4.2016	7,1266	24.5.2016	7,5345	24.6.2016	6,8045
		25.4.2016	7,1160	25.5.2016	7,4400	25.6.2016	6,8621
		26.4.2016	7,2082	26.5.2016	7,2147	26.6.2016	6,9881
		27.4.2016	7,2350	27.5.2016	7,0037	27.6.2016	6,9724
		28.4.2016	7,2572	28.5.2016	7,1148	28.6.2016	6,9694
		29.4.2016	7,2824	29.5.2016	7,0610	29.6.2016	7,0453
		30.4.2016	7,3090	30.5.2016	6,6535	30.6.2016	7,1163
				31.5.2016	6,6123	1.7.2016	6,9913

Graf č. 2: Absorbance vody [12]



Tabulky č. IX.-XIII.: Data z UV absorbance zpracovaná do popsaného grafu [12]

IX.		
04.02.-28.02.2015		
Datum	_3BQ4 Absorbance vody za filtry GAU	_4BQ3 Absorbance surove vody
	[m-1]	[-]
4.2.2015	0,036472240	13,719369635
5.2.2015	0,223036455	12,972524467
6.2.2015	1,787116641	13,943948134
7.2.2015	1,864097976	14,025303576
8.2.2015	1,857857804	13,996789266
9.2.2015	1,920341449	13,981282212
10.2.2015	2,105542074	13,706554867
11.2.2015	1,840739987	13,443656726
12.2.2015	1,867681593	13,558461869
13.2.2015	2,017460692	14,520025626
14.2.2015	2,032810231	14,718150653
15.2.2015	2,038586289	14,627288276
16.2.2015	1,566467116	14,384729897
17.2.2015	0,614235589	11,190227968
18.2.2015	0,596517481	10,758118943
19.2.2015	0,588213480	11,246473142
20.2.2015	0,561036602	10,064331164
21.2.2015	0,502403500	9,632248748
22.2.2015	0,444771994	8,555540523
23.2.2015	0,405431850	7,834852761
24.2.2015	0,354710552	7,735778383
25.2.2015	0,319644630	7,742359365
26.2.2015	0,387039904	8,213863344
27.2.2015	0,457700709	10,261900706
28.2.2015	0,615699368	13,144176572

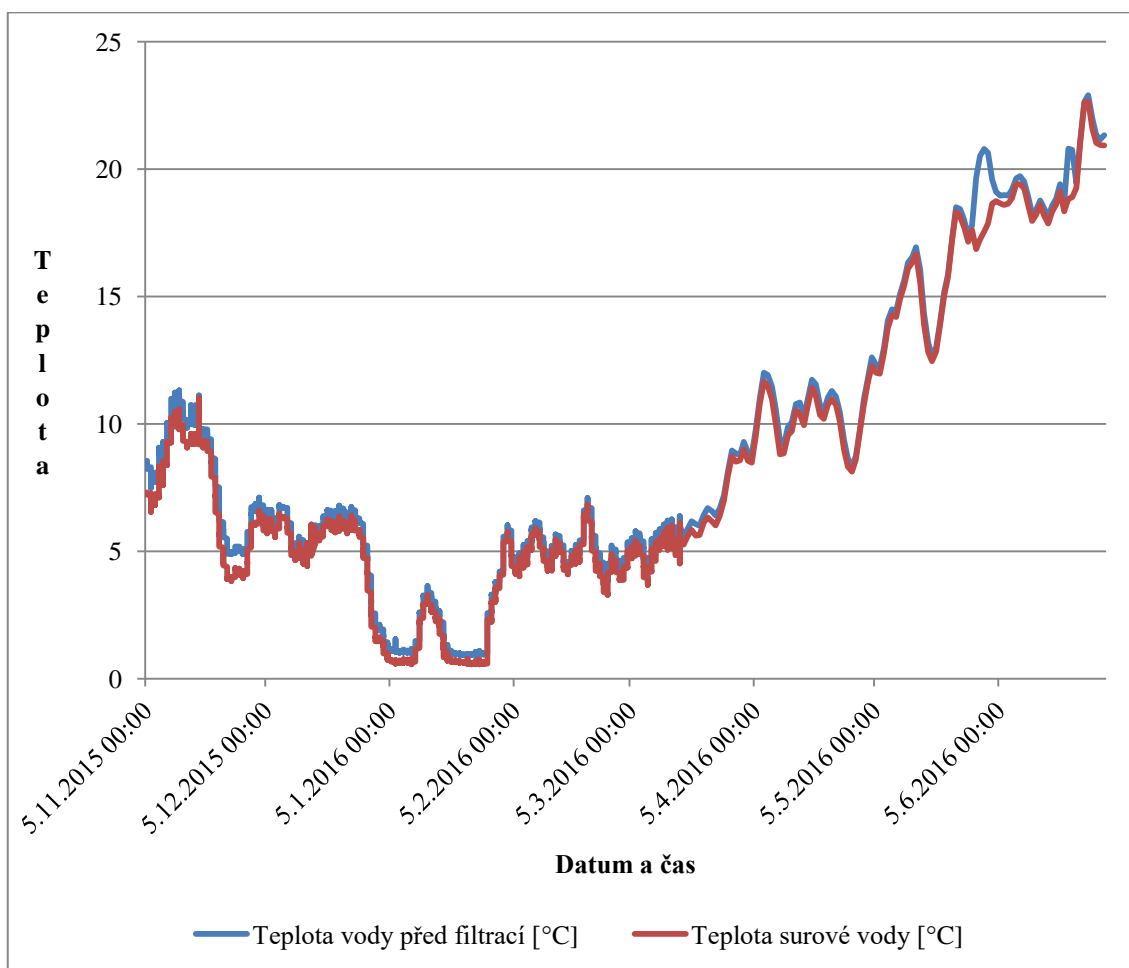
X.		
01.03.-31.03.2015		
Datum	_3BQ4 Absorbance vody za filtry GAU	_4BQ3 Absorbance surove vody
	[m-1]	[-]
1.3.2015	0,671970115	11,230210547
2.3.2015	0,605814603	10,157036843
3.3.2015	0,497059709	9,775505025
4.3.2015	0,453380315	10,203048441
5.3.2015	0,381370864	10,177109042
6.3.2015	0,336257799	11,151281832
7.3.2015	0,313482318	10,134813100
8.3.2015	0,251443592	8,435463989
9.3.2015	0,181795209	8,263249985
10.3.2015	0,126003413	7,503949354
11.3.2015	0,082945614	7,275362484
12.3.2015	0,073862577	7,578455045
13.3.2015	0,148035851	7,391834305
14.3.2015	0,129691148	7,322221913
15.3.2015	0,097010938	6,805149112
16.3.2015	0,103982970	6,391834190
17.3.2015	0,113739172	6,878475043
18.3.2015	0,148483666	8,181684660
19.3.2015	0,144491558	8,055195353
20.3.2015	0,064458163	7,872776159
21.3.2015	0,007867942	7,958340750
22.3.2015	0,015019888	7,847822399
23.3.2015	0,008970527	7,805235649
24.3.2015	0,017679149	7,448548383
25.3.2015	0,009828924	6,890692999
26.3.2015	0,011613698	7,391658247
27.3.2015	0,001899785	8,261617702
28.3.2015	0,001948547	9,181866776
29.3.2015	0,211920197	15,404468999
30.3.2015	0,288239583	13,193814014
31.3.2015	0,016664861	12,176194891

XI.		
01.04.-30.04.2015		
Datum	_3BQ4 Absorbance vody za filtry GAU	_4BQ3 Absorbance surove vody
	[m-1]	[-]
1.4.2015	0,000000000	22,694696084
2.4.2015	0,201910102	38,392083862
3.4.2015	0,352510187	40,099680372
4.4.2015	0,383340682	25,578022212
5.4.2015	0,524296752	25,701948859
6.4.2015	0,590982358	20,627035680
7.4.2015	0,410812989	17,580110167
8.4.2015	0,350887837	15,869329481
9.4.2015	0,487064303	15,227481516
10.4.2015	0,355152494	17,447208042
11.4.2015	0,291016028	17,634635993
12.4.2015	0,212584658	17,305062310
13.4.2015	0,126783999	16,622449543
14.4.2015	0,095933210	17,957420633
15.4.2015	0,054315671	16,273541891
16.4.2015	0,004012781	16,049293457
17.4.2015	0,003879653	16,857551128
18.4.2015	0,000000000	20,224926601
19.4.2015	0,003536863	20,179394681
20.4.2015	0,000000000	16,862114314
21.4.2015	0,007902789	15,505331072
22.4.2015	0,000000000	17,298840537
23.4.2015	0,000041533	17,168259317
24.4.2015	0,005989167	16,811434606
25.4.2015	0,000873704	17,020313632
26.4.2015	0,004285647	16,333098881
27.4.2015	0,016773613	16,357179037
28.4.2015	0,063433134	16,075638254
29.4.2015	0,125913957	17,273700367
30.4.2015	0,017562024	16,305303405

XII.		
01.05.-31.05.2015		
Datum	_3BQ4 Absorbance vody za filtry GAU	_4BQ3 Absorbance surove vody
	[m-1]	[-]
1.5.2015	0,000332731	17,681279403
2.5.2015	0,000000000	16,838204597
3.5.2015	0,000000000	15,971859691
4.5.2015	0,000000000	17,354695946
5.5.2015	0,000000000	18,042944430
6.5.2015	0,000000000	17,185795460
7.5.2015	0,000000000	16,468282501
8.5.2015	0,040976904	18,177101960
9.5.2015	0,189710475	18,751714775
10.5.2015	0,115727000	18,311026155
11.5.2015	0,080061484	17,825534018
12.5.2015	0,056369151	16,759999075
13.5.2015	0,008474916	16,599874349
14.5.2015	0,000000000	17,331635430
15.5.2015	0,000000000	16,657896025
16.5.2015	0,000000000	16,322975523
17.5.2015	0,000000000	15,661674124
18.5.2015	0,000000000	16,365892084
19.5.2015	0,000000000	15,199623963
20.5.2015	0,000000000	12,774343595
21.5.2015	0,000000000	13,576240692
22.5.2015	0,000000000	13,583110765
23.5.2015	0,015637221	13,693560012
24.5.2015	0,024354451	12,381990373
25.5.2015	0,002123218	13,909932574
26.5.2015	0,015572372	13,534662317
27.5.2015	0,004486818	14,345705448
28.5.2015	0,000000000	14,027444346
29.5.2015	0,001372517	13,093717579
30.5.2015	0,000041609	13,221779246
31.5.2015	0,000208999	14,691065810

XIII.		
01.06.-01.07.2015		
Datum	_3BQ4 Absorbance vody za filtry GAU	_4BQ3 Absorbance surove vody
	[m-1]	[-]
1.6.2015	0,000000000	13,528925745
2.6.2015	0,046976279	13,878461691
3.6.2015	0,176647820	14,485830244
4.6.2015	0,056835847	14,795443535
5.6.2015	0,133574541	15,847347992
6.6.2015	0,133513259	16,304690241
7.6.2015	0,113900959	16,082956928
8.6.2015	0,176996994	16,103325015
9.6.2015	0,115301889	16,893454124
10.6.2015	0,011238646	17,194118574
11.6.2015	0,009155065	16,092760097
12.6.2015	0,007461080	15,720584347
13.6.2015	0,020687456	15,979595676
14.6.2015	0,046098453	15,417574872
15.6.2015	0,022526949	16,310672939
16.6.2015	0,043511536	18,491697166
17.6.2015	0,044549917	17,688918039
18.6.2015	0,085811592	17,713377197
19.6.2015	0,057322513	17,782824054
20.6.2015	0,004133941	17,922298346
21.6.2015	0,000000000	17,267567498
22.6.2015	0,000000000	15,664060488
23.6.2015	0,000332685	15,284881554
24.6.2015	0,049601838	16,915354200
25.6.2015	0,103884962	16,544774959
26.6.2015	0,115599201	15,804644445
27.6.2015	0,118517904	15,672798875
28.6.2015	0,078080682	17,782303910
29.6.2015	0,062894270	18,523196320
30.6.2015	0,068938955	16,133737339
1.7.2015	0,117801299	14,069827906

Graf č. 3: Měření teploty surové vody a vody před filtrací [12]



Tabulka č. XIV.: Data z měření teploty zpracovaná do popsaného grafu

XIV.		
Příklad denního měření (06.11.-07.11.2015)		
Datum a čas	Teplota vody před filtrací	Teplota surové vody
	[°C]	[°C]
6.11.2015 00:00	8,305233413	7,182905169
6.11.2015 01:00	8,269492111	7,123919045
6.11.2015 02:00	8,064952328	7,053254968
6.11.2015 03:00	8,103733979	6,984764535
6.11.2015 04:00	8,054027831	6,911684860
6.11.2015 05:00	7,851160963	6,835206434
6.11.2015 06:00	7,851314596	6,769218064
6.11.2015 07:00	7,751818879	6,701276951
6.11.2015 08:00	7,633363994	6,641801736
6.11.2015 09:00	7,567001721	6,593445874
6.11.2015 10:00	7,531533025	6,551257871
6.11.2015 11:00	7,512760378	6,543892258
6.11.2015 12:00	7,486112134	6,588009620
6.11.2015 13:00	7,488395336	6,707163156
6.11.2015 14:00	7,531251389	6,899976496
6.11.2015 15:00	7,625646979	7,090389614
6.11.2015 16:00	7,788670934	7,203247942
6.11.2015 17:00	7,959423137	7,265433116
6.11.2015 18:00	8,069009416	7,273843749
6.11.2015 19:00	8,126039314	7,252509847
6.11.2015 20:00	8,133739701	7,244022219
6.11.2015 21:00	8,119570800	7,219177857
6.11.2015 22:00	8,110103898	7,174725233
6.11.2015 23:00	8,084779474	7,115163091
7.11.2015 00:00	8,040300852	7,060662956
7.11.2015 01:00	7,990227587	7,019266897
7.11.2015 02:00	7,943497985	6,981250446
7.11.2015 03:00	7,901813462	6,940571660
7.11.2015 04:00	7,865659227	6,896735795
7.11.2015 05:00	7,827533516	6,855471869
7.11.2015 06:00	7,787394857	6,825248926
7.11.2015 07:00	7,751823476	6,819389982
7.11.2015 08:00	7,724650541	6,824506682
7.11.2015 09:00	7,717469059	6,821524817
7.11.2015 10:00	7,719999765	6,825346413
7.11.2015 11:00	7,718020674	6,839026063
7.11.2015 12:00	7,720877931	6,857184080
7.11.2015 13:00	7,730930060	6,907059998
7.11.2015 14:00	7,752253967	6,969674941
7.11.2015 15:00	7,797686961	7,032685144
7.11.2015 16:00	7,852769230	7,104506310
7.11.2015 17:00	7,910779050	7,170884824
7.11.2015 18:00	7,974424322	7,204865822
7.11.2015 19:00	8,029226744	7,208546240
7.11.2015 20:00	8,060278406	7,208464376
7.11.2015 21:00	8,067044233	7,208029793
7.11.2015 22:00	8,067470986	7,194212103
7.11.2015 23:00	8,069016740	7,243600450

3.1.3 Řídicí systém úpravny povrchové vody

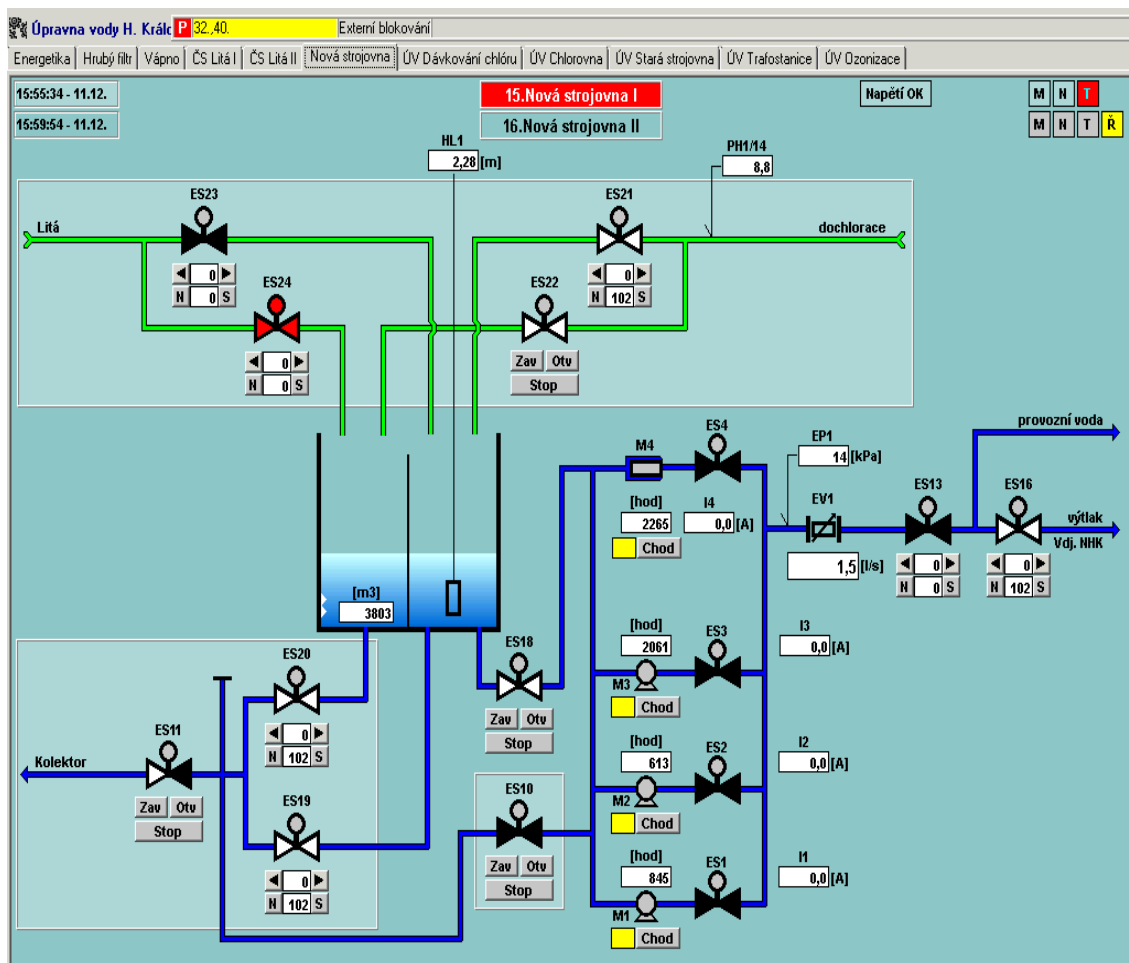
Řídicí systém technologie se zakládá na aplikaci programovatelných logických automatů (PLC) s nadřazeným počítačem s vizualizačním softwarem na dispečerském pracovišti. Jednotlivá PLC a PC jsou navzájem spolu propojeny komunikačními sběrnici. Podle podmínek a velikosti technologie je řídicí systém řešen jako centralizovaný nebo místně dekomponovaný. Místně dekomponované uspořádání za využití vstupně/výstupních jednotek nebo použití více PLC umožňuje přehledné uspořádání řídicího systému a jeho jednodušší rozšiřování.

Řídicí systém zachycuje a zpracovává signály z čidel a analyzátorů, které jsou umístěny v procesu úpravy vody, jako jsou: průtok, teplota, pH, zákal. S naměřenými daty provádí potřebné výpočty a na základě naměřených hodnot provádí regulační zásahy.

Kontakt s obsluhou zajišťuje barevný monitor se znázorněnými technologickými schémata (Obr. 23). Měřené hodnoty jsou zobrazovány v technologických schématech přímo v místech, ve kterých jsou čidla umístěna. V těchto schématech jsou znázorněna veškerá ovládaná zařízení – ventily, čerpadla, kompresory, aj. Jednotlivá zařízení pracují buď automaticky podle naprogramovaných algoritmů, nebo je můžeme ovládat ručně z dispečerského pracoviště, nebo ze stanovišť, která jsou umístěna přímo v provozu. Na monitoru dispečerského stanoviště jsou i při místním ovládní zobrazovány stavy ovládaného zařízení a dispečer je o přepnutí do místního režimu vždy informován.

Užitečným doplňkem dispečerského stanoviště jsou velkoplošné panely se schematickými znázorněními celkového přehledového schématu technologie, na kterých se zobrazují nejdůležitější měřené technologické veličiny.

Pro úroveň programovatelných logických automatů jsou používána PLC různých světových výrobců.



Obr. 23: Barevný monitor se znázorněnými technologickými schémata²⁴

Řídicí systém PROGNOSYS

Prognosys je prediktivní diagnostický systém, který umožňuje proaktivní přístup k údržbě. Systém je schopný upozorňovat uživatele na blížící se problémy funkčnosti přístroje. S jistotou budeme vědět, zda jsou změny v našich měřeních způsobeny změnami v přístroji nebo změnami ve vodě.

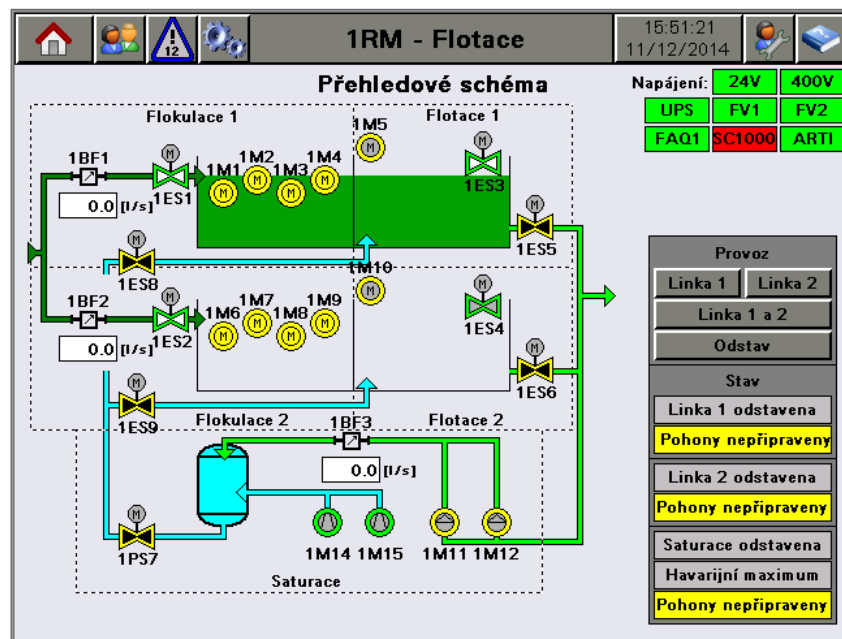
Systém Prognosys pracuje s platformou kontrolérů SC1000 (Obr. 24), přičemž zobrazuje dva indikátory stavu pro každý připojený přístroj kompatibilní se systémem. Tyto indikátory poskytují všechny informace potřebné k plánování preventivní údržby a předcházení nečekaným nouzovým situacím. Indikátor měření monitoruje komponenty přístroje a používá tyto informace k upozornění uživatele na blížící se potřebu údržby ještě před tím, než se měření stanou sporná. Indikátor servisu si sám sleduje počet dní, které ještě zbývají do provedení údržby přístroje. Díky všem těmto technologiím je schopen technolog nebo manažer úpravy vody sledovat jednotlivé

²⁴ Zdroj: ÚV HK Orlice

procesy na přenosných mobilních zařízeních například tabletu (Obr. 25) nebo být informován pomocí sms zpráv.



Obr. 24: Řídicí panel PROGNOSSYS [10] v kombinaci s SC1000²⁵



Obr. 25: ŘÍDICÍ SYSTÉM ÚV HK – dotykové panely a přístup na tablety²⁶

²⁵ Zdroj: HACH LANGE: Výrobce přístrojů pro testování kvality vody, analytických přístrojů a čidel. <http://cz.hach.com>

²⁶ Zdroj: ÚV HK Orlice

4 Diskuze a závěry

V roce 1964, kdy byla úpravná vody na řece Orlici v Hradci Králové uvedena do provozu, začala novodobá historie zásobení města Hradce Králové pitnou vodou. Do té doby mělo město samostatný užitkový vodovod, prostřednictvím kterého byla užitková voda přiváděna do domů, a pro pitnou vodu se chodilo na ulici ke stojánkům. Pitná voda byla do počátku 60. let minulého století zavedena pouze do několika málo veřejných objektů. Po zahájení provozu úpravní byl užitkový vodovod zrušen a pitná voda zavedena přímo do domů.

Kapacita úpravní vody byla 150 l/s a zůstala zachována i po dokončení modernizace. Úpravná vody slouží jako záložní zdroj pro výrobu pitné vody. Hradec Králové a okolí je po většinu roku zásobován z podzemních zdrojů, zejména pak z oblasti Litá - Mokré. Průměrná spotřeba pitné vody pro Hradec Králové činí cca. 20.000 m³ za den. Zásoba pitné vody je akumulována v podzemních vodojemech na Novém Hradci Králové.

Během garančních testů byla úpravná provozována na denní výkon 7800 m³/den, což odpovídá 50 % spotřeby Hradce Králové a okolí. Testy potvrdily schopnost technologie vypořádat se s proměnlivou kvalitou surové vody v řece Orlici.

Náklady na rekonstrukci úpravní vody do září 2014, kdy byla nově otevřena, činily celkem 116 mil. Kč.

Úpravná vody je kromě funkce záložního zdroje také využívána v období od března do července, kdy je limitován zdroj kvalitní podzemní pitné vody a z důvodu preference ochrany přírody a krajiny je čerpání na Lité omezeno.

V teoretické části práce jsou popsány principy technologie úpravy pitných vod a funkce přístrojů pro kontinuální měření pH, koncentrace kyslíku, konduktivity, oxidačně-redukčního potenciálu a celkové koncentrace organických látek (UV, IČ).

V praktické části jsou uvedeny typy senzorů používané na Úpravě vody v Hradci Králové s ukázkou kontinuálních měření.

Je zde popsán princip architektury hardwaru přenosového systému a znázorněno úrovněvé schéma technologické informační sítě.

Práce bude použita jako pomocný učební text pro studenty bakalářského studijního programu "Fyzikální měření a výpočetní technika" pro jejich exkurze a odborné praxe.

Použitá literatura

- [1] ČR. Vyhláška 120/2011 Sb. In: Sbírka zákonů.
<http://www.portalsvj.cz/legislativa/120-2011-sb-zmena-vyhlasky-k-provedeni-zakona-o-vodovodech-a-kanalizacich>
- [2] SZÚ: Monitoring pitné vody. <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/monitoring-pitne-vody>
- [3] BIELA, R.: Inovace při úpravě vody dvoustupňovou separací. Vodovod.info - vodárenský informační portál [online]. 05/2012, [cit. 2016-05-18]. ISSN 1804-7157. Dostupný z WWW:
<http://www.vodovod.info/index.php/clanky/vodarenstvi/182-inovace-pri-uprave-vody-dvoustupnovou-separaci#.V4v7caJUIkM>
- [4] BIELA, R. Vodárenská flotace a její použití při úpravě pitné vody v ČR. TZB-info, 2012, roč. 14, č. 32, s. 1-6. ISSN: 1801- 4399. [cit. 2016-05-18].
<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8900-vodarenska-flotace-a-jeji-pouziti-pri-uprave-pitne-vody-v-cr>
- [5] BIELA R.: Tradiční a nové technologie úpravy vody. ASIO s r.o. „Pitná voda, novinky a souvislosti aneb What's NEW? N-nutrients; E-energy; W-water“. 2013. [cit. 2016-05-18].
<http://www.asio.cz/cz/173.tradicni-a-nove-technologie-upravy-vody>
- [6] CRITTENDEN, John, et al. Water Treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons, 2005. 1948 p. ISBN 0-471-11018-3.
- [7] MALÝ, Josef; MALÁ, Jitka. Chemie a technologie vody. 2. doplněné vydání. Brno: Ardec s.r.o., 2006. 329 s. ISBN 80-86020-50-9.
- [8] KOŽÍŠEK F.: Kam směřuje kontrola a analytika pitné vody. Chem. Listy (2011), 105, 237, s. 244-237 [cit. 2016-05-18]. http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_04_237-244.pdf
- [9] WEBSTER, J. G.: The measurement, Instrumentation, and Sensor Handbook. 1998. CRC. 2 608 s. ISBN 0849383471.

- [10] HACH LANGE: Procesní přístroje pro analýzu vody. https://sk.hach.com/cms-portals/hach_sk/cms/documents/proces.pdf
- [11] KRÁL P., NAVRÁTIL P.: (2016). ÚV Hradec Králové Orlice – provozní zkušenosti dva roky od rekonstrukce – je potřeba tří separačních stupňů?, Sborník konference Pitná voda 2016, 23. – 26. 5., Tábor, str. 185 – 190, W&ET Team, ISBN 978-80-905238-2-1.
- [12] KRÁL P.: (2016). ÚV Hradec Králové Orlice – provozní zkušenosti dva roky od rekonstrukce, časopis SOVAK, ročník 25, 2016 (9), v tisku.