SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

2122316

ZMENA KVALITY PITNEJ VODY V PROCESE ÚPRAVY NA ÚV BARDEJOV

2011 **Júlia Bogdanová, Bc.**

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH ZDROJOV

ZMENA KVALITY PITNEJ VODY V PROCESE ÚPRAVY NA ÚV BARDEJOV

Diplomová práca

Študijný program:	Udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka
Študijný odbor:	4140800 Všeobecné poľnohospodárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra environmentalistiky a zoológie
Školiteľ:	Doc. Ing. Peter Ondrišík PhD.

Nitra, 2011 **Júlia Bogdanová, Bc.**

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Júlia Bogdanová, vyhlasujem, že som záverečnú prácu vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 15. apríla 2011 Júlia Bogdanová

Poďakovanie

Dovoľujem si týmto poďakovať vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Petrovi Ondrišíkovi, PhD. za odborné vedenie a pomoc pri jej vypracovaní.

Taktiež ďakujem pracovníkom VVS a.s. Košice, závodu Bardejov a pracovníkom ÚV v Bardejove za poskytnuté materiály, pripomienky a cenné rady, ktoré mi ochotne poskytli

Abstrakt

Proces úpravy vody a jeho kontrola má na Slovensku už svoju tradíciu. Korene tejto činnosti siahajú ďaleko do minulého storočia, kedy úprava vody začala výrazne podliehať legislatívnym predpisom.

Táto práca je komplexným hodnotením problematiky úpravy vody z povrchového zdroja a zmeny kvality vody na jednotlivých stupňoch úpravy, hodnotená na úpravni vody v Bardejove v rokoch 2006, 2007, 2009, 2010. Bližšie hodnotí fyzikálno-chemické, mikrobiologické a biologické ukazovatele kvality pitnej vody a poukazuje na význam biologických indikátorov kvality surovej vody, efektívnosť zavedenia systému skorého varovania na úpravni vody v Bardejove a postupné znižovanie znečistenia povrchových vôd horného toku rieky Topľa spôsobené postupným ubúdaním poľnohospodárskej výroby a postupnou výstavbou ČOV v niektorých obciach.

Z uvedených výsledkov práce vyplýva , že účinnosť technológie úpravy vody na ÚV v Bardejove je priemerne 65% a hodnoty fyzikálno-chemických ukazovateľov stanovovaných v pitnej vode dosahujú požadované limity požiadaviek Nariadenia vlády SR č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.

Na ÚV v Bardejove v roku 2006 bola dosiahnutá v procese úpravy závadnosť pitnej vody 0,92% .V roku 2007 to bola o 0,2 % nižšia závadnosť. V roku 2009 závadnosť klesla na hodnotu 0,08 % a v roku 2010 to bolo opakovane 0,08 %.

Kľúčové slová: kvalita pitnej vody, povrchová voda, úprava pitnej vody, CHSK, Al^{3+} ,fyzikálno-chemické ukazovatele, mikrobiologické ukazovatele, biologické ukazovatele, závadnosť, biomonitoring ,

.

Abstrakt

Process of water treatment and its control has its tradition in Slovakia. The roots of this activity are reaching far in the previous century, when water treatment started to underlie legislative regulations.

This thesis is a complex evaluation of surface water treatment and change of water quality in particular stages of the water treatment, evaluated in the water treatment plant in Bardejov in years 2006, 2007, 2009, 2010. More closely it evaluates the physiochemical, microbiologic and biologic parameters of the drinking water quality and points to the significance of raw water biologic quality indicators, efficiency of early warning system application in the water treatment plant in Bardejov and gradual decrease of surface waters contamination in the upper laps of river Topľa caused by consistent decline of agricultural production and ongoing establishment of waste water treatment plants in some of the surrounding villages .

From the stated results of the thesis we imply, that the efficiency of water treatment technology at WTP in Bardejov is on average 65% and the levels of physic-chemical measures stated in drinking water reach desired limits of the requirements of SR Government regulation no. 354/2006, by which requirements for water intended for human consumption and the quality of water intended for human consumption are set.

Harmfulness of drinking water of 0,92% has been attained in the WTP Bardejov in 2006. In 2007 it was decreased by 0,2 %. In 2009 the harmfulness decreased to the level of 0,08 % and in 2010 it was again 0,08 %.

Keywords : drinking water quality, surface water , drinking water treatment , CHSK, Al^{3+}, physiochemical parameters,microbiologic parameters, biologic parameters,harmfulness , biomonitoring ,

Obsah

Obsah **7**

Zoznam skratiek a značiek **9**

Úvod **10**

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky **12**

1.1 Voda všeobecne 12

1.1.1 Význam vody 12

1.1.2 Funkcie vody 13

1.1.3 Kolobeh vody v prírode 13

1.2 Kvalita a znečisťovanie vôd 14

1.2.1 Požiadavky na kvalitu povrchovej vody 14

1.2.2 Samočistiace procesy v povrchových vodách 16

1.2.3 Vývoj kvality povrchových vôd 18

1.2.4 Stav a vývoj využívania povrchových vôd 18

1.3 Odbery vzoriek pri prevádzkovej kontrole kvality vody 20

1.3.1 Zásady odberu vzoriek 20

1.3.2 Miesta prevádzkovej kontroly kvality vody 20

1.3.3 Počet odberov vzoriek a druh rozborov pri prev. kontrole 21

1.3.4 Rozsah rozborov pitnej vody 22

2 Cieľ práce **25**

3 Metodika práce **26**

4 Výsledky **27**

4.1 Zásobovanie pitnou vodou v okrese Bardejov 27

4.2 Monitorovanie kvality vody na ÚV Bardejov 27

4.3 Biomonitoring a systém skorého varovania 28

4.3.1 Zákonitosti biomonitoringu 29

4.3.2 Monitorovacia stanica so pstruhom dúhovým 29

4.3.3 Monitorovacia stanica s korýtkom maliarskym 30

4.3.4 Kontinuálne meranie TOC 31

4.4 Procesy využívané pri úprave vody 33

4.4.1 Mechanické predčistenie 33

4.4.2 Koagulácia a čírenie 34

4.4.3 Usadzovanie 36

4.4.4 Filtrácia 36
4.5 Dávkovanie chemikálií 37
4.6. Vplyv koagulácie na kvalitu vody 38
4.6.1 Vplyv koagulácie na vodné organizmy 46
4.6.2 Hodnotenie účinnosti technológie z biolog. hľadiska 47
4.7 Zdravotné zabezpečenie pitnej vody 49
4.7.1 Hodnotenie mikrobiolog. znečistenia 51
4.8 Posúdenie celkového stavu kvality vody na ÚV Bardejov 58
5 Návrh na využitie výsledkov 66
6 Záver 67
7 Použitá literatúra 70
8 Prílohy 73

Zoznam skratiek a značiek

SR	Slovenská republika
MZ	Ministerstvo zdravotníctva
RÚVZ	Regionálny ústav verejného zdravotníctva
BSK	biochemická spotreba kyslíka
Al^{3+}	hlinitý katión
KTJ	kolóniu tvoriaca jednotka
ÚV	úpravňa vody Bardejov
THM	trihalometány
WHO	Svetová zdravotnícka organizácia
TTC	trifenyl tetrazolium chlorid
NH_4^+	amónny katión
NO_3^-	dusičnanový anión
NO_2^-	dusitanový anión
CHSK(Mn)	chem. spotreba kyslíka stanovená manganistanom draselným

Úvod

„Voda, si bez chuti, bez farby, bez vône, si nedefinovateľná a človek ťa pije bez toho, že by ťa poznal. Ty nie si nutná k životu: ty si život sám. Naplňuješ nás rozkošou, zdroj ktorej nie je v zmysloch. S tebou sa nám vracia všetko, čoho sme sa už zriekli. Vďaka tebe sa otvárajú všetky vyschnuté pramene nášho srdca. Si tým najcennejším pokladom na svete a tiež pokladom najchúlostivejším, ty, tak čistá v útrobách zeme.
Ale naplňuješ nás nesmiernym a obyčajným šťastím.

Antoine de Saint-Exupéry

Princíp všetkých vecí je voda- z vody je všetko a všetko sa do vody vracia. Túto myšlienku Thalesa Miletského by si mal uvedomiť každý, kto s vodou prichádza do styku a využíva ju na svoju potrebu.

Človek sa s vodou stretáva od svojho narodenia až do posledného dňa svojho života. Voda nás teda sprevádza počas celého života, hoci si to ani neuvedomujeme. Považujeme ju za samozrejmosť a spravidla jej nevenujeme veľkú pozornosť. Bez pochýb je voda najdôležitejšou zlúčeninou na zemskom povrchu

Voda je najbežnejšia kvapalina. Je doslovne všade, aj v našom tele. Skutočne voda je absolútne nevyhnutnou pre všetky formy života, aké sa kedy vyvinuli na zemi. Dokonca v našich výletoch vo fantázii science-fiction je problematické predstaviť si život bez nejakého "druhu vody". V mnohých smeroch voda riadi náš život. Podmieňuje, kde môžeme žiť. Od nej závisí, či môžeme siať a produkovať dostatok potravy. Ovplyvňuje počasie, ktoré máme. Všetko živé potrebuje vodu - ľudia, zvieratá i rastliny. Viac ako 70 % povrchu Zeme pokrývajú moria, oceány , jazerá a vodné toky, čo je 369 000 000 kilometrov štvorcových, ľudstvo v súčasnosti zápasí s problémom dostatku vody, t. j. s dostatkom čistej vody.

Možno teda povedať, že je jedinečným fenoménom - je nositeľom informácií v prírode, ako aj v pôsobení človeka a zároveň je ich súčasťou, ktorá umožňuje ich existenciu v prakticky nevyčísliteľnom množstve modifikácií. Vzhľadom na charakter jej výskytu a významu je predmetom globálnych, medzinárodných záujmov, monitoruje sa jej množstvo a kvalita, odhadujú alebo vypočítavajú sa jej zásoby, ktoré podliehajú okamžitým, sezónnym a dlhodobým zmenám. O globálnom význame vody svedčí

napríklad aj tá skutočnosť, že 22. marec bol Organizáciou spojených národov vyhlásený za Svetový deň vody. V tento deň by si mali všetky štáty sveta pripomenúť, čo pre ľudstvo voda znamená.

V prírode sa voda vyznačuje osobitým postavením, nakoľko na rozdiel od ostatných prírodných surovín, ktoré sa spravidla po jednom použití znehodnocujú, voda podlieha neustálym zmenám a ustavične sa regeneruje svojim obehom v prírode. Voda teda nemôže existovať bez pohybu, nemôže stratiť schopnosť stále nových zmien .

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1. 1 Voda všeobecne

1. 1. 1 Význam vody

Voda je binárna polárna zlúčenina vodíka a kyslíka. Väzobný uhol H-O-H je 104,4°, ktorý určuje niektoré vlastnosti.

Za normálnej teploty a tlaku je to bezfarebná, číra kvapalina bez zápachu a chuti. Najrozšírenejšia zlúčenina v prírode sa vyskytuje v troch skupenstvách: v pevnom (sneh, ľad), v kvapalnom (voda) a v plynnom (vodná para) (PETŘVALSKÝ a kol., 1993).

V súčasnosti si odborníci uvedomujú, že postupný rast obyvateľstva, jeho koncentrácia, ale najmä zvyšovanie dynamiky jeho ekonomickej aktivity, ktoré sú spojené s veľkými nárokmi na vodu a so zhoršovaním akosti vôd, môžu viesť k vyčerpaniu alebo znehodnoteniu vodných zdrojov, aj keď sa trvale obnovujú na základe kolobehu vody v prírode. V súčasnosti je využívanie vodných zdrojov spojené nielen s veľkými investíciami, ale aj s ťažkosťami súvisiacimi s ich ochranou. Voda za danej situácie sa môže stať limitujúcim článkom rozvoja spoločnosti (KRIŠ,2006).

Objektívne reálnou formou existencie pohybujúcej sa vody je priestor a čas. Do tohto kolobehu, aj vplyvom všestranného rozvoja spoločností čoraz viac zasahoval a zasahuje človek, čím vznikal a dodnes trvá mimoriadne dôležitý vzťah medzi vodou a spoločnosťou.

Donedávna bol tento vzťah relatívne jednoduchý a bez väčších problémov. Nároky spoločnosti na vodu sa zväčša uspokojili bez vážnejších technických ťažkostí a znečisťovanie vodných tokov sa likvidovalo spravidla ich samočistiacou schopnosťou bez prípadného zásahu človeka do tejto oblasti (SUPEK 2004).

Súčasnosť možno charakterizovať na jednej strane požiadavkami na zvýšenú potrebu vody s požiadavkami na vhodné fyzikálne, chemické a bakteriologické vlastnosti vody na jednej strane a znečisťovaním vodných zdrojov na strane druhej. Treba si ale uvedomiť, že existuje zdanlivý paradox hojnosti vody, ktorú veľmi často limitujú chemické, biologické a bakteriologické vlastnosti tejto tekutiny. Napriek tomu, že celkové zásoby vody na Zemi sú svojim objemom nevyčerpateľné, musíme cirkulujúci podiel dispozičných zdrojov sladkej vody v závislosti od regionálneho členenia pokladať za prírodný zdroj vyčerpateľný, neudržateľný a nenahraditeľný s potenciálnou možnosťou jeho poškodenia znečistením aj v globálnom až kontinentálnom meradle (KRIŠ 2006).

V dôsledku negatívneho vývoja kvality vody vplyvom sekundárnych antropogénnych činiteľov narastajú problémy s využívaním viacerých vybudovaných

zdrojov vody pre zásobovanie obyvateľstva. Existuje celý rad prípadov znehodnotenia významných zdrojov vody, hlavne v aluviálnych náplavoch riek, ktoré viedli k čiastočnému, resp. úplnému vyradeniu zdroja z prevádzky (HOLUBEC, 1995).

1. 1. 2 Funkcie vody

Z hľadiska celospoločenských funkcií v životnom prostredí človeka patrí medzi najvýznamnejšie funkcie vody biologická, zdravotná, kultúrna a estetická, politická a vojensko-strategická funkcia.

Nezastupiteľná ***biologická funkcia*** vyplýva zo skutočností, že voda popri iných funkciách má prvoradý význam pri zabezpečovaní výživy ľudstva. Je teda základnou dávkou biomasy. Je jedným zo základných substrátov v živej hmote. Všetky životné deje môžu prebiehať iba vo vodnom prostredí.

Zdravotná funkcia vody je nezastupiteľná pri zabezpečovaní osobnej a verejnej hygieny človeka a široko sa uplatňuje i pri jeho rekreácii.

Kultúrna a estetická funkcia vody spočíva v jej prínose na zveľaďovanie a estetiku krajiny. Životné prostredie si preto v súčasnosti nevieme predstaviť bez vody . Voda sa takto stáva časovo výraznejším faktorom pri tvorbe antropogenizovaného životného prostredia a po stáročia bola a je súčasťou duchovnej kultúry ľudí (KRIŠ, 2006).

1. 1. 3 Kolobeh vody v prírode

Voda z celkovej rozlohy asi 510 mil. km^2 zemského povrchu našej planéty zaberá približne 362 mil. km^2, t.j. 71%, zatiaľ čo rozloha pevniny je asi 148 mil. km^2
t. j. 29 %. Pôsobením slnečného tepla sa voda vyparuje z hladiny morí, jazier, tečúcich vôd, potokov a riek, z pôdy a vegetácie a prechádza do ovzdušia ako vodná para. Ak sa táto para ochladí vytvára zrážky rôzneho skupenstva, ktoré opäť spadnú na zemský povrch. Pokiaľ sa zrážky ihneď nevyparia, vsakujú do pôdy a infiltrujú do horninového prostredia a vytvárajú podzemné vody, alebo tieto odtekajú ako povrchové vody v systéme vodných tokov späť do morí (KRIŠ, 2006).

Nad oceánom sa viac vody vyparí ako naprší, lebo vodnú paru vietor zaháňa na súš. Deficit medzi výparom a zrážkami nad oceánmi je 41 000 km^3. Je to množstvo, ktoré každoročne dopĺňa zrážky na pevnine a prichádza korytami riek späť do oceánov. Na rozdieloch vodnej bilancie spočíva členenie zemského povrchu na suché (aridné) alebo vlhké (humídne) oblasti (KRÍŽOVÁ, 2001).

Z hydrologického hľadiska Krišš rozlišuje tri základné formy výskytu vôd v prírode, a to vody:

- atmosférické
- povrchové
- podpovrchové

Ľudská činnosť značne ovplyvňuje kolobeh vody, či už sú to zmeny hladiny podzemnej vody poľnohospodárskou činnosťou, zmeny absorpčných schopností pôdy odlesňovaním (alebo zalesňovaním), stavba hydroenergetických zariadení (priehrad) a následné ovplyvnenie prísunu vody v riekach a urbanizácia. Z prírodných fenoménov vodný cyklus najviac ovplyvňuje teplota povrchu (v posledných ľadových dobách bolo množstvo odparenej vody menšie ako dnes), (STANNERS, BOURDEAU, 1995).

1. 2 Kvalita a znečisťovanie vôd

Zákon NR SR č. 384/2004 Z. z. o vodách definuje znečistenie vôd nasledovne:

„Znečistením vôd je priame alebo nepriame vypúšťanie alebo únik látok alebo tepla do vody, ovzdušia alebo pôdy spôsobené ľudskou činnosťou a prírodnými vplyvmi, ktoré môžu poškodiť zdravie ľudí, kvalitu vodných ekosystémov alebo od nich priamo závislých krajinných ekosystémov, spôsobiť poškodenie materiálnych hodnôt, obmedzenie alebo zhoršenie rekreačných možností alebo iného užívania životného prostredia“.

Povrchové a podzemné vody na území Slovenskej republiky, ako je to zakotvené v Ústave SR, sú jej národným bohatstvom a majetkom. V súlade so zásadami Európskej vodnej charty a potrebami ich treba chrániť, regulovať a regenerovať tým zodpovednejšie, čím intenzívnejšie je ich využívanie. Aktívna ochrana vôd tak po stránke kvantitatívnej i kvalitatívnej vyplýva priamo už zo zákona o vodách (SUPEK, 2004).

1.2.1 Požiadavky na kvalitu povrchovej vody

Základom hodnotenia kvality povrchových vôd je sumarizácia výsledkov klasifikácie v zmysle STN 75 7221 „Kvalita vody“. Klasifikácia kvality povrchových vôd", ktorá kvalitu vody hodnotí v 8 skupinách ukazovateľov.

Tab. 1 Skupiny ukazovateľov kvality vody

Skupina	Skupina ukazovateľov kvality vody	Ukazovatele kvality vody
A	kyslíkový režim	rozpustený kyslík, BSK5, ChSKMn, ChSKCr
B	základné fyzikálno-chemické ukazovatele	pH, teplota vody, rozpustené látky alebo merná vodivosť, chloridy, sírany
C	nutrienty	amoniakálny dusík, dusičnanový dusík, celkový fosfor
D	biologické ukazovatele	sapróbny index biosestónu, sapróbny index bentosu
E	mikrobiologické ukazovatele	koliformné baktérie, termotolerantné koliformné baktérie
F	mikropolutanty	ortuť, kadmium, arzén, olovo, meď, nepolárne extrahovateľné látky
G	toxicita	akútna toxicita na vodné organizmy (kôrovce, riasy), klíčivosť semien
H	rádioaktivita	celková objemová aktivita alfa, celková objemová aktivita beta

www.shmu.sk

Kvalita vody sa klasifikuje osobitne pre každý jednotlivý ukazovateľ príslušnej skupiny ukazovateľov. Zaradenie kvality vody podľa každého jednotlivého ukazovateľa do triedy kvality vody sa uskutočňuje porovnaním vypočítanej charakteristickej hodnoty tohto ukazovateľa so zodpovedajúcou sústavou jeho medzných hodnôt (v prípade pH intervalom hodnôt). V každej skupine sa určí výsledná trieda kvality vody podľa najnepriaznivejšieho ukazovateľa kvality vody. S použitím sústavy medzných hodnôt sú vody zaraďované podľa ich kvality do 5 tried kvality vody (www.shmu.sk).

Tab.2 Triedy kvality povrchových vôd a jej vhodnosť použitia

Trieda kvality vody	Slovné hodnotenie tried kvality vody	Farebné označenie tried v mapových výstupoch	Vhodnoť použitia
I. trieda	- veľmi čistá voda	svetlomodrá	obvykle vhodná na všestranné použitie, vodárenské účely, potravinársky priemysel, rekreačné využitie, chov lososových rýb, má veľkú krajinotvornú funkciu
II. trieda	- čistá voda	tmavomodrá	obvykle vhodná pre väčšinu spôsobov využitia, vodárenské účely, chov rýb, vodné športy, má krajinotvornú funkciu
III. trieda	- znečistená voda	zelená	je obvykle vhodná len pre zásobovanie priemyslu vodou, podmienečne použiteľná pre vodárenské účely v prípade absencie zdroja s lepšou kvalitou vody (nutnosť viacstupňovej úpravy), má malú krajinotvornú funkciu
IV. trieda	- silno znečistená voda	žltá	obvykle vhodná len pre obmedzené účely
V. trieda	- veľmi silno znečistená voda	červená	obvykle sa nehodí pre žiadne účely

www.shmu.sk

1.2.2 Samočistiace procesy v povrchových vodách

Do povrchových vôd môžu z okolitého prostredia vnikať nečistoty prirodzeného i umelého pôvodu. Ak by sa povrchové vody chovali k tomuto znečisteniu pasívne, došlo by v krátkej dobe k porušeniu prírodnej biologickej rovnováhy. Povrchové vody, tečúce aj stojaté, do ktorých boli privedené odpadové vody po určitej dobe znovu získajú svoju pôvodnú čistotu. Procesy samočistenia sa uplatňujú hlavne pri likvidácii znečistenia organického pôvodu. Sú súborom procesov fyzikálnych, chemických a predovšetkým biologických (PITTER 1981).

Pre život vodných organizmov a samočistiacu schopnosť povrchových vôd je významný obsah rozpusteného kyslíka, ktorý je funkciou teploty, obsahu organických látok a intenzity fotosyntézy. V letnom období je obsah rozpusteného O_2 v rozmedzí 8-12 $mg.l^{-1}$, v zimnom asi 6-8 $mg.l^{-1}$ (jeho obsah v priebehu dňa kolíše). Pri nedostatku kyslíka a silnom znečistení vody prebiehajú biochemické procesy vo vode za účinnosti anaeróbnych baktérií, dochádza k hnitiu organickej hmoty a k tvorbe látok a prostredia toxického pre vodné organizmy. Mierou biologicky rozložiteľného organického znečistenia povrchových

vôd je BSK, ktorá vyjadruje množstvo spotrebovaného kyslíka mikroorganizmami pri biochemickej oxidácii organických látok v aeróbnych podmienkach a bez účasti fotosyntetizujúcich mikroorganizmov (PITTER a kol.1981).

Z **fyzikálnych procesov** sa uplatňuje predovšetkým sedimentácia nerozpustných látok, spojená s prípadnou koaguláciou, odplavovanie sedimentov, prijímanie kyslíka zo vzduchu difúziou a následným rozptýlením a zriedením znečisťujúcich látok vo vode, čím sa vytvárajú podmienky pre biologické procesy.

Z **chemických procesov** je to neutralizácia, zrážanie, oxidácia rozpustným kyslíkom a fotochemický rozklad.

Na samočistení sa však podieľajú predovšetkým **pochody biologické**. Nositeľom biologických samočistiacich procesov sú rôzne mikroorganizmy, ktorých činnosť závisí od prostredia. Vo vode rozpustné a koloidné organické látky slúžia ako potrava predovšetkým baktériám a hubám, ktoré ich rozkladajú pomocou enzýmov a využívajú ich ako zdroje energie na stavbu svojich tiel. Uhlíkaté organické látky sa rozkladajú rýchlejšie, dusíkaté sa najprv štiepia na amoniak, ktorý sa biochemicky oxiduje na dusitany a dusičnany. Výsledkom rozkladných reakcií organických látok je vznik oxidu uhličitého, vody , dusičnanov, síranov, a fosforečnanov. Vedľajším produktom samočistenia je organický materiál komplexného charakteru, ktorý sa prakticky už ďalej nerozkladá a hromadí sa na dne toku (MARTOŇ, 1984).

Faktory ovplyvňujúce samočistenie:

- koncentrácia rozpusteného kyslíka
- množstvo a rozložiteľnosť organických látok
- toxicita prítomných látok
- zlúčeniny ovplyvňujúce prestup kyslíka zo vzduchu do vody (ropné látky, tenzidy)
- teplota
- kvalita a kvantita biologického osídlenia

Povrchové vody majú dva hlavné zdroje kyslíka. Jednak je to výmena plynov medzi atmosférou a vodou a jednak fotosyntetická asimilácia vodných organizmov obsahujúcich chlorofyl. Kyslík produkovaný pri fotosyntetickej asimilácii môže významne prispievať ku

kyslíkovej bilancii povrchovej vody, zvlášť v stojatých vodách so silným rozvojom rias (PITTER 1981).

1.2.3 Vývoj kvality povrchových vôd

Kvalita vody v slovenských tokoch sa priaznivo vyvíja v skupinách **ukazovateľov kyslíkového režimu**, kde väčšina miest odberov vykazuje II. až III. triedu kvality (spolu cca 72%), nepriaznivú IV. a V. triedu dosahuje spolu len cca 20% odberných miest. Podobne II. a III. trieda prevláda i v skupinách **B-základné fyzikálno-chemické ukazovatele a C-nutrienty** pričom však výskyt IV. a V. triedy je častejší ako v predchádzajúcej skupine.

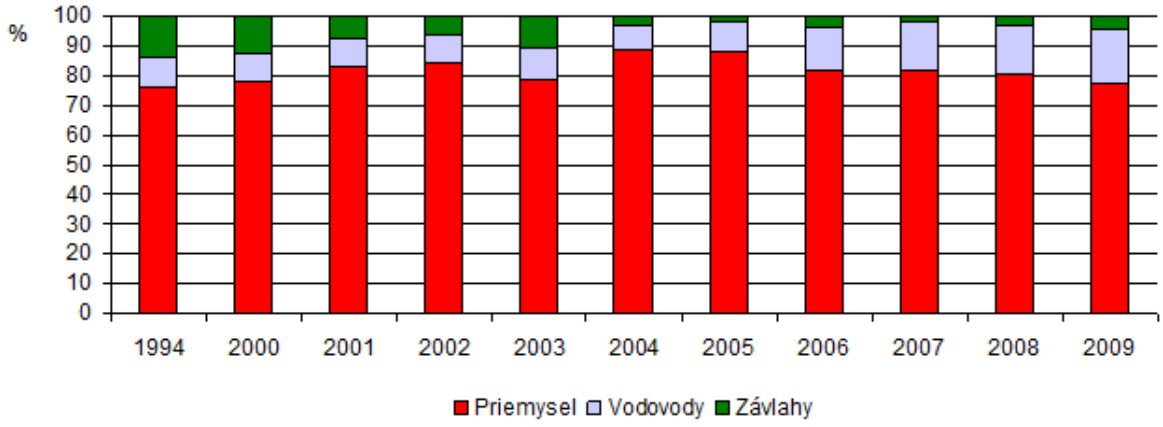
V skupine **D-biologické ukazovatele** prevládala III. trieda (cca 51- 67 % miest odberov). Tradične najhoršia situácia je v hodnotení kvality podľa ukazovateľov skupiny **E-mikrobilogické ukazovatele**, kde vysoký počet koliformných baktérií, termotolerantných koliformných baktérií a fekálnych streptokokov spôsobuje zaradenie skupiny do IV. až V. triedy kvality, ktoré v tejto skupine jednoznačne dominujú. Nepriaznivo sa vyvíjajú ukazovatele skupiny **F - mikropolutanty**, v ktorej tiež dominuje IV. trieda kvality.

Ukazovatele skupiny **H - rádioaktivity** dosahujú cca 77% zastúpenie v I. triede kvality a zvyšných 23 % v II. kvality.

V predchádzajúcom období bol však tento pomer výraznejšie posunutý v prospech I. triedy.

1.2.4 Stav a vývoj využívania povrchových a podzemných vôd

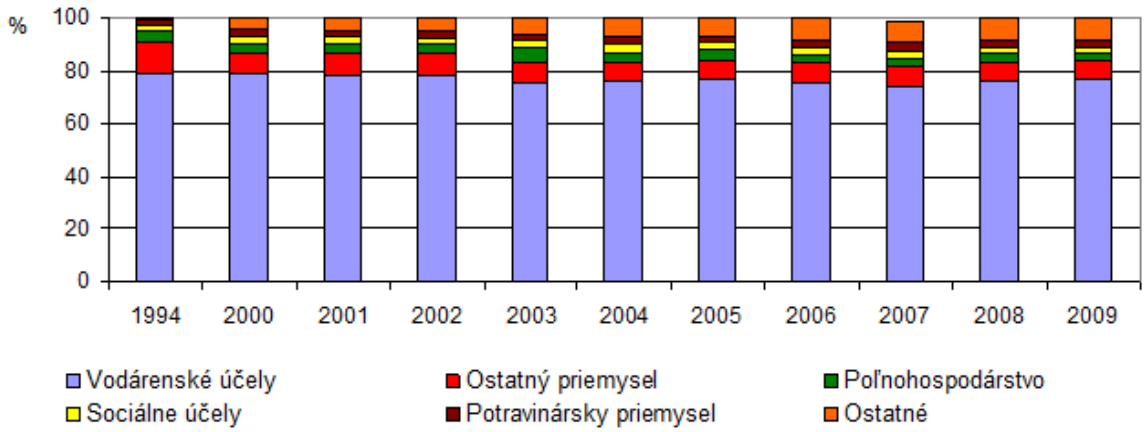
Odber vody pre verejné vodovody z pohľadu hodnotenia desaťročného obdobia zaznamenal mierny nárast napriek tomu, že priame odbery z tokov sú veľmi zraniteľné a využívajú sa hlavne tam, kde nie je možné zabezpečiť vhodnejšie zdroje. Nevýhodou odberov priamo z tokov je rozkolísanosť vodných stavov, zmena kvality vody. Hlavne na území východného Slovenska, kde je nedostatok zdrojov podzemných vôd a je dobre vyvinutá riečna sieť, viedlo k značnému využívaniu povrchových vôd ako zdrojov pitnej vody.



Obr.1 Podiel sektorov na využívaní povrchovej vody v %.

www.enviroportal.sk

Pri zdrojoch podzemných vôd taktiež dochádzalo v poslednom období k znižovaniu odberov.V roku 1993 bola na území Slovenska využívaná viac ako jedna tretina využiteľných zásob podzemných vôd. Počas desiatich rokov sa celkové ročné odbery pre vodárenstvo znižovali. Ako ukazuje obr. č.2 aj od roku 2003 dochádza k miernemu znižovaniu využívania podzemnej vody pre vodárenské účely a naopak mierny nárast zaznamenalo využitie pre služby a ostatné odvetvia hospodárstva..



Obr.2 Podiel sektorov na využívaní podzemnej vody v %.

www.enviroportal.sk

1.3 Odbery vzoriek pri prevádzkovej kontrole kvality vody.

1.3.1 Zásady odberu vzoriek

Základným predpokladom správnosti a použiteľnosti výsledkov získaných fyzikálno-chemickým, mikrobiologickým a biologickým rozborom vody je:

- správne a odborne vykonaný odber vzorky vody
- správne a odborne uchovanie odobratej vzorky do začiatku rozboru vody

Vzorky pre ***mikrobiologické stanovenie*** odoberáme ako prvé , pred odbermi biologickými a fyzikálno-chemickými. Odoberajú sa do sterilných zábrusových vzorkovníc 250 až 500 ml. Počas sterilizácie , alebo skladovania nesmú materiály vzorkovníc vytvárať, alebo uvoľňovať látky schopné potláčať životaschopnosť mikroorganizmov, uvoľňovať jedovaté látky, alebo napomáhať ich rozmnožovaniu. Zátku a hrdlo chránime tenkou hliníkovou fóliou a dbáme na to, aby pri odbere nedošlo ku kontaminácii vzorky.

Biologické vzorky odoberáme hneď po vzorkách mikrobiologických a odoberáme ich podobným spôsobom.

Vzorky pre ***fyzikálno-chemický rozbor*** sa odoberajú do sklených fliaš z chemicky odolného, číreho a bezfarebného skla s dobre tesniacimi sklenenými zátkami. Typ a počet vzorkovníc musí zodpovedať požiadavkám na rozbor.

1.3.2 Miesta prevádzkovej kontroly kvality vody

Výsledky prevádzkovej kontroly kvality surovej vody musia poskytnúť údaje o ukazovateľoch kvality vody podľa požiadaviek na kvalitu pitnej vody, o vývoji kvality vody vo vodárenskom zdroji a údaje potrebné na kategorizáciu kvality surovej vody.

Výsledky prevádzkovej kontroly kvality upravovanej vody musia poskytnúť informácie potrebné na hodnotenie procesu úpravy vody z hľadiska zabezpečenia požadovanej kvality pitnej vody. (Vyhláška MZ SR č.151/2004, Vyhláška MZ SR č.12/2001, Zákon NR SR č. 272/94)

Vzorky podzemnej vody, ktoré nevyžadujú úpravu sa odoberajú v mieste odberu vody z podzemného vodárenského zdroja ak podzemný zdroj tvorí jedna studňa , alebo prameň. Ak podzemný zdroj tvorí sústava studní a prameňov, vzorka sa odoberá ako zmes zo všetkých studní a prameňov.

Vzorky surovej vody, ktoré sa odoberajú na úpravu na pitnú vodu z podzemného zdroja, alebo povrchového zdroja sa odoberajú pred jej dopravou do miesta úpravy vody:

- v mieste odberu z podzemného zdroja
- z jednotlivých zdrojov a zmiešaná vzorka
- z povrchového zdroja v mieste odberu vody

Vzorky upravovanej vody sa odoberajú:

- pred technologickým procesom úpravy vody
- počas neho
- za každým technologickým stupňom
- v rámci jednotlivých technologických stupňov (ak je to potrebné)

Vzorky pitnej vody sa na prevádzkovú kontrolu kvality vody odoberajú:

- na výstupe z ÚV vrátane dezinfekcie
- v rozvodnej vodovodnej sieti

1.3.3 Počet odberov a druhy rozborov pri prevádzkovej kontrole

Pri prevádzkovej kontrole kvality vody sa vykonáva:

- minimálny rozbor
- úplný rozbor
- technologický rozbor

Minimálnym rozborom sa overuje stálosť kvality vody vo vodárenskom zdroji a účinnosť úpravy vody.

Úplným rozborom sa komplexne overuje kvalita vody.

Technologickým rozborom sa overujú hodnoty ukazovateľov kvality vody významných pri hodnotení funkcie jednotlivých technologických stupňov konkrétnej úpravne vody podľa kvality upravovanej vody a technológie úpravy.

V prípade prerušenia prevádzky ÚV na viac ako 24 hodín sa vykonáva mimoriadny odber vzoriek vody v rozsahu technologického rozboru rozšíreného prípadne o ďalšie ukazovatele kvality vody.

1.3.4 Rozsah rozborov pitnej vody

Minimálny ročný počet odberov vzoriek pitnej vody

Ak objem vyrábanej vody nezodpovedá počtu obyvateľov podľa hodnôt uvedených v tabuľke č. 3, považuje sa za rozhodujúci počet obyvateľov zásobovaných pitnou vodou.

Zásobovaná oblasť je geograficky vymedzená oblasť, v ktorej pitná voda pochádza z jedného zdroja alebo z niekoľkých zdrojov a v ktorej kvalitu pitnej vody možno považovať za približne rovnakú.

Tab.3 Minimálny ročný počet odberov vzoriek pitnej vody

Počet obyvateľov v zásob. oblasti (pri dennej spotrebe 200 l/ osobu)	**Objem vyrábanej alebo dodávanej pitnej vody v zásob. oblasti (m3/ deň)**	**Ročný počet vzoriek minim. rozborov**	**Ročný počet vzoriek úplných rozborov**
<50	<10	2	1x za 10 rokov
>50 <100	>10 < 20	2	1x za 5 rokov
>100 < 500	>20 < 100	3	1x za 2 roky
>500 < 5000	> 100 <1000	4	1
>5000 < 50 000	>1000 < 10 000	4 +3 na každých 1000 m3/deň z celkového objemu vrátene začatých	1 +1 na každých 3300 m3/deň z celkového objemu
>50 000 < 500 000	> 10 000< 100 000		3 +1 na každých 10 000 m3/ deň z celkového objemu
> 500 000	> 100 000		10 + 1 na každých 25 000 m3/ deň vrátane začatých z celkového objemu

www.zbierka.sk

Minimálny rozbor

Minimálny rozbor je určený na kontrolu a získavanie pravidelných informácií o stabilite vodného zdroja a účinnosti úpravy vody, najmä na kontrolu dezinfekcie (ak sa vykonáva), mikrobiologickej kvality a senzorických vlastností pitnej vody.

Minimálny rozbor pozostáva z ukazovateľov kvality pitnej vody podľa tab. č. 4.

Tab.4 Ukazovatele kvality pitnej vody a ich limity- minimálny rozbor

p.č.	ukazovateľ	symbol	limit	jednotka	druh limitu
1.	**Escherichia coli**	EK	0	KTJ/ 100 ml	NMH
2.	**Koliformné baktérie**	KB	0	KTJ/ 100 ml	MH
3.	**Enterokoky**	EK	0	KTJ / 100 ml	NMH
4.	**Kultivovateľné org. pri 22 °C**	KM 22	200	KTJ/ 1ml	MH
			500	KTJ/ 1ml	MH
			100	KTJ/ 1 ml	MH
5.	**Kultivovateľné org. pri 37°C**	KM 37	20	KTJ/ 1 ml	MH
			100	KTJ/ 1 ml	MH
			20	KTJ/ 1ml	MH
6.	**Bezfarebné bičíkovce**	BB	10	Jedince/ ml	MH
			50	Jedince/ ml	MH
7.	**Živé organizmy**	ŽO	0	Jedince/ ml	MH
8.	**Vláknité baktérie**	VB	0	Jedince/ ml	IH
9.	**Mikromycety**	MM	0	Jedince/ ml	IH
10.	**Mŕtve organizmy**	MO	30	Jedince/ ml	MH
11.	**Fe a Mn baktérie**	ŽMB	10	Pokryvnosť poľa v %	MH
12.	**abiosestón**	AB	10	Pokryvnosť poľa v %	MH
13.	**Clostridium perfingens**	CP	0	KTJ/ 10 ml	MH
14.	**Amónne ióny**	NH_4^+	0,5	mg/l	MH
15.	**farba**	F	20	mg/l	MH
16.	**dusičnany**	NO_3^-	50	mg/l	MH
17.	**dusitany**	NO_2^-	0,5	mg/l	NMH
18.	**hliník**	Al	0,2	mg/ l	MH
19.	**Voľný chlór**	Cl	0,3	mg/ l	MH
20.	**Chem.spotrera kyslíka**	CHSK	3,0	mg/l	MH
21.	**chuť**		Prijateľná pre spotrebiteľa		
22.	**vodivosť**	kappa	125,0	mS/m	IH
23.	**mangán**	Mn	0,05	mg/l	MH
24.	**pach**		Bez zápachu		
25.	**Reakcia vody**	ph	6,5-8,5		MH
26.	**zákal**	Z	5	ZF	MH
27.	**železo**	Fe	0,2	mg/l	MH
28.	**teplota**	t	8 – 12	°C	OH

www.zbierka.sk

Úplný rozbor

Cieľom úplného rozboru je získavať informácie o dodržaní limitov ukazovateľov kvality pitnej vody určených orgánom verejného zdravotníctva. Úplný rozbor pozostáva z ukazovateľov kvality pitnej vody podľa prílohy č. 1 Nariadením vlády SR č. 496/2010 Z.z.,účinným od 1.1.2011, ktorým sa mení a dopĺňa NV SRč.354/2006 Z.z. z 10. mája 2006. Ustanovujú sa ním požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a z rádiologických ukazovateľov podľa osobitného predpisu.

2 Cieľ práce

Cieľom predloženej práce je priniesť poznatky o spôsobe úpravy vody v konkrétnom zariadení a prispieť k vytvoreniu uceleného a komplexného obrazu o zmene kvality vody pred úpravou, v priebehu jej jednotlivých stupňov, konečného kvalitatívneho stavu po úprave z chemického a mikrobiologického hľadiska a zhodnotiť význam biologických indikátorov a systému skorého varovania na úpravni vody v Bardejove.

Zároveň má táto práca prispieť k celkovému prehľadu pracovníkov úpravní vôd o chemických procesoch ovplyvňujúcich kvalitu vody v procese úpravy a poukázať na stav znečistenia na hornom toku rieky Topľa, ktoré ovplyvňuje kvalitu povrchovej vody v okrese Bardejov.

3 Metodika práce

Pri vypracovaní diplomovej práce sme postupovali nasledovným spôsobom:

- Dôkladné naštudovanie problematiky o spôsobe úpravy povrchových vôd na pitnú vodu
- Získanie literárnych údajov z odborných kníh, časopisov a z internetu.
- Návšteva a získanie podkladov z ÚV v Bardejove.
- Návšteva RÚVZ v Bardejove.
- Získavanie poznatkov z Výskumného ústavu vodného hospodárstva v Bratislave.
- Inventarizácia získaných materiálov.
- Sumarizácia získaných rozborov surovej a pitnej vody na ÚV v Bardejove a spracovanie údajov.
- Napísanie diplomovej práce.

4 VÝSLEDKY

4.1 Zásobovanie pitnou vodou v okrese Bardejov

Situáciu v zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou v okrese Bardejov možno hodnotiť z dvoch hľadísk, a to z hľadiska počtu obyvateľov zásobovaných pitnou vodou z verejných vodovodov a z hľadiska druhu a vhodnosti využívaných vodných zdrojov pre tieto vodovody. Situácia z hľadiska počtu zásobovaných obyvateľov pitnou vodou z verejných vodovodov je celkom uspokojivá, keďže z celkového počtu obyvateľov okresu 76 612 je 82,62 % zásobovaných vodou z verejných vodovodov . Z hľadiska druhu a vhodnosti využívaných vodných zdrojov pre verejné vodovody je už situácia horšia a to z dôvodu, že až 51,85 % obyvateľov okresu je zásobovaných vodou z verejných vodovodov, kde zdrojom vody sú povrchové vody (Bardejov - aglomerácia, Kobyly, Kľušov, Janovce , Hertník, Fričkovce, Osikov, Bartošovce a Raslavice). Úprava vody sa zabezpečuje len u povrchových zdrojov v Úpravni vody Bardejov, Hertník a Kobyly. Ostatné zdroje verejných vodovodov sa upravujú len dezinfekciou chlórňanom sodným vo vodojemoch.

V úpravni vody Bardejov a Hertník (12 l/s) je dvojstupňová úprava - usadzovanie a filtrácia, pri úprave sa používa síran hlinitý a hydroxid vápenatý. Na dezinfekciu upravenej povrchovej vody sa v úpravni vody Bardejov používa plynný chlór a v Úpravni vody Hertník a Kobyly chlórňan sódny . Úprava vody v úpravni Kobyly s kapacitou 6 l/s je pomalou filtráciou biologickými filtrami. Dezinfekcia podzemných zdrojov vody pre všetky vodovody sa zabezpečuje len chlórňanom sodným. Dozor nad zásobovaním obyvateľstva pitnou vodou zabezpečuje okrem prevádzkovateľa aj Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Bardejove , ktorý vykonáva monitoring kvality pitnej vody vo verejných vodovodoch na tzv. stabilných odberových miestach .

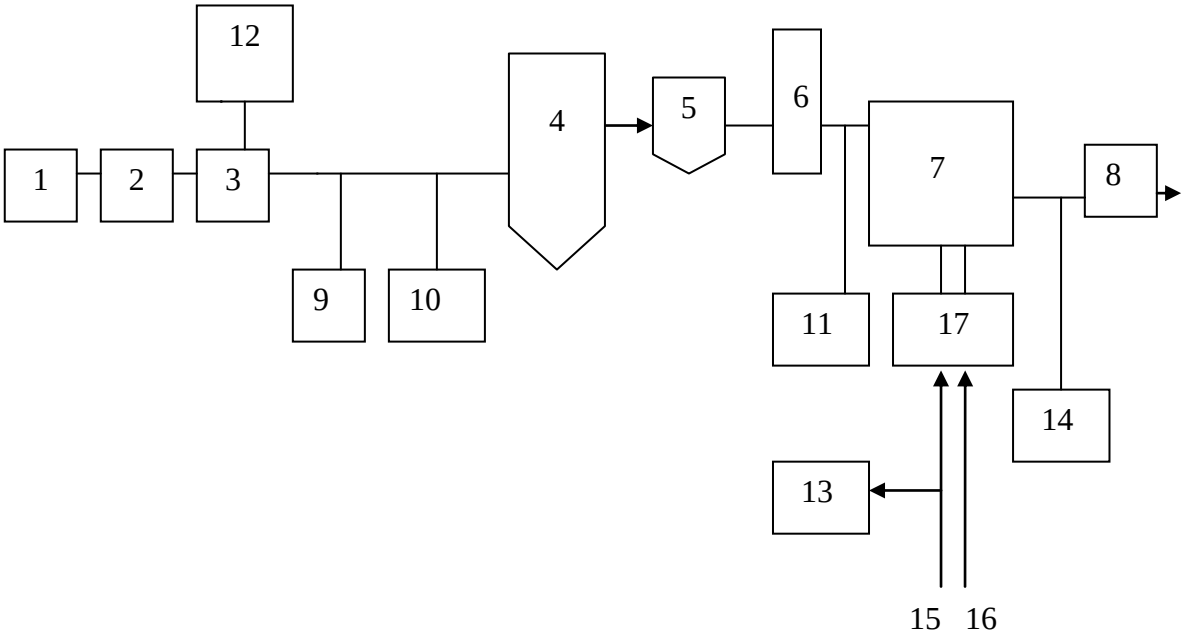
4.2 Monitorovanie kvality vody na ÚV Bardejov

Úpravňa vody v Bardejove upravuje vodu z povrchového toku rieky Topľa, kde má vybudovaný samostatný brehový odberný objekt, z ktorého odobratá voda je privádzaná do akumulačnej nádrže surovej vody a odtiaľ čerpaná na jednotlivé technologické stupne úpravy vody.

Upravenú vodu negatívne ovplyvňuje najmä tá skutočnosť, že v povodí rieky Topľa sa nad odberným profilom nachádza 17 obcí, z ktorých len jedna má vybudovanú kanalizáciu a čistiareň odpadových vôd. Okrem tohto zdroja znečistenia sa v danej oblasti

nachádzajú poľnohospodárske dvory so živočíšnou výrobou , aj keď po roku 1989 už značne obmedzenou. Nie menej závažná je aj tá skutočnosť, že vzhľadom na charakter povodia sa pri prudkých dažďoch mení kvalita upravovanej vody aj niekoľkokrát denne, čo kladie zvýšené nároky na jej úpravu (ONDERÍKOVÁ, 2005).

V účastnosti je ÚV Bardejov usporiadaná podľa nasledujúcej schémy:



Obr.3 Bloková schéma ÚV Bardejov

Vysvetlivky:

1.)Odberný objekt na rieke Topľa, 2.) akumulačná nádrž surovej vody, 3.) čerpacia stanica surovej vody, 4.) rýchlo miešač, 5.) usadzovacie nádrže, 6.)dvojvrstvové rýchlo filtre, 7.) akumulačná nádrž upravenej vody, 8.)čerpacie stanice do vodojemov, 9.) dávkovanie síranu hlinitého,10.)dávkovanie hydrátu vápenatého, 11.) dezinfekcia vody, 12.) biologický monitoring na surovej vode, 13.) monitoring na vode zo zberných drénov, 14.) monitoring na výstupe z úpravne vody, 15.)prívod vody zo zberných drénov, 16.) prívod vody zo studní, 17.) dezinfekcia vody NaClO

4.3 Biomonitoring a systém skorého varovania

Za účelom včasnej identifikácie kvality surovej vody bol na Úpravni vody v Bardejove v rámci projektu PHARE inštalovaný systém skorého varovania pri výrobe pitnej vody. V rámci projektu boli na Úpravni vody Bardejov inštalované dva FISH monitory na surovej vode z rieky Topľa a zberných drénov, MOSSEL monitor na surovej vode, kontinuálne meranie pH, redox potenciálu, zákalu, vodivosti, rozpusteného kyslíka, amoniaku, dusičnanov a TOC- všetko na prítoku z rieky Topľa.

Uvedené zariadenia sú umiestnené pred všetkými stupňami úpravy vody. Sú zabezpečované osobitným čerpadlom, takže aj pri odstavení úpravne sa kvalita vody neustále sleduje.

4.3.1 Zákonitosti biomonitoringu

Pod pojmom biomonitoring sa rozumie sledovanie faktorov prostredia pomocou bioindikačných vlastností živých biologických systémov, ktoré sa nazývajú bioindikátory.

Bioindikátory sú organizmy, alebo spoločenstvá organizmov, ktorých životné funkcie sú v takej úzkej korelácii s určitými faktormi prostredia, že ich možno využiť ako ukazovatele stavu a kvality prostredia. Pri samotnej voľbe vhodného bioindikátora sa zohľadňovali tieto vlastnosti:

- vhodný bioindikátor by mal byť pomerne ľahko deketovateľný a monitorovateľný
- pre bioindikáciu by sa mali použiť druhy, ktoré sú pomerne ľahko identifikovateľné,
- organizmy používané pre indikáciu stavu životného prostredia, by sa mali vyznačovať špecifickou odozvou na zmeny v prostredí,
- bioindikátor by mal mať pomerne nízku amplitúdu tolerančnej oblasti.

Spôsob indikácie a monitorovania životného prostredia má celý rad pozitív, nakoľko mnohé organizmy veľmi citlivo reagujú na stredové faktory a zároveň v sebe integrujú biologické účinky týchto stresov. Metódy bioindikácie sú vhodným a účinným doplnkom technicko-chemických metód, umožňujúcim naviac charakterizovať aj biologické účinky polutantov (PIVOVARNÍKOVÁ, 2006).

4.3.2 Monitorovacia stanica so pstruhom dúhovým (Salmo gairdnerii irideus) na ÚV Bardejov

Ako testovací organizmus je v praxi na ÚV Bardejov používaný pstruh dúhový, pretože sa vychádzalo z poznatku , že lososovité ryby sú vhodným bioindikátorom a pstruh dúhový je zaradený medzi testovacie organizmy pre testy toxicity podľa medzinárodných noriem OECD. Táto ryba má schopnosť citlivo reagovať na zmenu podmienok vodného prostredia predovšetkým v období do 1 roku života.

Funkcia zariadenia je založená na správaní sa rýb, ktoré normálne plávajú proti prúdu snažiac sa zostať na jednom mieste (rheotaxia). Za týmto účelom je testovacia nádoba konštruovaná tak, aby bola schopná vytvoriť dve rôzne situácie toku vody.

Prvá situácia je oddychová fáza. Počas tejto fázy prúdi vody pomaly do komory a na opačnej strane preteká von, takže je tu len veľmi slabý tok vody a ryby preto ostávajú voľne rozmiestnené v komore (PIVOVARNÍKOVÁ, 2006).

Druhá je fáza testovania, počas nej je vytvorený mohutný tok vody. Ak sú ryby v dobrej kondícii a dobrom zdravotnom stave vyhnú sa kontaktu so senzorickou mriežkou. Ak však je ich zdravotný stav narušený napr. toxickými látkami, ryby strácajú schopnosť plávať proti prúdu a mohutný prúd vody ich unáša a pritlačí o prepážky senzorickej mriežky. Každý kontakt s mriežkou je počas testovacej fázy počítaný ako impulz. Počet impulzov je priamo úmerný zhoršujúcemu sa zdravotnému stavu organizmov.

4.3.3 Monitorovacia stanica s korýtkom maliarskym (Unio pictorum).

Korýtka veľmi citlivo reagujú na podmienky prostredia . Za priaznivých podmienok sú korýtka otvorené a cez svoj organizmus filtrujú vodu, pričom z nej prijímajú kyslík a potravu pre životné funkcie. V prípade nebezpečenstva, alebo nepriaznivých podmienok sa správajú neštandardne. Prestanú filtrovať a uzavrú sa, začnú sa rýchlo otvárať a zatvárať, alebo otvoria niekoľkonásobne viac ako normálne. Prah citlivosti týchto organizmov je na mnohé nežiaduce látky nižší, ako sú detekčné limity niektorých stanovení a navyše nie sú závislé od správnej kalibrácie meracích zariadení. Všetko neštandardné správanie sa elektronicky vyhodnocuje cez počítač a signalizuje obsluhe ÚV alarmový stav. Každý senzor je pripojený na počítač, kde sa zaznamenáva každý pohyb korýtok a tieto informácie sú graficky vyhodnocované. Zo všetkých inštalovaných mušlí program spočítava priemerné percento otvorenia a pri jeho rýchlej zmene tiež signalizuje alarmový stav.

Sú pripevnené na špeciálne doštičky, ktoré sú ponorené vo vode. Na vrchnej strane lastúry majú pripevnený špeciálny senzor, ktorého poloha je presne daná, aby zachytil každý pohyb otvorenia a zatvorenia lastúry. Monitorovaciu stanicu korýtok tvorí len jedno akvárium, pretože korýtka sú nepohyblivé. Za bežných a pre korýtko priaznivých podmienok je jeho lastúra pootvorená na 2-5 mm. V prípade, že voda vháňaná ku korýtku je znečistená, tak sa uzavrie. Takto uzavreté dokáže v nepriaznivých podmienkach prežiť až tri mesiace. Ak by však voda vháňaná ku korýtku bola kontaminovaná a spôsobila by ich úhyn, pozorovali by sme roztvorenie lastúry v dôsledku úplného ochabnutia svalov.

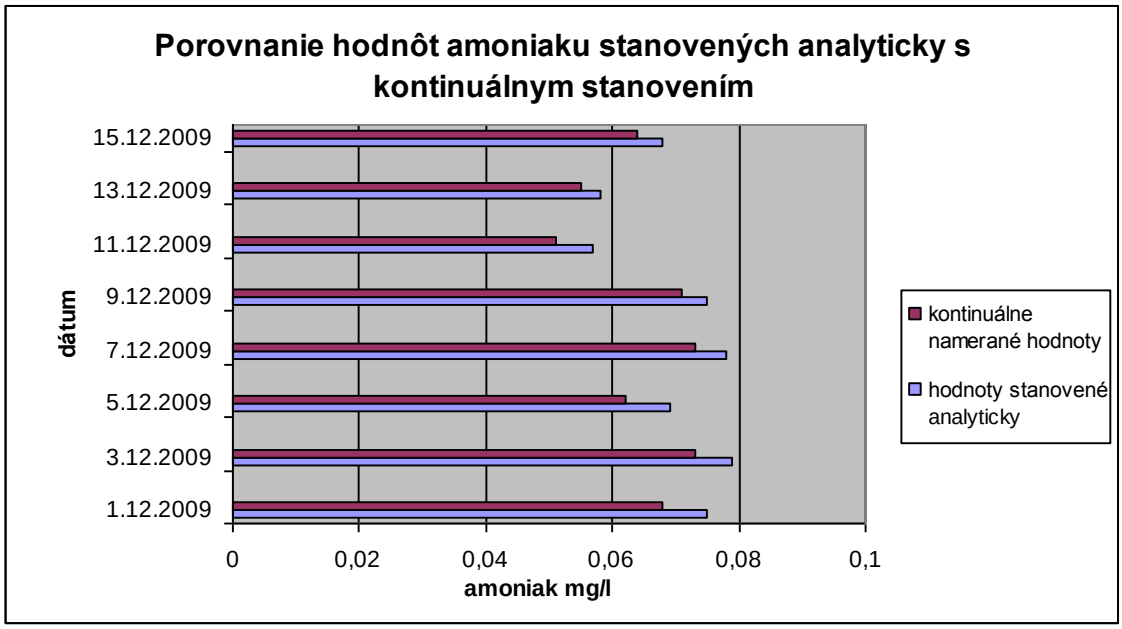
4.3.4 Kontinuálne merania a meranie TOC

Reakcie bioindikátorov dokážu prítomnosť kontaminujúcej látky vo vode, avšak nedá sa z nich určiť o akú látku ide. Preto k týmto staniciam sú nainštalované technologické prístroje na kontinuálne merania pH, redox potenciálu, zákalu, vodivosti, rozpusteného kyslíka, amónnych iónov, dusičnanov a TOC – všetko na prítoku do úpravne vody.

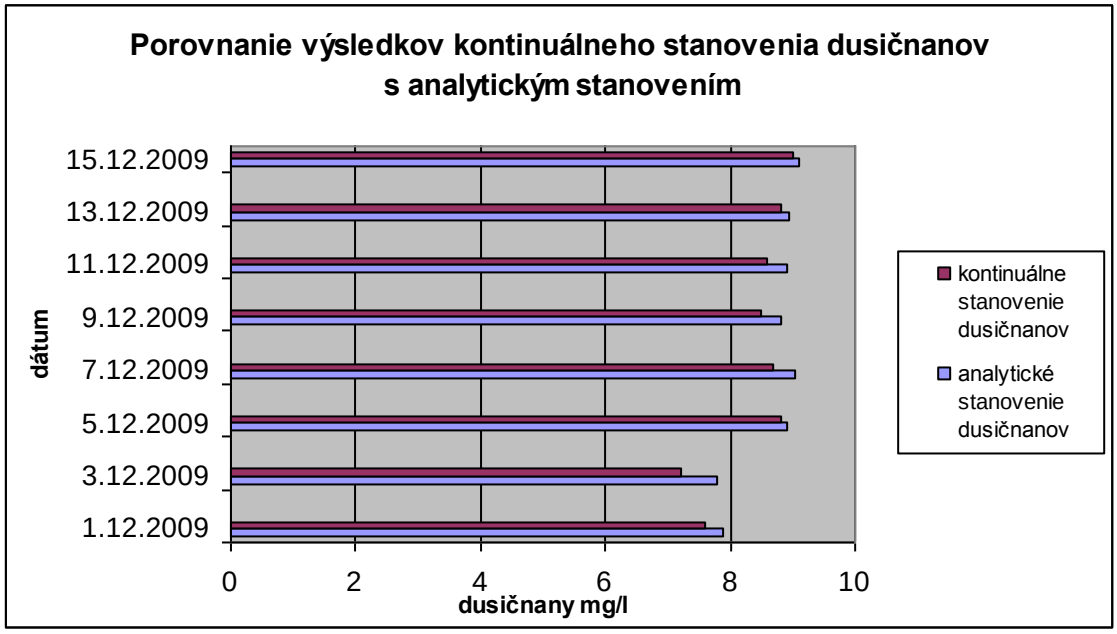
Total organic carbon (TOC) predstavuje celkové množstvo uhlíka viazaného v organických látkach vo vode a ropných látok. Z uvedeného je zrejmé, že meranie TOC je dôležité predovšetkým z hľadiska znečistenia ropnými látkami, nakoľko ich vniknutie do procesu úpravy by znamenalo odstavenie úpravne vody a jej následne čistenie po dobu niekoľkých týždňov so značnými ekologickými a ekonomickými dopadmi (DUNAJ, 2005).

V prvom kroku merania sa prúd vzorky podrobí predúprave, pri ktorej sa nosným plynom odstráni podiel anorganických uhlíkových látok a pred oxidáciou sa anorganický uhlík vytesní vo forme CO_2. Následne sa vzorka zavedie do reakčnej nádoby a tam sa pomocou činidla persíranu sodného a intenzívneho UV žiarenia oxiduje rozpustený organický uhlík. Pritom uvoľnený CO_2 sa prúdom nosného plynu dopraví do infračerveného detektora a tam sa kontinuálne meria. Signál detektora priamo zodpovedá obsahu uhlíka, elektronicky sa spracuje a zobrazí ako výsledok koncentrácie TOC.

Na prítomnosť niektorých látok, ktoré sú pri väčšom množstve životunebezpečné boli nainštalované alarmy, ktoré sa spustia pri prekročení hraničných hodnôt daných vyhláškou. (napr. pre TOC 10mg/l, NO_3^- 50 mg/l a NH_4^+ 1 mg/l. Obrázky č.4 a č.5 znázorňujú príklad porovnania hodnôt príslušných ukazovateľov stanovených kontinuálne meranými prístrojmi s výsledkami dosiahnutými laboratórnymi rozbormi v rovnakom čase. Výsledky ukazujú, že v obidvoch prípadoch boli zaznamenané len minimálne rozdiely. V prípade stanovení amoniaku sa rozdiely pohybovali na úrovni stotiny až tisíciny mg/l a v prípade stanovení dusičnanov boli rozdiely na úrovni desatiny mg/l. V oboch prípadoch boli laboratórne výsledky vyššie, čo pripisujeme chybe pri kalibrácii spektrofotomerta, ktorým sa merali koncentrácie pri oboch stanoveniach.



Obr. 4 Porovnanie hodnôt amoniaku stanovených analyticky s kontinuálnym stanovením



Obr. 5 Porovnanie hodnôt dusičnanov stanovených analyticky s kontinuálnym stanovením

4.4 Procesy využívané pri úprave vody

Voda odoberaná z vodných zdrojov často nevyhovuje svojimi fyzikálnymi, chemickými a bakteriologickými vlastnosťami potrebám spotrebiteľov.

Nevyhovujúce technické vlastnosti vody sa upravujú rôznymi technologickými, mechanickými, chemickými a biologickými procesmi, ktoré sa označujú pojmom úprava vody (MARTOŇ, 1984).

Mechanickými postupmi sa z vody odstraňujú prítomné tuhé látky a plyny. Chemickými postupmi sa obyčajne mení chemické zloženie vody na uľahčenie jej ďalšej úpravy , alebo sa nimi priamo odstraňujú nežiaduce látky z vody a zdravotne sa zabezpečuje- dezinfikuje. Biologicky sa upravuje tak, že sa využíva činnosť rôznych živých organizmov (ŽÁČEK, 1981).

4.4.1 Mechanické predčistenie

Tečúce i stojaté povrchové vody obsahujú zvyčajne látky, ktoré sa musia z nich odstrániť už v mieste odberu. Sú to nerozpustné látky anorganické i organické, rôznej veľkosti a hustoty(plávajúce látky, hrubšie suspenzie, piesok). Podzemné vody a vody získané infiltráciou uvedené látky neobsahujú, preto nepotrebujú mechanické pred čistenie .

Mechanické pred čistenie najčastejšie tvorí prvý stupeň pred ďalšími stupňami úpravy napr. pred pomalou filtráciou. Základnými prvkami pred úpravy v technológii vody sú hrablice (česlá) , sitá, lapáky piesku. Podľa svojej funkcie mechanické spôsoby úpravy zahrňujú procesy:

- odstraňovanie plávajúcich látok (hrablice, sitá, pásové filtre)
- odstraňovanie hrubých suspendovaných látok (lapáky piesku, usadzovacie nádrže, hrubozrnné pieskové filtre, mikrofiltre a pod).

Česlá vyvolávajú pri prietoku vzdutie vodnej hladiny, ktorého veľkosť závisí od prietoku, sklonu a tvaru tyčí, šírky medzier a od stupňa zanesenia. Rýchlosť vody pred česlami nesmie klesnúť pod 0,3-0,5 m/s , aby nedochádzalo k usadzovaniu.

Sitá sa používajú na odstraňovanie menších plávajúcich látok (ryby, lístie, menšie vodné živočíchy).

Lapáky piesku majú za úlohu zachytávať látky, ktoré sú unášané pritekajúcou vodou (piesok, hrubý kal). Princíp lapákov piesku je založený na odstraňovaní ťažších častíc z prúdu vody po znížení jej rýchlosti.

Mechanické spôsoby úpravy využívajú fyzikálne zákony o pôsobení tiaže a pohybu kvapaliny. Nemajú mimoriadny vplyv na kvalitu vody, avšak ich význam spočíva v odstraňovaní hrubých látok, aby sa zabezpečila ochrana čerpacích zariadení pred mechanickým poškodením, ochrana pred zanášaním potrubí a zabezpečenie technologického procesu úpravy vody (TESAŘÍK 1980).

4.4.2 Koagulácia a čírenie

Mechanizmus koagulácie

Koloidné a jemne dispergované častice spôsobujú zákal a zafarbenie vody a sedimentáciou , príp. filtráciou sa z vody nedajú odstrániť. Koloidné častice sú v neustálom pohybe, majú súhlasný náboj a preto sa navzájom odpudzujú.

F.BISKUPIČ (1981) charakterizuje koaguláciu ako zhlukovanie koloidne disperzných častíc vo väčšie agregáty, viazané medzi molekulovými adhéznymi povrchovými silami. Podstatou priebehu koagulácie je, že do vody sa pridáva činidlo - koagulant, ktorý chemickou reakciou- hydrolýzou vytvára častice, majúce opačný náboj ako častice nečistôt. Vzájomnou interakciou týchto častíc sa vytvárajú zhluky prakticky bez náboja . Nastáva rast ich hmotnosti na úkor ich počtu.

Celý proces odstraňovania koloidných a jemne dispergovaných látok z vody, ktorý nazývame čírením prebieha v týchto etapách:

1.) dávkovanie koagulantu a jeho premiešanie s vodou- roztok koagulantu sa pomocou dávkovača pridáva do surovej vody a s vodou sa intenzívne premiešava. Pritom prebehnú chemické reakcie, pri ktorých vznikajú hydroxidy.

2.) Tvorba mikrovločiek (koagulácia – zrážanie) v dôsledku Brownovho pohybu koloidných látok a hydroxidov dochádza k tvorbe mikrovločiek

3.) Tvorba makro vločiek (flokulácia-vločkovanie) - má za cieľ vytvoriť podľa možností veľké a ľahko odstrániteľné makro vločky. Tento proces prebieha vo flokulačných nádržiach (pomalé miešanie) , kde dochádza k zvýšenému kontaktu vločiek a ich zoskupovaniu do väčších celkov.

4.) Separácia vločiek čírením- makro vločky , do ktorých sú zhluknuté jemné dispergované látky a pridaný koagulant sa oddeľujú z upravovanej vody čírením v nádržiach číričov

Po pridaní koagulantu do vody prebieha jeho hydrolýza, ktorú môžeme vyjadriť jednoduchou rovnicou :

$Al^{3+} + 3\ H_2O \rightarrow Al\ (OH)_3 + 3\ H^+$

$Fe^{3+} + 3\ H_2O \rightarrow Fe\ (OH)_3 + 3\ H^+$

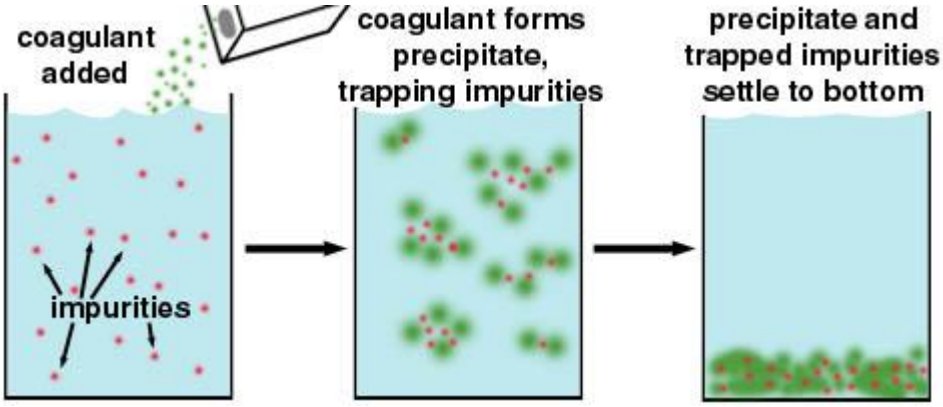
Pri hydrolýze koagulačného činidla vznikajú ióny H^+, ktoré reagujú s iónmi HCO_3^- -***kyslé čírenie***. Nastáva zmena pH a výsledná hodnota pH závisí od pomeru voľného CO_2 a obsahu HCO_3^-.

$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2\uparrow$

Dávka koagulantu nesmie ekvivalentne prevýšiť množstvo HCO_3^- , pretože rovnováha hydrolýzy sa posunie doľava. Optimálna hodnota pH závisí od zloženia vody a použitého koagulačného činidla. Pre železité koagulanty sa pH pohybuje od 4,8 do 5,6 pre organicky znečistené vody a 5,2 až 6,0 pre vody s nižším organickým znečistením.

Ak sa pri čírení pridáva do upravovanej vody zásada na neutralizáciu iónov H+, uvoľnených pri hydrolýze koagulantu, pH upravovanej vody zostáva približne v neutrálnej oblasti- ***neutrálne čírenie.***

Zásadité čírenie je kombináciou reakcií úpravy vody vápnom s koagulačnou reakciou produktov hydrolýzy koagulanta s organickými koloidmi z vody a s produktmi zrážania vápnom. Aby nenastalo vyčerpanie neutralizačnej kapacity vody dávka vápna musí byť prispôsobená dávke koagulantu. Optimálna dávka koagulantu sa stanovuje laboratórnym číriacim pokusom (MARTOŇ 1984).



Obr. 6 Mechanizmus koagulácie

4.4.3 Usadzovanie

V technológii úpravy vody usadzovanie je mechanické odstraňovanie rozptýlených látok z vody tým, že sa v nádrži zmenší unášacia sila vody, pričom separácia tuhých častíc vzniká vplyvom gravitačnej sily. Usadzovaním možno odstrániť 70-80% rozptýlených látok. Tieto látky sa usadzujú v podobe kalov na dne usadzovacej nádrže (KRAJŇÁKOVÁ, 2005).

Prevádzkovanie usadzovacej nádrže musí byť vykonané so zreteľom dosiahnutia najvyššieho usadzovacieho efektu.

4.4.4 Filtrácia

Je fyzikálny proces, pri ktorom sa z upravovanej vody odstraňujú suspendované látky pri prietoku cez pórovité prostredie, ktoré je vytvorené zrnitým materiálom , alebo filtračnou sieťovinou. Proces zachytávania sa uskutočňuje na povrchu, alebo v celej hrúbke filtračného materiálu. Pri úprave pomerne čistých povrchových vôd sa používa ***pomalá filtrácia*** . Filtračná rýchlosť sa pohybuje v rozmedzí 3-7 m/deň. Na povrchu sa vytvorí tzv. blana tvorená baktériami, ktoré sa živia znečistením vo vode (tzv. biologická filtrácia). Tieto filtre sú málo výkonné a vyžadujú značné plochy.

Pri ***rýchlej filtrácii*** sú filtračné rýchlosti niekoľkokrát vyššie a pohybujú sa do hodnôt až 30m/hod. Prienik mechanických nečistôt postupuje do hĺbky náplne, pričom najväčší počet zachytených častíc je v hornej vrstve (DUNAJ, 2005).

Podľa CHMIELEVSKEJ (2004), má filtračný proces pri rýchlej filtrácii tri fázy:

1.) zapracovanie filtra, pri ktorom sa pórovitosť filtračnej vrstvy zmenšuje a trvá max. 1-2 hodiny ;
2.) pracovná fáza filtra- vlastná úprava vody separáciou suspendovaných častíc ;
3.) pranie filtra, ktorým sa odstránia zachytené nečistoty a filter sa regeneruje.

Na ÚV Bardejov je preferovaná rýchla filtrácia po koagulácii a usadzovaní. Na filter postupuje voda obsahujúca len stopy vločiek, ktorých agregačné vlastnosti závisia od typu použitých koagulačných činidiel. Rýchlosť závisí od požadovanej kvality upravovanej vody a použitého filtra. Náplňou je jemný piesok.

4.5 Dávkovanie chemikálií

Z chemikálií, používaných pri čírení, majú rozhodujúcu úlohu zrážacie činidlá schopné spôsobiť koaguláciu, tzv. primárne koagulanty.

Pri úprave vody sa ako koagulačné činidlá používajú najmä chlorid železitý ($FeCl_3.6H_2O$), síran hlinitý ($Al_2(SO_4)_3$. 18 H_2O) , a síran železnatý ($FeSO_4$. 7 H_2O). Okrem týchto činidiel sa v upravárenskej praxi používajú aj pomocné koagulačné činidlá, ktoré nespôsobujú koaguláciu, ale zvyšujú vplyv primárneho koagulantu.

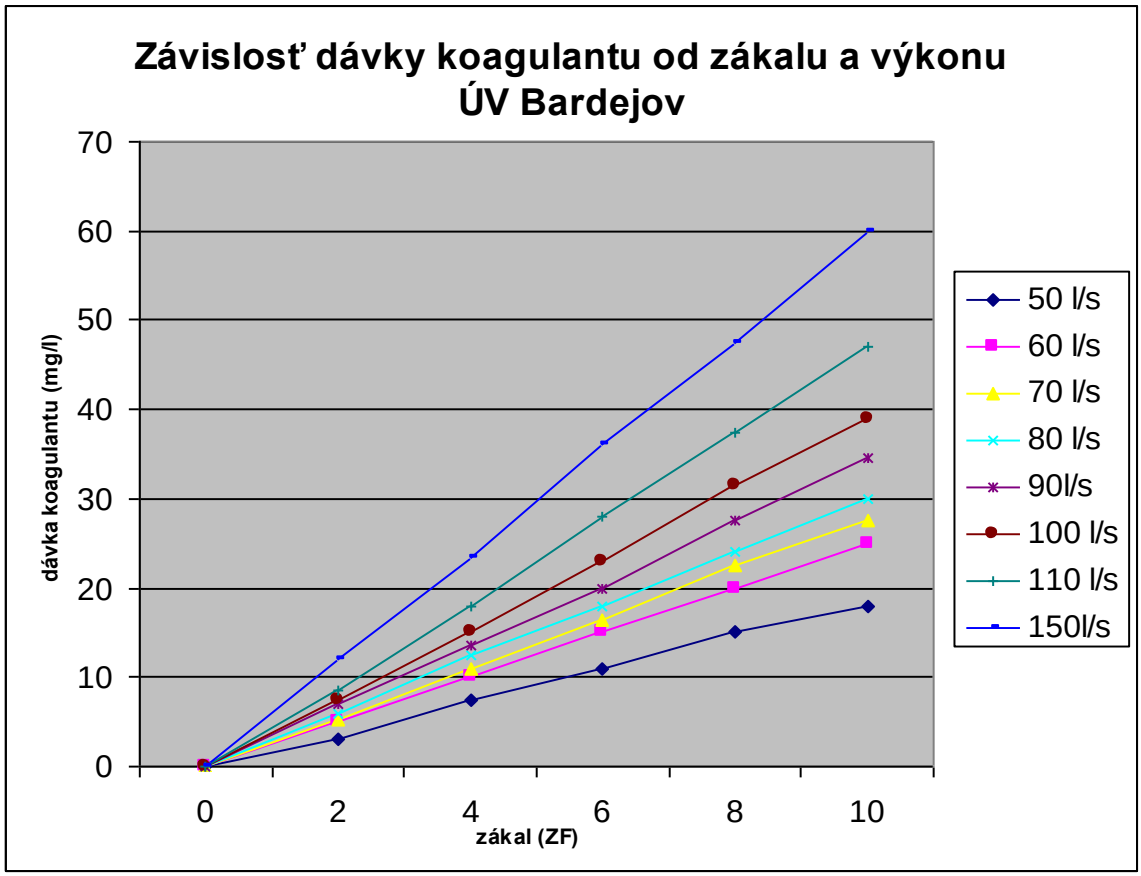
Síran hlinitý sa dodáva vo forme taveniny, ako granulát alebo ako 20 %roztok. Do surovej vody sa dávkuje v tuhom stave, alebo vo forme roztoku (po koncentráciu 20%) v množstve 30 až 90 mg/l . Koagulačné činidlá sa privádzajú do rýchlo miešačov, do vtoku do flokulačnej nádrže, alebo do prívodného potrubia surovej vody v prípade čírenia vo vločkovom mraku.

Potrebná dávka koagulačného činidla a pomocných chemikálií sa určuje experimentálne koagulačnou skúškou, pričom optimálna je taká dávka činidiel, pri ktorej sa dosiahnu minimálne hodnoty CHSK, farby, zákalu a zbytkového obsahu koagulantu (CHMIELEWSKÁ, 2004).

Dlhoročnými koagulačnými pokusmi, pri ktorých sa simulujú podmienky konkrétnej úpravne vody sa pri jednotlivých hodnotách zákalu, meraných zákalometrom na vstupnom potrubí surovej vody a rôznom výkone úpravne vody zistili nasledovné hodnoty dávky koagulantu síranu hlinitého.

Tab.5 Dávka koagulantu síranu hlinitého z závislosti od zákalu zistená pri koagulačných pokusoch

dávka síranu hlinitého mg/l								
výkon ÚV (l/s)	50	60	70	80	90	100	110	150
zákal (ZF)								
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	5	5,2	6	7	7,5	8,5	12
4	7,5	10	11	12,5	13,5	15	18	23,5
6	11	15	16,5	18	20	23	28	36
8	15	20	22,5	24	27,5	31,5	37,5	47,5
10	18	25	27,5	30	34,5	39	47	60
20	36,5	44	54	60	67,5	77,5	95	120
22	40,5	55	60	66	75	86	104	142



Obr. 7 Závislosť dávky koagulantu od zákalu a výkonu úpravne

4.6 Vplyv koagulácie na kvalitu vody

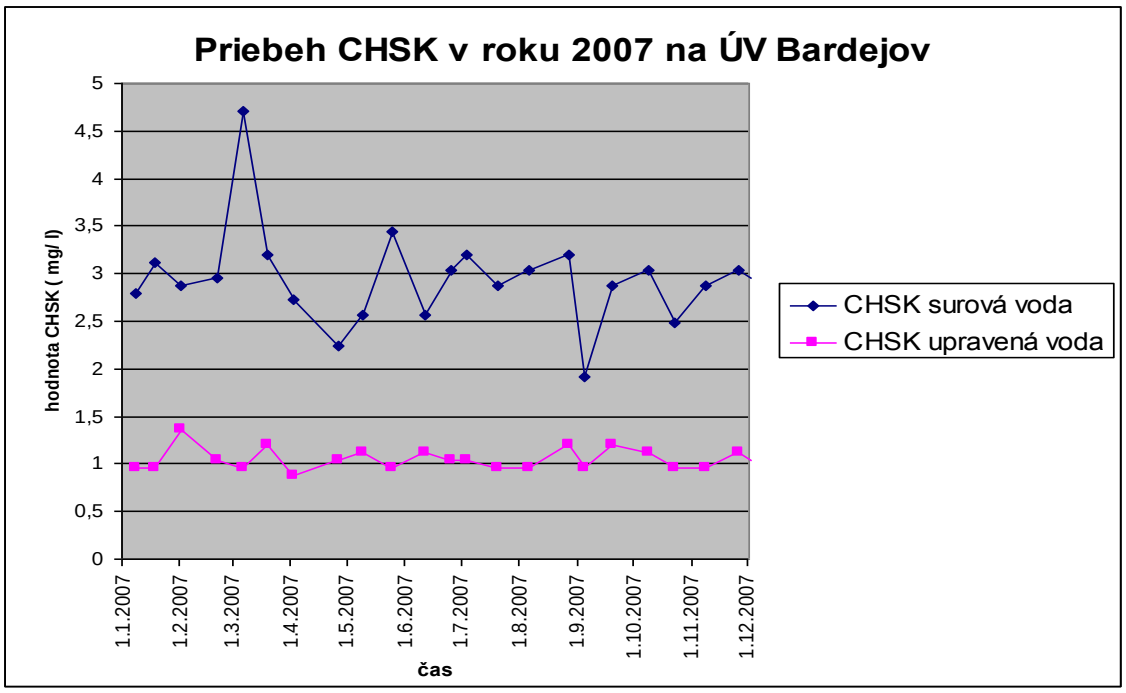
Koaguláciou a následným čírením sa z vody odstraňujú jemne suspendované častice a koloidné látky, ktoré zapríčiňujú predovšetkým zákal a farbu vody do výšky až 90 %.

Zákal vody spôsobujú nerozpustné a koloidné látky anorganického a organického pôvodu. Pri povrchových vodách zákal zapríčiňujú íly, oxid kremičitý, hydratované soli železa a mangánu, organické koloidy, baktérie, planktón a pod. Pri podzemných vodách predovšetkým organické látky. Zákal upravených vôd však niekedy spôsobujú vločky po koagulácii, ktoré sú nedostatočne odstránené filtráciou. Nadmerné hodnoty zákalu priamo neovplyvňujú zdravie, avšak je nepríjemný z estetických dôvodov. Nadmerné zvyšovanie zákalu narúša proces dezinfekcie ochranou mikroorganizmov pred dezinfekčnými prostriedkami.

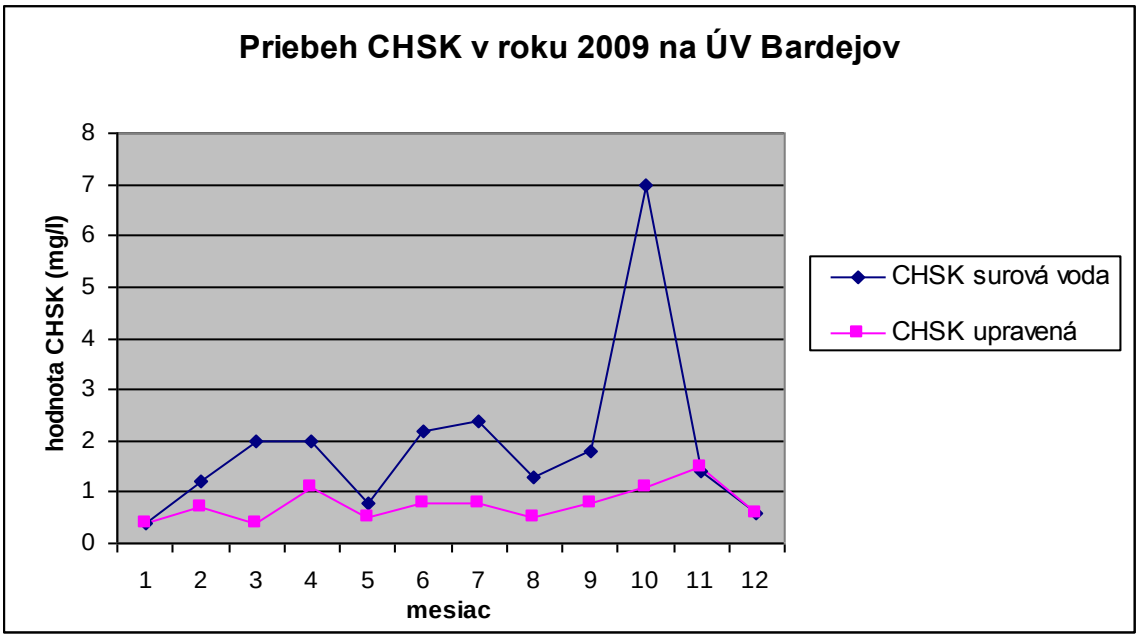
Farba vody je dôležitým indikátorom čistoty povrchových a podzemných vôd a kritériom na zisťovanie účinnosti technologického zariadenia úpravne. Vplyvom prítomnosti jemných suspendovaných látok modrá farba prechádza do zelena. Charakteristické zafarbenie dávajú vode aj niektoré mikroorganizmy. Žltú a hnedú farbu upravovaných vôd spôsobujú huminové látky a zlúčeniny trojmocného železa (HYÁNEK, 1991).

Organické látky sa koaguláciou odstránia vo výške 50% - 70%. Obsah organických látok v pitných a úžitkových vodách je rádovo desatiny až jednotky mg/l. Príčinou umelého organického znečistenia vôd sú splaškové, priemyselné a poľnohospodárske odpadové vody. Obsah organických látok vo vodných zdrojoch je takmer vždy spojený so zvýšeným obsahom mikroorganizmov a sprievodnými látkami vznikajúcimi pri rozkladnom procese, prípadne aj zmenou teploty vody. Pri rozličných organických látkach vo vodách sa zvyčajne charakterizuje ich celkové množstvo, a to množstvom kyslíka potrebného na ich oxidáciu. Organické látky možno oxidovať chemicky (CHSK), alebo biochemicky (BSK). Porovnanie výsledkov chemickej a biologickej oxidácie umožňuje rozdelenie príslušných organických látok na biologicky rozložiteľné a nerozložiteľné. Celkový obsah org. látok vo vode sa môže nepriamo charakterizovať aj množstvom organického uhlíka . Počet baktérií vo vode sa tiež čírením znižuje.

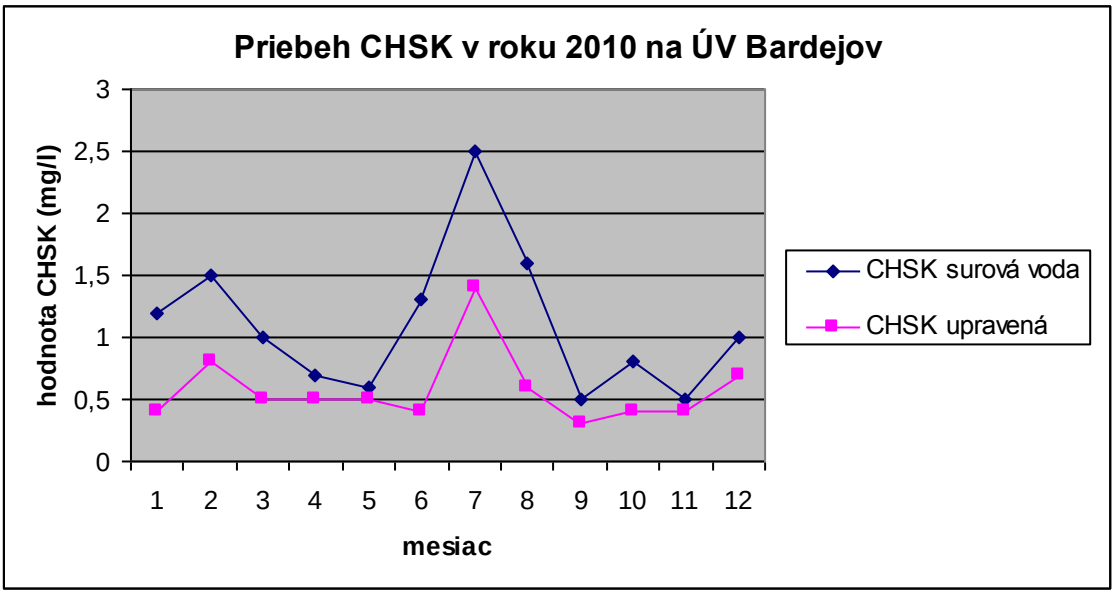
Pri všeobecných fyzikálno-chemických ukazovateľoch platí, že výslednú triedu kvality určuje najhoršie zatriedený ukazovateľ. Takéto hodnotenie je nastavené naozaj veľmi prísne, aj keď vzápätí sa v rámci overovacej procedúry v procese harmonizácie výsledkov hodnotenia jednotlivých prvkov kvality dá rozhodnutie o zatriedení prehodnotiť, pretože všeobecné fyzikálno-chemické ukazovatele sú podpornými prvkami kvality podporujúcimi biologické prvky (KUČÁROVÁ 2008).



Obr.8 Hodnoty CHSK (Mn) na ÚV Bardejov v roku 2007



Obr.9 Hodnoty CHSK(Mn) na ÚV Bardejov v roku 2009



Obr.10 Hodnoty CHSK(Mn) na ÚV Bardejov v roku 2010

Tab.5 Porovnanie kvality surovej a upravenej vody na ÚV Bardejov v r. 2007

p.č	názov ukazovateľa	merná jednotka	2007 surová						2007 upravená					
			min.	max.	priemer	Vyhláška max.	počet vzoriek	poč. závad. vzoriek	min.	max.	priemer	Vyhlaška max.	počet vzoriek	poč. závad. vzoriek
1.	**Escherichia koli**	KTJ/100 ml	0	4	1	0	36	11	0	0	0	0	36	0
2.	**koliformné baktérie**	v 100 ml	4	48	20	0	22	22	0	0	0	0	22	0
3.	**kultiv. Mikroorg 22°C**	KTJ/100 ml	88	4880	521	200	47	47	4	52	31	200	47	0
4.	**kultiv. Mikroorg 36°C**	KTJ/100 ml	46	2120	257	20	47	47	2	20	14	20	47	0
5.	**enterokoky**	v 100 ml	0	52	16	0	47	44	0	0	0	10	47	0
6.	**živé organizmy**	v 1 ml	0	124	32	0	47	41	0	0	0	0	47	0
7.	**mŕtve org.**	v 1 ml	2	248	65	30	47	32	0	2	0	30	47	0
8.	**bezfarebné bičíkovce**	v 1 ml	0	50	15	10	47	24	0	0	0	10	47	0
9.	**abioseston**	%	2	20	8	10	47	8	0	3	1	10	47	0
10.	**dusičnany**	mg/l	3,45	7,48	5,9	50	48	0	1	8,01	5,8	50	48	0
11.	**farba**	mg Pt/l	1,5	3,5	2	20	48	0	1,5	1,5	2	20	48	0
12.	**chloridy**	mg/l	10,62	15,59	12,9	100	48	0	12,4	18,43	15,7	100	48	0
13.	**mangán**	mg/l	0	0	0	0,05	48	0	0	0	0	0,05	48	0
14.	**reakcia vody**		6,86	9	7,63	8,5	37	1	7,1	7,28	7,15	8,5	54	0
15.	**teplota vody**	°C	7,5	12	9,3	12	86	4	7	12	8,7	12	40	0
16.	**železo**	mg/l	0	0	0	0,2	48	0	0	0	0	0,2	48	0
17.	**amónne ióny**	mg/l	0	0,14	0,01	0,5	48	0	0	0	0	0,5	122	0
18.	**dusitany**	mg/l	0	0	0	0,1	48	0	0	0	0	0,1	48	0
19.	**Chem. spotr. Kyslíka**	mg/l	1,2	4,7	2,9	3	122	46	0,88	1,44	1,1	3	122	0
20.	**voľný chlór**	mg/l							0,2	0,4	0,26	0,3	123	1

Najvyššiu koncentráciu organických látok sme zaznamenali v surovej vode v októbri v roku 2009 a to hodnotu 7,0 mg/l CHSK, v roku 2007 bola najvyššia hodnota nameraná v marci a to 4,7 mg/l CHSK, a v roku 2010 v mesiaci júl najvyššia hodnota CHSK dosahovala 2,5 mg/l. Naopak najnižšiu koncentráciu organických látok v surovej

vode sme zaznamenali v roku 2009 v januári hodnotu 0,4 mg/l CHSK , v októbri 2007 to bola hodnota 1,2 mg/l, a v roku 2010 bola najnižšia hodnota CHSK 0,5 mg/l. V upravenej vode sme v roku 2008 stanovili maximálnu hodnotu 1,36 mg/l a minimálnu hodnotu 0,88 mg/l. V roku 2009 to bolo maximálne 1,5 mg/l a minimálne 0,4 mg/l. V roku 2010 bolo stanovené CHSK maximálne 2,5 mg/l v mesiaci júl a to 1,4 mg/l. Tieto hodnoty stanovené Kubelovou titračnou metódou však zďaleka nedosahovali hodnotu 3,0 mg/l, čo predstavuje limit, ktorý je stanovený nariadením vlády SR č. 354/2006 Z.z

V nasledujúcej tabuľke č.6 sú znázornené hodnoty CHSK a zbytkového obsahu hliníka pri dávke koagulantu stanovenej koagulačným pokusom na 40 mg/l síranu hlinitého. Vzorky boli odoberané na jednotlivých stupňoch úpravy a zbytkový hliník bol stanovený spektrofotometrickou metódou s eriochromcianinom R. Po nadávkovaní koagulačných činidiel do rýchlo miešača sme zmerali hodnotu zbytkového hliníka 2,53 mg/l. Po koagulácii a vyčírení sme odobrali vzorku z usadzovacej nádrže a zmeraná hodnota Al^{3+} bola 1,65 mg/l. Postupným prechodom cez ďalší stupeň úpravy- filtráciu sme odoberali filtrát z každého filtra oddelene a v jednotlivých vzorkách stanovovali množstvo zbytkového Al^{3+} tou istou metódou. Hodnoty sa v porovnaní s hodnotami zbytkového Al^{3+} v usadzovacej nádrži znížili desaťnásobne. Posledným stanovením bolo konečné stanovenie zbytkového Al^{3+} v upravenej vode. V upravenej vode odobratej na výstupe z úpravne hodnota Al^{3+} bola 0,09 mg/l.

V tých istých vzorkách odoberaných v procese úpravy sme zároveň Kubellovou metódou stanovovali $CHSK_{(Mn)}$. Z hodnoty $CHSK_{(Mn)}$ 3,28 mg/l v surovej vode postupne prechodom cez jednotlivé stupne úpravy klesla hodnota v upravenej vode až na 1,04 mg/l.

Tab. 6 Hodnoty zbytkovej koncentrácie Al a CHSK pri dávke koagulantu 40 mg/l síranu hlinitého

ukazovateľ	Topľa-povrchový odber	ÚV - upravená	nadávkovaná voda	Usadzov. Nádrž	filter č.1	filter č.2	filter č.3	filter č.4	filter č.5	filter č.6
hliník (mg/l)		0,09	2,53	1,65	0,16	0,12	0,15	0,13	0,12	0,1
CHSK (mg/l)	3,28	1,04		2,88	1,36	1,28	1,2	1,36	1,44	1,52

Tab.7 Priemerné hodnoty CHSK v mg/l na jednotlivých stupňoch úpravy v roku 2007

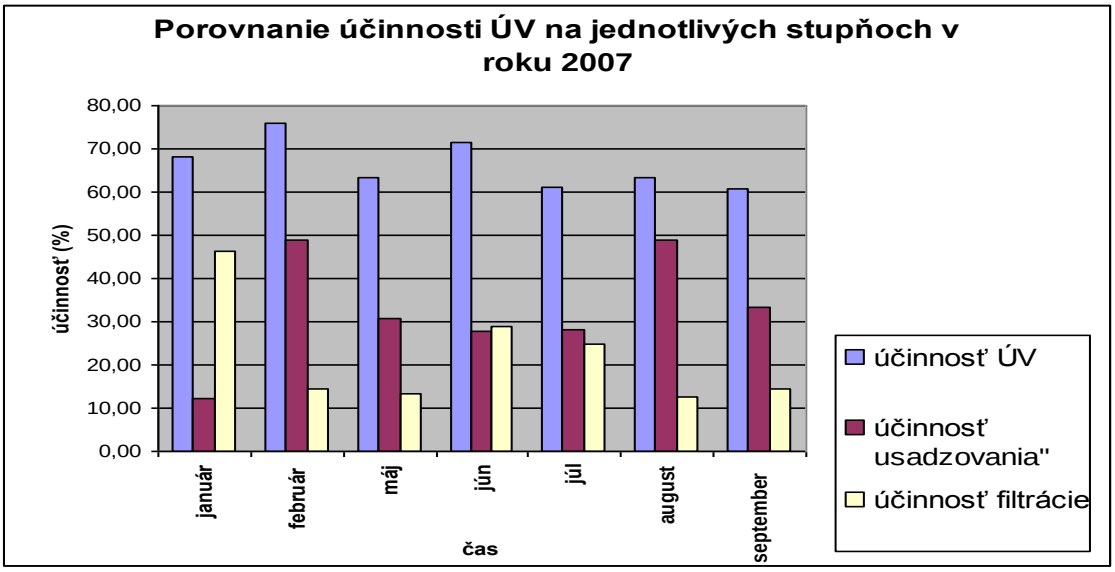
ukazovateľ	dátum	Topľa-povrch. odber	ÚV - upravená	% účinnosti úpravy	Usadzov. Nádrž	% účinnosti na usadzov.	filter č.1	filter č.2	filter č.3	filter č.4	filter priemer	% účinnosť po filtrácií	% účinnosť na filtroch
CHSK (mg/l)	január	3,28	1,04	68,29	2,88	12,20	1,36	1,28	1,2	1,52	1,36	58,54	46,34
	február	2,98	0,72	75,84	1,52	48,99	1,12	1,12	1,04	1,2	1,09	63,42	14,43
	máj	3,92	1,44	63,27	2,72	30,61	2,4	2,16	2,16	2,16	2,20	43,88	13,27
	jún	3,1	0,88	71,61	2,24	27,74	1,6	1,1	1,44	1,3	1,35	56,51	28,76
	júl	4,2	1,63	61,19	3,02	28,10	1,98	2,05	2	1,89	1,97	53,10	25,00
	august	6,8	2,5	63,24	3,48	48,82	2,4	2,8	2,5	2,8	2,63	61,27	12,45
	september	5,1	2,01	60,59	3,4	33,33	2,84	2,7	2,5	2,82	2,66	47,91	14,58

Tab. 8 Priemerné hodnoty Al^{3+} v mg/l na jednotlivých stupňoch úpravy v roku 2007

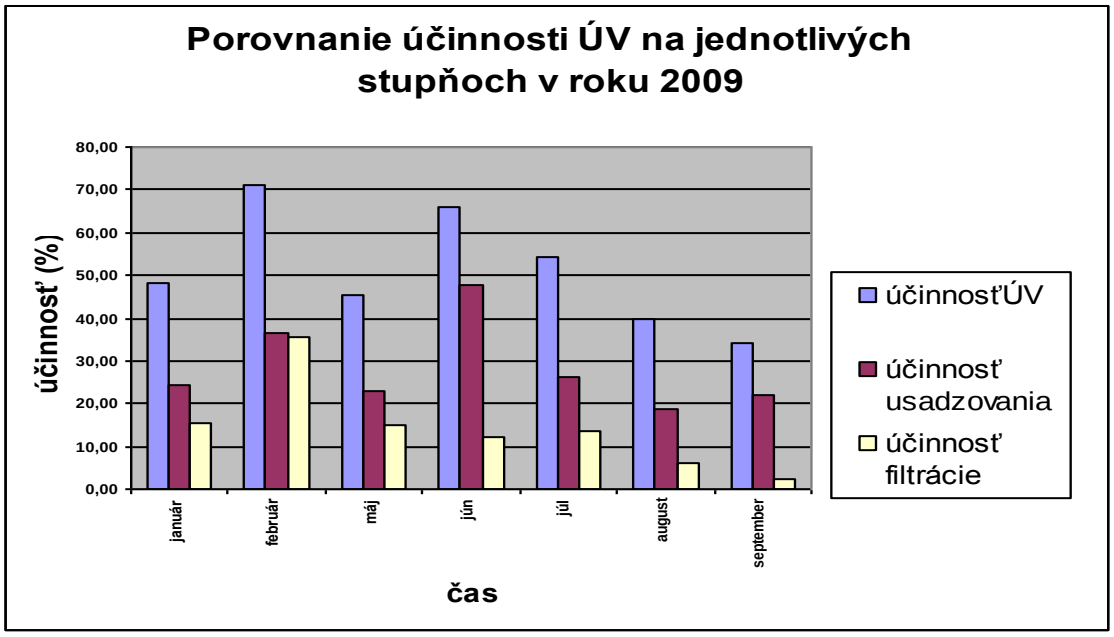
ukazovateľ	dátum	Topľa-povrch. odber	ÚV - upravená	nadávkovaná voda	Usadzov. Nádrž	% účinnosti na usadzov.	filter č.1	filter č.2	filter č.3	filter č.4	filter priemer	% účinnosti po filtroch	
hliník (mg/l)	január		0,09	2,53	1,65	34,78	0,162	0,12	0,15	0,102	0,13	94,80	
	február		0,014	1,40	0,52	62,86	0,052	0,088	0,082	0,088	0,08	94,40	
	máj		0,0758	2,72	1,8	33,82	0,192	0,212	0,159	0,178	0,18	93,33	
	jún		0,063	3,15	3,13	0,63	0,108	0,11	0,102	0,103	0,10	96,97	
	júl		0,095	10,20	1,28	87,45	0,03	0,041	0,042	0,038	0,04	99,61	
	august		0,084	2,83	1,56	44,88	0,12	0,12	0,1	0,18	0,12	95,70	
	september		0,032	3,15	1,8	42,86	0,11	0,09	0,09	0,12	0,11	96,59	

Tabuľky č.7 a č.8 ukazujú priemerné hodnoty obsahu organických látok a zbytkového Al^{3+} v roku 2007 na jednotlivých stupňoch úpravy zaznamenané v mesiacoch, keď vplyvom výdatnej zrážkovej činnosti sa kvalita vody v toku výrazne zhoršovala a bolo nutné pristúpiť k dávkovaniu síranu hlinitého na úpravu vody. Pri nárazovom zhoršení kvality pitnej vody a zvýšení zákalu sa na ÚV v Bardejove sa používa koagulant síran hlinitý, v dávkach v rozmedzí 10-90 mg/l v závislosti od zákalu surovej vody, obsahu organických látok a výkonu úpravne. Na prvom stupni úpravy sa dosahuje účinnosť technológie od 12% do 48% odstránených organických látok. Na druhom stupni úpravy sa dosahovala v roku 2007 účinnosť od 13% do 46% v závislosti od technického stavu filtrov. Najvyššie zaznamenané hodnoty CHSK v surovej vode, ktoré boli namerané v marci 2007 klesli počas procesu úpravy z hodnoty 6,8 mg/l na hodnotu 2,5 mg/l v upravenej vode. Pri dávke 50mg/l koagulantu síranu hlinitého sme stanovili hodnotu zbytkového hliníka po usadzovaní 1,56 mg/l Al^{3+}, po filtrácii 0,12 mg/l Al^{3+} . V upravenej vode bolo množstvo zbytkového Al^{3+} 0,084 mg/l.

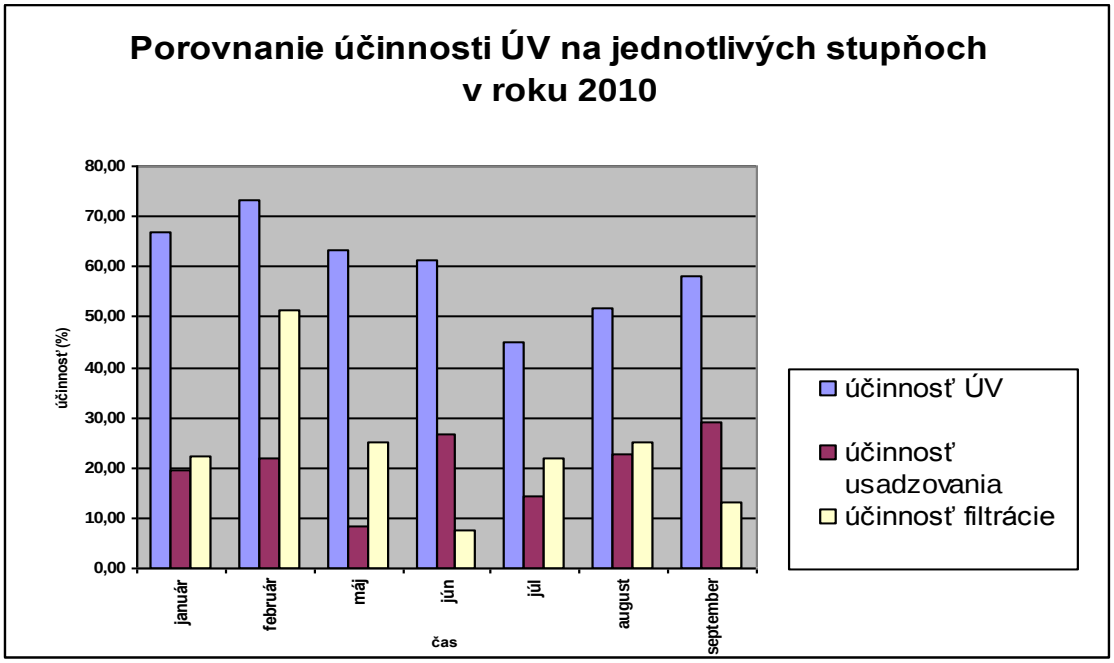
Ako je vidieť z tabuľky a nasledujúceho grafu, priemerná účinnosť úpravy po 1. stupni sa pohybovala od 12% do 48%. Po druhom stupni úpravy, po filtrácii sa účinnosť zvýšila na 43% - 61% v závislosti od technického stavu náplne filtrov. Podobne sme zhodnotili aj účinnosť úpravy v rokoch 2009 a 2010. Výsledky znázorňujú obrázky č.10 a 11. V roku 2009 sa od júna do septembra účinnosť usadzovania, filtrácie a tým aj účinnosť úpravy vody znižovala, čo bolo spôsobené výdatnou zrážkovou činnosťou v mesiaci júl zhoršením kvality surovej vody a následnou zníženou účinnosťou v dôsledku zanesenia usadzovacích nádrží a filtrov. Vo všeobecnosti však môžeme konštatovať , že účinnosť technológie úpravy vody na ÚV v Bardejove je priemerne 65%- 70% a hodnoty fyzikálno-chemických ukazovateľov stanovovaných v pitnej vode dosahujú požadované limity požiadaviek Nariadenia vlády SR č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.



Obr. 11 Porovnanie účinnosti ÚV na jednotlivých stupňoch v roku 2007



Obr. 12 Porovnanie účinnosti ÚV na jednotlivých stupňoch v roku 2009



Obr. 13 Porovnanie účinnosti ÚV na jednotlivých stupňoch v roku 2010

Zlúčeniny dusíka majú mimoriadny význam, pretože sa uplatňujú v takmer všetkých biologických procesoch pri čistení a úprave vody. Zlúčeniny dusíka môžu byť anorganického alebo organického pôvodu. Organické dusíkaté látky sa rozkladajú mikrobiálnou činnosťou a dusík sa obvykle uvoľňuje deamináciou ako dusík amoniakálny.

Naopak amoniakálny dusík využívajú organizmy ako zdroj pre syntézu novej biomasy (PITTER 1981).

Za aeróbnych podmienok sa amoniakálny dusík oxiduje nitrifikačnými baktériami na dusitany až dusičnany, ktoré sú konečným produktom mineralizácie organicky viazaného dusíka. Tento proces sa nazýva nitrifikácia (PITTER 1981).

Amoniakálny dusík NH_4^+ je primárnym produktom rozkladu organických dusíkatých látok. Sekundárne však môže vznikať priamo vo vodách chemickou, alebo biochemickou redukciou dusičnanov, alebo dusitanov. V spojení s pozitívnym mikrobiologickým stanovením sa v celkovom hodnotení kvality vody môže zvýšená hodnota NH_4^+ považovať za indikátor znečistenia zdroja pitnej vody.

Dusičnany NO_3^- v nízkych koncentráciách sú prítomné takmer vo všetkých vodách. Väčšie množstvá dusičnanov sa dostávajú do vôd pri ich použití v poľnohospodárstve vo forme hnojív a zo znečistenia prostredia. Môžu byť indikátorom staršieho fekálneho znečistenia. V povrchových vodách sú dusičnany ukazovateľom samočistiacich procesov (MARTOŇ 1984).

Dusitany NO_2^- spravidla doprevádzajú dusičnany a amoniakálny dusík vo vodách, avšak len v malých koncentráciách, pretože sú málo stále. Tvoria sa oxidáciou NH_4^+ za pomoci rodu *Nitrosomonas* a možno ich transformovať až na plynný dusík (CHMIELEWSKÁ 2004).

V malých koncentráciách sú sami o sebe hygienicky málo významné. Avšak pri väčších koncentráciách spôsobujú reakciou s hemoglobínom methemoglobinémiu. Okrem toho sa v gastrointestinálnom trakte živých organizmov predpokladá ich biotransformácia na karcinogénne nitrozamíny reakciou zo sekundárnymi amínmi (PITTER 1981).

4.6.1 Vplyv koagulačných procesov na vodné organizmy

Podľa V. ONDERÍKOVEJ (1995) záchytnosť organizmov závisí od zloženia vonkajšej bunečnej blany organizmov, s ktorou súvisí vytváranie pozitívneho, alebo negatívneho elektrického náboja v bunkách odstraňovaných organizmov. Zrážanie organizmov do vločiek závisí tiež od štádia vývoja odstraňujúcich organizmov a ich morfologických a pohybových daností. Problémy nastávajú hlavne za prítomnosti drobných nekoloniálnych foriem s vlastným aktívnym pohybom, ako majú druhy *Trachelomonas planctonica*, *Nitzschia palea* alebo *Synedra acus*. Je známe, že niektoré organizmy, napr. rod *Trachelomonas*, *Synura*, *Anthophysa vegetans* tolerujú železitý koagulant, a preto je výhodnejšie koagulovať s hlinitým koagulantom. Opačne, niektoré

druhy rias sa nehodí síran hlinitý. ONDERÍKOVÁ (1995) uvádza, že prítomnosť riasy *Pediastrum boryanum, Nitzschia acicularis, Stephanodiscus hantzschii* znevýhodňuje hliník pred železom a pri použití dávky 40mg.l-1 síranu železitého dosiahla 100% separovateľnosť.

Železitý koagulant má nevýhodu i v tom, že pri jeho aplikácii niektoré organizmy vylučujú určité produkty metabolizmu, ktoré spôsobujú prienik železa do upravenej vody (SLÁDEČEK, 1996).

4.6.2 Hodnotenie účinnosti vodárenskej technológie z biologického hľadiska

V pitnej vode, upravenej z povrchového zdroja a hygienicky zabezpečenej, dodávanej do vodovodnej siete, povoľuje norma ako medznú hodnotu 50 mŕtvych organizmov v 1 mililitri vody. Prítomnosť živých organizmov sa nepripúšťa.
Biologický rozbor - stanovenie mikroskopického obrazu sa robí podľa STN 757711. Mikroskopický obraz vyjadruje početnosť výskytu a špecifikácie mikroskopických organizmov s spresnením ich biologického stavu, t.j. rozlíšením živých a mŕtvych organizmov.

Účinnosť odstránenia biosestónu technológiou úpravy je možné hodnotiť na základe počtu organizmov prenikajúcich do upravenej vody, a to stanovením počtu organizmov v surovej vode pred technologickým stupňom úpravy a po ňom v upravenej vode. Percentuálny rozdiel dáva účinnosť technologického stupňa úpravy z hľadiska určených organizmov. Počty prenikajúcich organizmov sú závislé na biologickom oživení surovej vody.

V Úpravni vody Bardejov sa robia pravidelne denné biologické rozbory vzoriek surovej (neupravenej) vody z povrchového toku rieky Topľa, odobratých z prítoku do úpravne, rozbory vzoriek upravenej pitnej vody pred jej distribúciou do vodovodnej siete, ako aj periodické sledovanie biologického oživenia na jednotlivých filtroch v rámci technologického procesu úpravy. Najväčšie biologické oživenie v surovej vode odoberanej na vstupe do úpravne vody sme v roku 2007 zaznamenali v mesiacoch február, marec, apríl. V mesiacoch júl a august sme zaznamenali zvýšený počet organizmov a abiosestonu vo vzorkách surovej vody na hodnoty 180-220 organizmov v 1 ml vzorky surovej vody pravdepodobne spôsobený meteorologickou situáciou a zvýšenou búrkovou činnosťou .Hodnoty abiosestónu boli v tomto období 10-15 %, čo dokazuje aj nasledujúca tabuľka.

Tab.9 Hodnoty biologických ukazovateľov a účinnosť technológie z biol. hľadiska

mesiac	Počet živých org. v 1 ml vzorky						Abiosestón %		účinnosť technológie %
	surová voda			upravená voda			surová voda	upravená voda	
	priemer	max.	min.	priemer	max.	min.	priemer	priemer	
január	18	20	0	0	0	0	2,5	1	60
február	60	248	0	0	1	0	9	1	88
marec	90	124	0	0	2	0	6	1	83
apríl	80	184	10	0	0	0	10	1	90
máj	27	84	8	0	0	0	7	1	85
jún	25	68	8	0	0	0	9	1	88
júl	58	184	15	0	0	0	15	1	93
august	51	122	12	0	0	0	10	1,5	85
september	30	60	0	0	0	0	6	1	83
október	34	144	5	0	0	0	7	2	71
november	20	38	8	0	0	0	10	1,5	85
december	37	112	6	0	0	0	9	1	88

Priebežná prevádzková biologická kontrola poskytuje kontinuálne niektoré dôležité informácie:

• o okamžitom stave oživenia nádrže s možnosťou priebežného sledovania dynamiky vývoja tohto oživenia a tým i s možnosťou vypracovania včasnej prognózy prípadne nastupujúcich kalamitných stavov (premnoženie organizmov), čo umožní včasnú prípravu úpravne na túto mimoriadnu situáciu;

• o stave a funkcii číriaceho a filtračného procesu, s možnosťou zhodnotenia percenta účinnosti úpravárenského procesu; vzhľadom na to, že rôzne druhy rias majú rôzne percento zachytenia vo filtroch, je možné podľa druhového zloženia riasového spoločenstva v surovej vode do istej miery predpovedať percento prechodu riasových buniek filtráciou, porovnaním počtu organizmov v surovej a v upravenej vode;

• o nedostatočnej účinnosti následnej dezinfekcie, zistením výskytu živých organizmov v upravenej vode.

Biologické rozbory môžu napr. spolurozhodovať o spôsobe prevádzkovania jednotlivých technologických prvkov (dávka koagulantu a iných chemikálií, interval regenerácie - prania filtrov, dezinfekcie a pod.).

Z hľadiska prognóz a riadenia technologických postupov úpravy sú nevhodné krátkodobé pozorovania, ktoré nemôžu zachytiť kolísanie zmien kvality v jednotlivých po sebe idúcich rokoch. Kvôli zachyteniu maximálneho a minimálneho oživenia sú potrebné

denné biologické rozbory. Len z takého podrobného hodnotenia môžeme posudzovať priemerné oživenie, dosiahnutie maxím, spresniť obdobie a zvážiť dĺžku trvania maximálneho oživenia.

Dlhodobé vyhodnotenie je možné využiť pri zostavovaní prognózy kvality vody v ďalšom období, ktorá sa potom včas využije v technológii úpravy vody.

Biologický rozbor je teda metódou kontroly účinnosti prevádzky úpravne vody, a tým aj vhodným prostriedkom umožňujúcim operatívne riadenie procesov súvisiacich s úpravou vody.

Výsledky biologického rozboru vody sú spoľahlivým, názorným a pritom pomerne veľmi rýchlym a lacným spôsobom kontroly kvality vody v zdroji a v celom procese jej úpravy (BÚGEL, 1998).

Biologický rozbor je najrýchlejšou komplexnou metódou, pretože napr. pri kontrole účinnosti prevádzky úpravne vody dáva spoľahlivý obraz o prípadnom prieniku organizmov, a teda o skutočnom efekte úpravy už počas 10 –15 minút po odbere vzorky .

4.7 Zdravotné zabezpečenie pitnej vody.

Zdravotná nezávadnosť pitnej vody sa dosahuje jej hygienickým zabezpečením-dezinfekciou.

Dezinfekcia je posledným stupňom úpravy vody, pri ktorom sa odstraňujú choroboplodné zárodky v surovej alebo upravenej vode skôr, než sa dostanú do rozvodnej siete, čím sa splnia požiadavky Vyhlášky MZ SR č. 151/2004 z hľadiska mikrobiologického a biologického, a zároveň sa odstraňujú aj organické látky prítomné vo vode. Pri tomto procese nastáva usmrtenie nežiaducich organizmov (baktérií a vírusov), čím voda stráca možnosť prenášania infekcií.

Ako chlór samotný, tak aj jeho zlúčeniny vo vode postupne podliehajú hydrolýze. Výsledkom reakcií je uvoľnenie kyslíka v stave zrodu, ktorý má vysoké oxidačné účinky, usmrcuje vo vode prítomné mikroorganizmy, napadá protoplazmu bakteriálnych buniek a tým spôsobuje ich deštrukciu. Okrem toho oxiduje aj iné organické a anorganické látky prítomné vo vode (ŽÁČEK ,1981).

Pri hydrolýze vzniká veľmi slabá kyselina chlórna, ktorá je vo vode nepatrne disociovaná a v priebehu reakcie sa ľahko štepí na kyselinu soľnú a vysoko aktívny kyslík. Vzniknutá kyselina soľná je neutralizovaná hydrogenuhličitanmi Ca a Mg obsiahnutými vo vode (VAVROVÁ ,1994).

$Cl_2 + H_2O \rightarrow 4\ HCl + O_2$

$Cl_2 + H_2O \rightarrow HClO + H^+ + Cl^-$

$HClO \rightarrow H^+ + ClO^-$

$2\ HClO \rightarrow HCl + O_2$

$Ca\ (HCO_3)_2 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

Na ÚV Bardejov je dezinfekcia založená na oxidačnom pôsobení plynného chlóru alebo chlórnanu sodného.

Hlavné požiadavky na dezinfekčný prostriedok:

- zneškodnenie všetkých druhov baktérií a vírusov
- zneškodnenie organizmov musí byť zabezpečené nezávisle od prostredia
- voda po použití prostriedku nesmie zmeniť svoje vlastnosti
- dávkovanie má byť jednoduché a lacné
- dlhodobý účinok, aby zabraňoval vzniku sekundárneho znečistenia
- jeho koncentrácia je ľahko stanoviteľná.

Množstvo chlóru potrebného na zdravotné zabezpečenie vody závisí vždy od vlastností vody, ktorými sú predovšetkým teplota, hodnota pH, obsah organických látok a stupeň biologického znečistenia. Dezinfekcia je účinná vtedy, ak sa vo vode vždy nachádza voľný chlór (minimálna koncentrácia Cl_2 v distribučnej sieti má byť 0,05 mg/l).

Keďže chlór v posledných 10 rokoch bol predmetom širokej diskusie venovanej analýze jeho vedľajších účinkov obzvlášť vo vodách obsahujúcich organické látky, nemožno sa diviť, že nie len vedecká sféra, ale aj užívatelia chlóru (úpravne vody) a samozrejme aj samotní konzumenti pitnej vody si stále viac uvedomujú potenciálne riziká pri zabezpečení kvality pitnej vody chlórom (pri prechlórovaní výskyt hnačkových ochorení u citlivých skupín obyvateľstva – deti, starší ľudia).

Použitie chemických dezinfekčných prostriedkov prináša však so sebou určité riziká. Ide tu o tvorbu vedľajších produktov dezinfekcie, ktoré môžu vykazovať nežiaduce účinky na zdraví. Medzi vedľajšie produkty chlorácie patria trihalometány (ďalej THM) , ktoré sa tvoria v reakcii s humínovými látkami a fulvokyselinami, ktoré sú prítomné v surovej vode. Hlavným predstaviteľom THM je chloroform. Tvorí sa v pitných vodách

pri chlorácii niektorých organických látok, ako sú humínové kyseliny, metabolické a rozkladné produkty rias. Chloroform sa rýchlo vstrebáva gastrointestinálnym traktom (až 90% v priebehu hodiny), dýchacím systémom (až 67%) a kožou. Kumuluje sa predovšetkým v tukovom tkanive a vylučuje ako CO_2 pri dýchaní. Pri chronickej expozícii sa zisťuje spomalenie rastu, histologické zmeny v pečeni a ľadvinách, hematologické a biochemické zmeny v krvi. Udáva sa aj jeho embryotoxické a teratogénne pôsobenie. Experti WHO v dohode s IARC zaradili chloroform do skupiny látok s možným karcinogénnym účinkom (BRATSKÁ 2005).

Mikrobiologické a biologické znečistenie pitnej vody považujeme z hľadiska hygienických kritérií za akútne nebezpečenstvo ohrozenia zdravia obyvateľstva. V tejto súvislosti WHO udáva, že choroby spôsobené patogénnymi zárodkami predstavujú sto až tisícnásobne väčšie riziko ohrozenia zdravia, resp. úmrtia, ako sú úmrtia na rakovinu z vedľajších produktov dezinfekcie pitnej vody (BRATSKÁ, 2005).

4.7.1 Hodnotenie mikrobiologického znečistenia

Cieľom každého mikrobiologického rozboru vôd je sledovanie, či pitná voda neobsahuje patogénne organizmy, ktoré u človeka vyvolávajú závažné choroby. Príčinou toho, že pitná voda sa môže stať za určitých okolností infekčným agens , je najčastejšie fekálne znečistenie vody. Infekcie vyvolávajú najviac baktérie rodu *Salmonella, Shigella* a niektoré patogénne biovary *Escherichia coli, Vibrio cholerae* a ďalšie. K zisťovaniu nezávadnosti vody slúži predovšetkým sledovanie tzv. **indikátorov fekálneho znečistenia.** Sú to vybrané skupiny organizmov, ktorých prítomnosť vo vode môže signalizovať znečistenie fekálneho pôvodu (HAUSLER 1995).

Ďalšou skupinou sú **indikátory všeobecného znečistenia**, kde patria kultivovateľné organizmy pri 22°C (psychrofilné baktérie) a kultivovateľné organizmy pri 36°C (mezofilné baktérie). Zdrojom uhlíka a dusíka pre existenciu týchto mikroorganizmov sú organické látky, preto stanovenie tejto skupiny mikroorganizmov slúži predovšetkým k ekologickému posúdeniu kvality vôd. Ich výskyt signalizuje závažné znečistenie vodného zdroja z vonkajšieho prostredia organickými látkami.

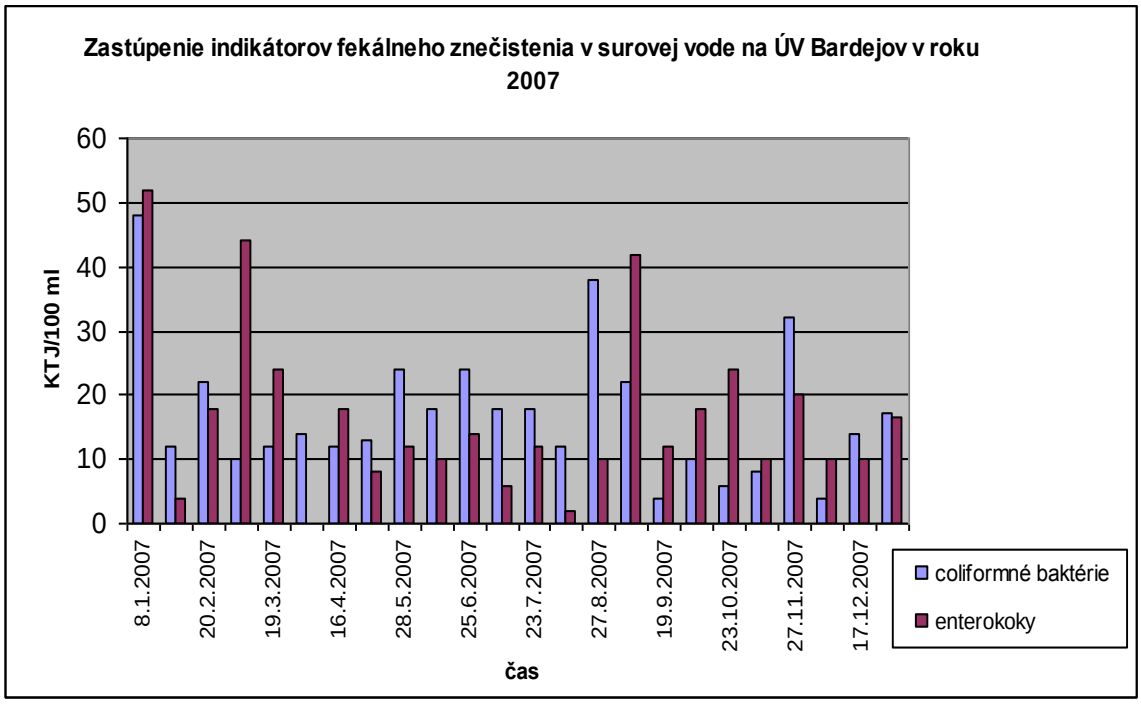
Indikátory fekálneho znečistenia:

Koliformné baktérie - sú to gramnegatívne tyčinky, ktoré netvoria spóry, majú schopnosť fermentovať laktózu pri teplote 35°C alebo 37°C za súčasnej tvorby kyseliny a plynu. Majú negatívny test na cytochromoxidázu. Na ÚV v Bardejove sa koliformné

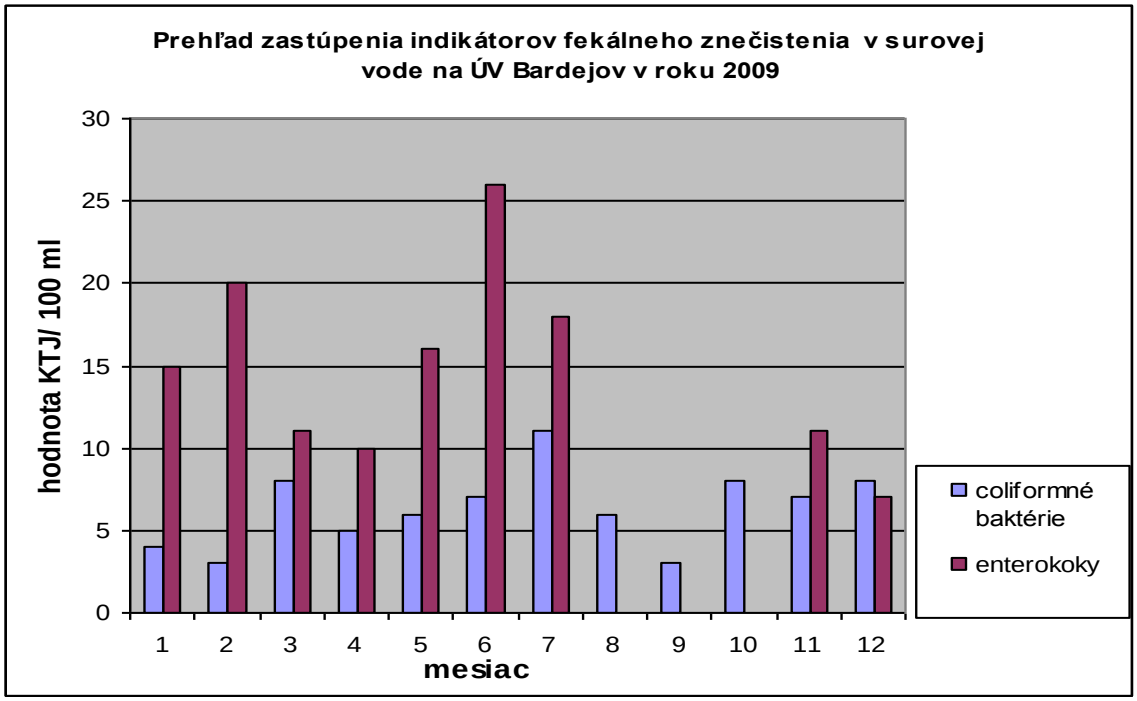
baktérie stanovujú metódou membránových filtrov na endo-agare s následnou skúškou na cytochromoxidázu. Paralelne s týmto sa vykonáva stanovenie metódou pomnoženia v tekutých kultivačných médiách. Zožltnutie laktózy v skúmavke potvrdzuje prítomnosť kyseliny, a tým aj prítomnosť koliformných baktérií. Najväčší výskyt koliformných baktérií sme v roku 2007 v surovej vode zaznamenali v mesiacoch január, august a november stanovených na Endoagare s negatívnou reakciou na cytochromoxidázu. Všetky pozitívne stanovenia boli zároveň potvrdené metódou pomnoženia v tekutom kultivačnom médiu s obsahom laktózy. Súčasne zo zvýšením počtu koliformných baktérií bolo zaznamenané aj zvýšenie počtu enterokokov. Naopak, vo väčšine vzoriek upravenej vody, ktoré boli stanovované rovnakým spôsobom bol výskyt koliformných baktérií negatívny. Pozitívny výsledok bol v 0,98 % vzoriek, keď dôvodom zvýšenia počtu koliformných baktérií bola porucha na chlórovacom zariadení.

Escherichia coli – jedná sa o baktérie čeľade *Enterobakteriaceae,* schopné rastu v aeróbnom prostredí pri teplote 44°C , majú negatívny test na cytochromoxidázu a schopnosť tvoriť indol z tryptofanu. Táto reakcia je považovaná za jednu z najdôležitejších, pri vykonávaní testov na *Escherichia coli* (HAUSLER 1995).
Výsledky sa udávajú na spracovaný objem vzorky a nález je hodnotený ako čerstvé fekálne znečistenie.

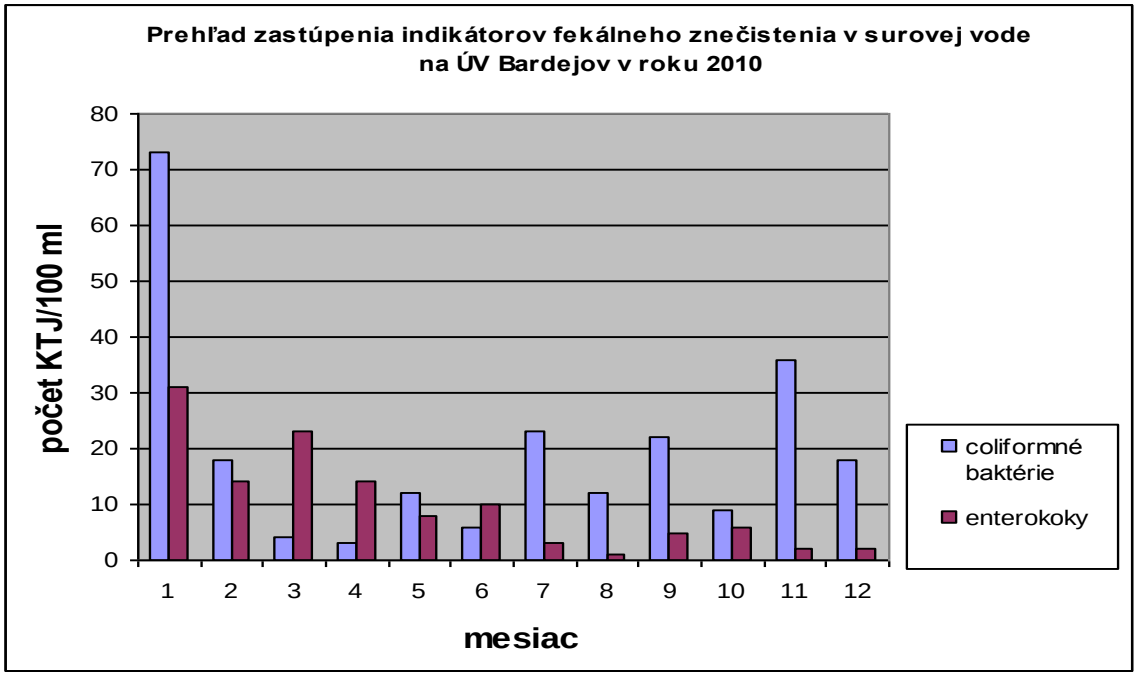
Enterokoky- Fekálne streptokoky- sú to grampozitívne koky, ktoré často tvoria diplokoky. Sú častými pôvodcami zápalov močových a žlčových ciest, meningitíd a pod. Veľká citlivosť voči vonkajšiemu prostrediu a jeho zmenám je dôvodom , prečo sa enterokoky vo vode len málo množia a prežívajú len krátku dobu. Na druhej strane sú podstatne odolnejšie voči niektorým toxickým látkam, a tiež chlóru než koliformné baktérie. Prežívajú aj také množstvá chlóru, ktoré koliformné baktérie bezpečne usmrcujú a preto indikujú nedostatočne vykonanú dezinfekciu vody aj za neprítomnosti koliformných baktérii.(HAUSLER 1995). Stanovenie enterokokov sa prevádza kultiváciou na médiach obsahujúcich azid sodný a TTC. Azid sodný sa pridáva, ako látka z vysoko selektívnym účinkom, potlačujúcim rast sprievodnej mikroflóry. TTC umožňuje vznikajúcim červenohnedým formazanom diferencovať kolónie enterokokov od kolónii iných druhov baktérií.



Obr.14 Zastúpenie indikátorov fekálneho znečistenia v surovej vode na ÚV Bardejov v roku 2007



Obr.15 Zastúpenie indikátorov fekálneho znečistenia v surovej vode na ÚV Bardejov v roku 2009

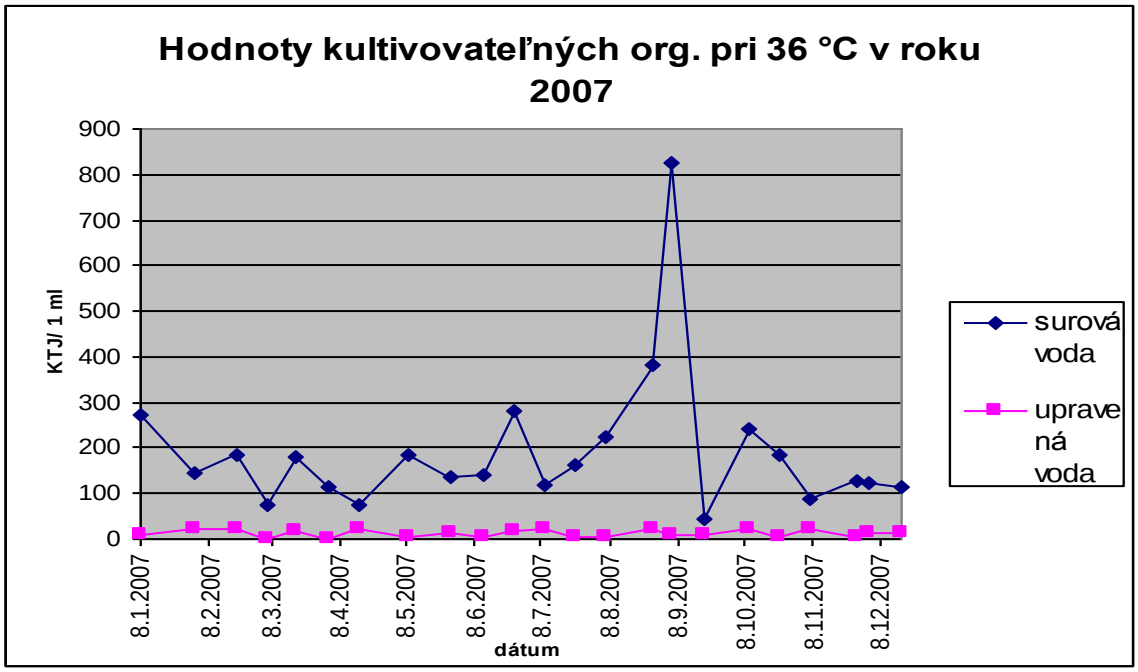


Obr. 16 Zastúpenie indikátorov fekálneho znečistenia v surovej vode na ÚV Bardejov v roku 2010

Indikátory všeobecného znečistenia

- ***Mezofilné baktérie*** (v súčasnosti sa už používa označenie kultivovateľné mikroorganizmy pri 36 °C), patria medzi indikátory všeobecného znečistenia. Sú to mikroorganizmy bežne sa vyskytujúce vo všetkých typoch vodného prostredia, z hygienického hľadiska sa im nepripisuje taký veľký význam ako indikátorom fekálneho znečistenia a riziko, že sa medzi nimi vyskytujú patogénne mikroorganizmy je veľmi nízke. Ich zvýšený počet signalizuje znečistenie vodného zdroja z vonkajšieho prostredia. (www.vuvh.sk). Na ÚV v Bardejove sme výskyt mezofilných baktérií hodnotili na základe stanovovania metódou priameho výsevu 0,5 ml vzorky na povrch kultivačného média a následnej kultivácie po dobu 48 hodín pri teplote 36 °C. Z každej vzorky sme spracovávali objem 0,5 ml na dve petriho misky. Výsledný počet KTJ sme vyjadrili na 1 ml spracovávanej vzorky.

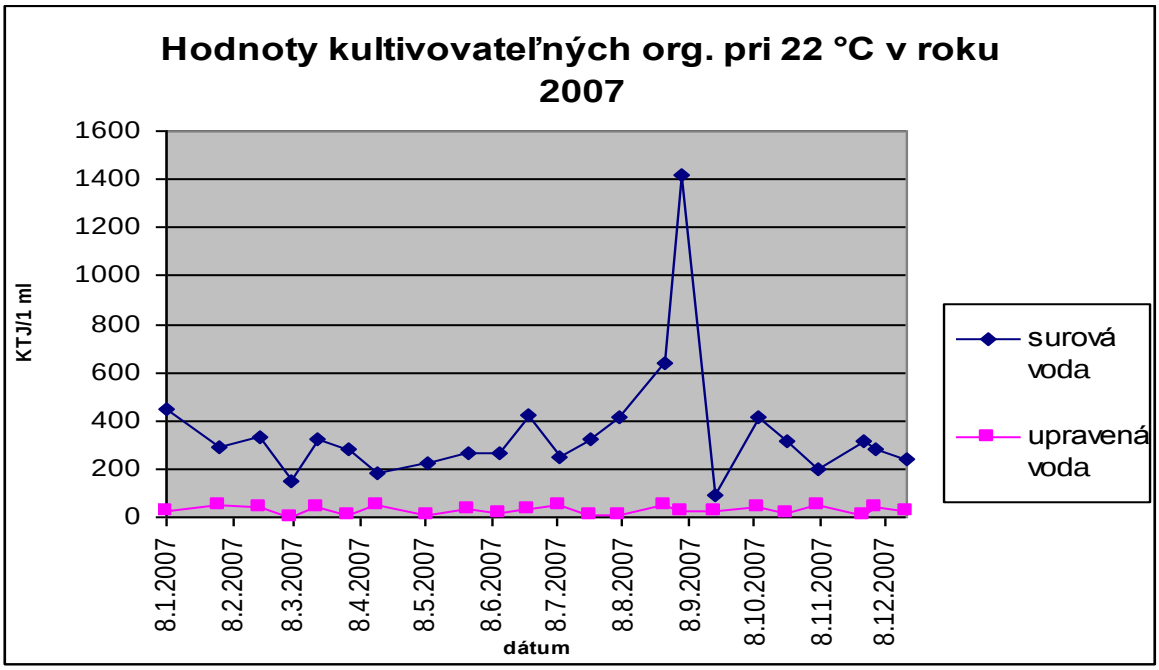
Najväčší výskyt mezofilných baktérií v surovej vode sme zaznamenali v období august a september , napriek tomu v ani jednom prípade sa medzná hodnota 20 KTJ/1 ml vzorky v pitnej vode neprekročila. Za celé obdobie roku 2007 sa medzná hodnota v upravenej vode dosiahla 7 krát.



Obr.17 Zastúpenie kutivovateľných org. pri 36°C na ÚV Bardejov v roku 2007

Psychrofilné baktérie (v súčasnosti sa už používa označenie kultivovateľné mikroorganizmy pri 22°C) . U tejto skupiny sa dosahuje vyšších výsledkov, ako u skupiny mezofilných baktérií, čo je spôsobené tým, že mikroflóra vo väčšine typov vôd je prispôsobená nižším teplotám a tak pri kultivačnej teplote 22°C a dlhšej kultivačnej dobe má výhodnejšie životné podmienky (HAUSLER 1995).

Stanovovaním psychrofilných baktérií na ÚV v Bardejove sa zistil približne dvojnásobný nárast KTJ/1 ml vzorky oproti počtom mezofilných baktérií. Najväčšie počty boli zaznamenané v rovnakom časovom období ako mezofilné baktérie a zároveň aj ako indikátory fekálneho znečistenia. Najvyššie hodnoty v surovej vode sme zaznamenali 22.8.2007 a to 642 KTJ/1 ml a 4.9.2007 hodnotu 1420 KTJ/1 ml . Dovolená medzná hodnota 200 KTJ/1 ml vzorky v pitnej vode nebola prekročená v ani jednom prípade, čo dokumentuje aj nasledujúci obrázok.



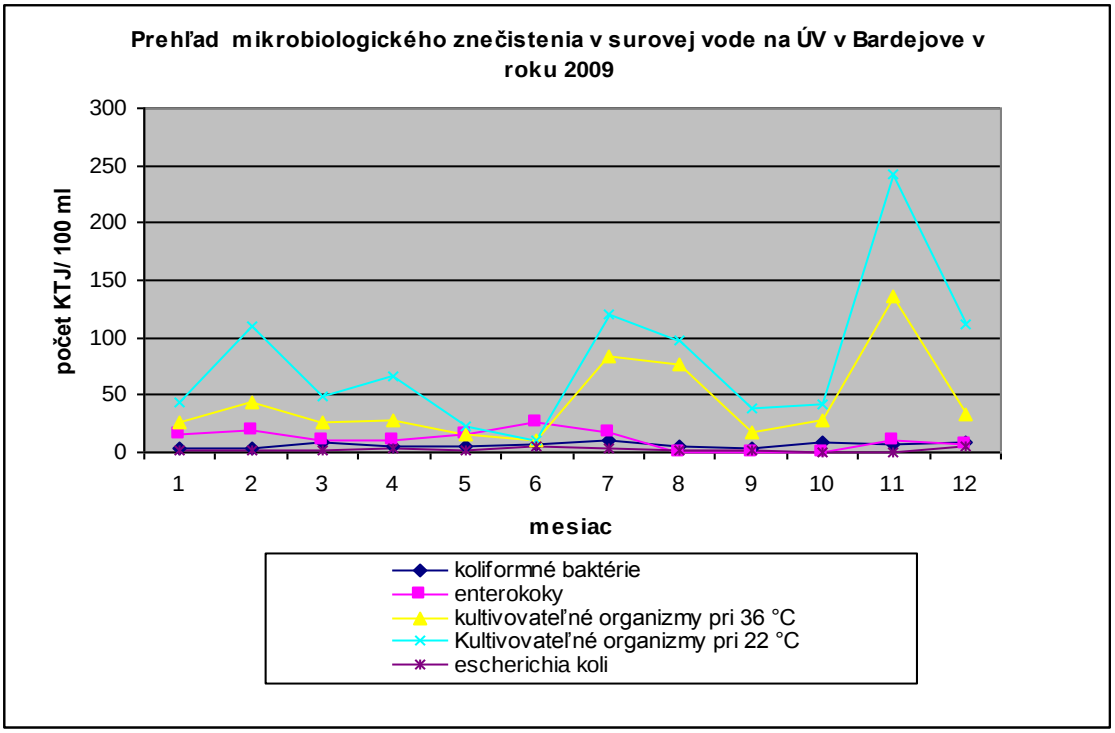
Obr.18 Zastúpenie kutivovateľných org. pri 22°C na ÚV Bardejov v roku 2007

Indikátorová hodnota mikrobiologických ukazovateľov sa musí hodnotiť vo vzájomných súvislostiach. V povrchových vodách môžu indikátorovú hodnotu znížiť rôzne faktory, ako je napr. teplota, ktorá podporuje množenie mikroorganizmov (PITTER, 1981).

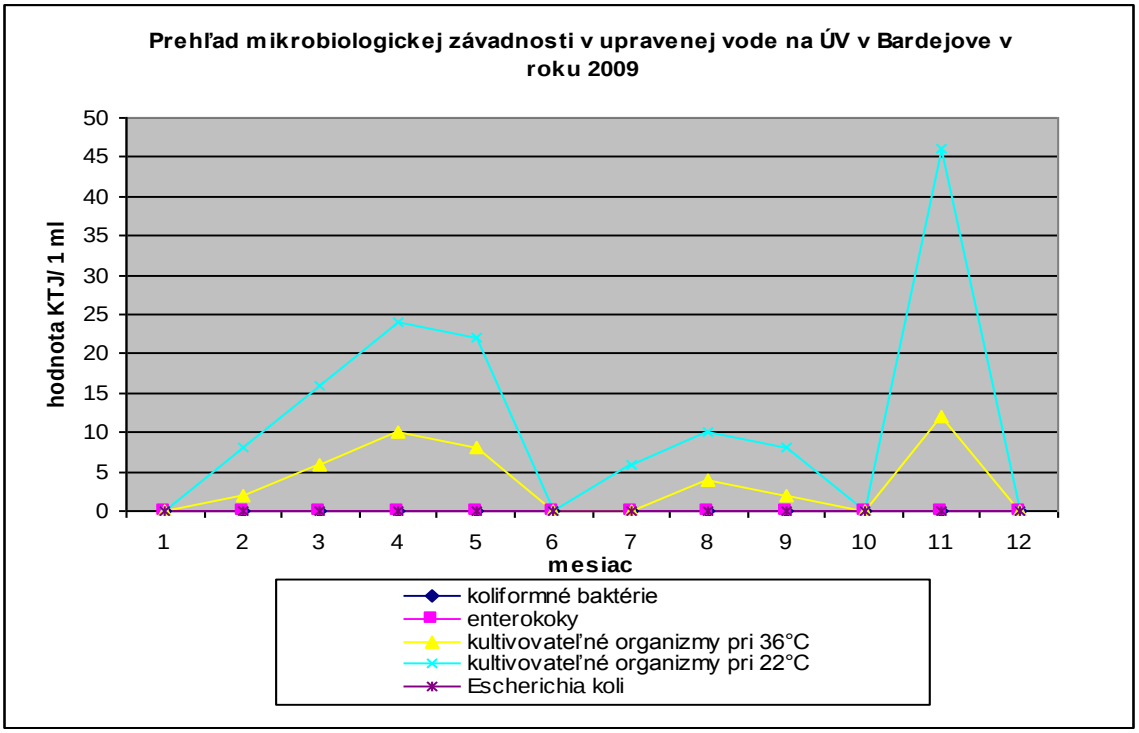
Pokiaľ dôjde k zvýšeniu len u jednej zo sledovaných skupín, je veľmi pravdepodobné, že sa jedná o náhodnú kontamináciu.(www.vuvh.sk)

Tab.10 Celkové posúdenie mikrobiolog. znečistenia podľa zastúpených ukazovateľov

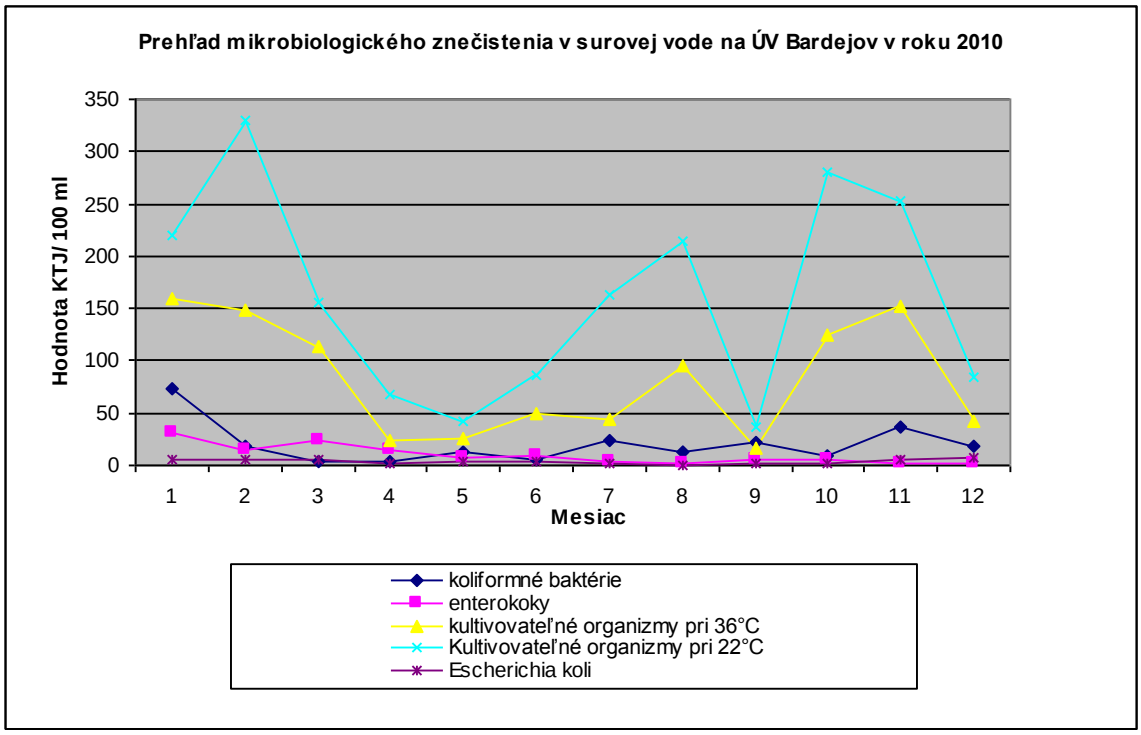
coliformné baktérie	*enterokoky*	*Posúdenie stavu*
+	+	Čerstvé fekálne znečistenie- hrubá hygienická závada- voda **nevhodná** pitné účely
+	-	Staré fekálne znečistenie- voda **nevhodná** na pitné účely
-	+	Nedostatočná dezinfekcia voda **nevhodná** na pitné účely
-	-	voda **vhodná** na pitné účely



Obr.19 Prehľad mikrobiolog. znečistenia v surovej vode v roku 2009



Obr.20 Prehľad mikrobiolog. znečistenia v upravenej vode v roku 2009



Obr. 21 Prehľad mikrobiolog. znečistenia v surovej vode v roku 2010

4.8 Posúdenie celkového stavu kvality vody na ÚV Bardejov

Závadnosť vzoriek pitnej a povrchovej vody vykonaných v laboratóriu ÚV Bardejov sme zhodnotili za rok 2007, 2009, 2010 a porovnali s výsledkami roku 2006 a výsledkami vodohospodárskych laboratórií v ďalších mestách na východe Slovenska.

Pitná voda

Rozsah stanovovaných ukazovateľov a hodnotenie ich nálezu vo vzorkách pitnej vody vychádza z požiadaviek Nariadenia vlády SR č. 496/2010 Z.z, ktorým sa nemí a dopĺňa NV SR č.354/2006.Týmto sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.

Na ÚV v Bardejove sa v roku 2006 uskutočnilo celkovo 10 572 stanovení pitnej vody, z ktorých bolo závadných 97 stanovení, čo predstavuje 0,92% závadnosť.

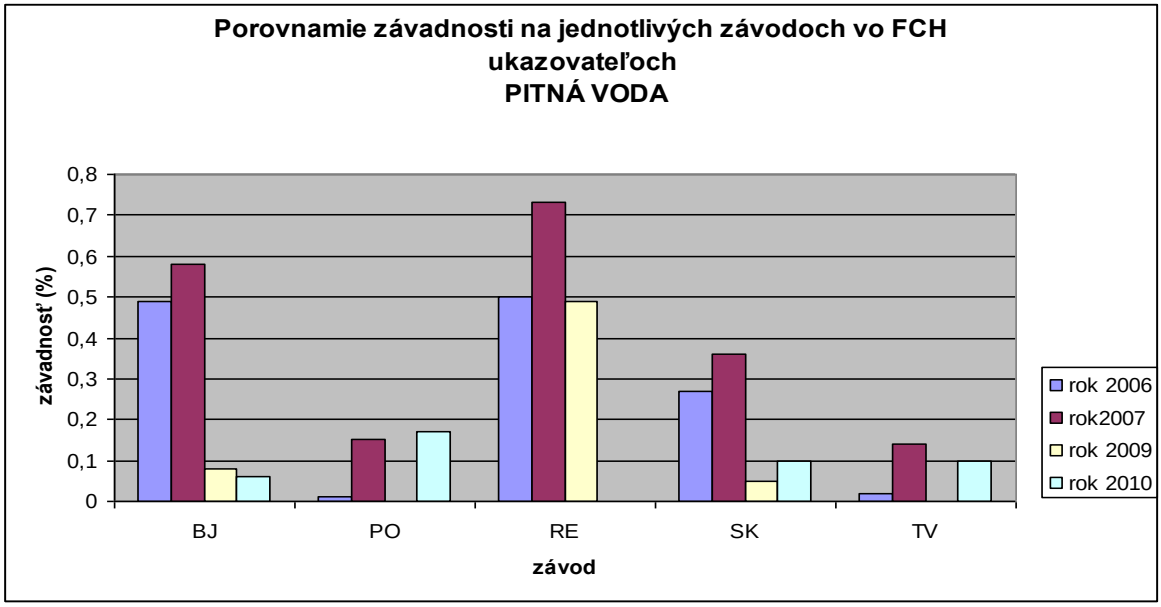
Z 3307 mikrobiologických ukazovateľov bolo v roku 2006 závadných 62 ukazovateľov , čo predstavuje 1,87 %. Najviac prekročení bolo zaznamenaných v ukazovateľoch: kultivovateľné organizmy pri 36°C ,koliformné baktérie, kultivovateľné organizmy pri 22 °C, enterokoky.

Z fyzikálno – chemických ukazovateľov sa vykonalo 7141 stanovení, z ktorých bolo závadných 35 stanovení. Predstavuje to 0,49 % závadnosť fyzikálno chemických ukazovateľov.

V roku 2007 sa na ÚV stanovilo celkovo 10 257 stanovení, z ktorých bolo 74 stanovení závadných, čo predstavuje 0,72 % závadnosť.

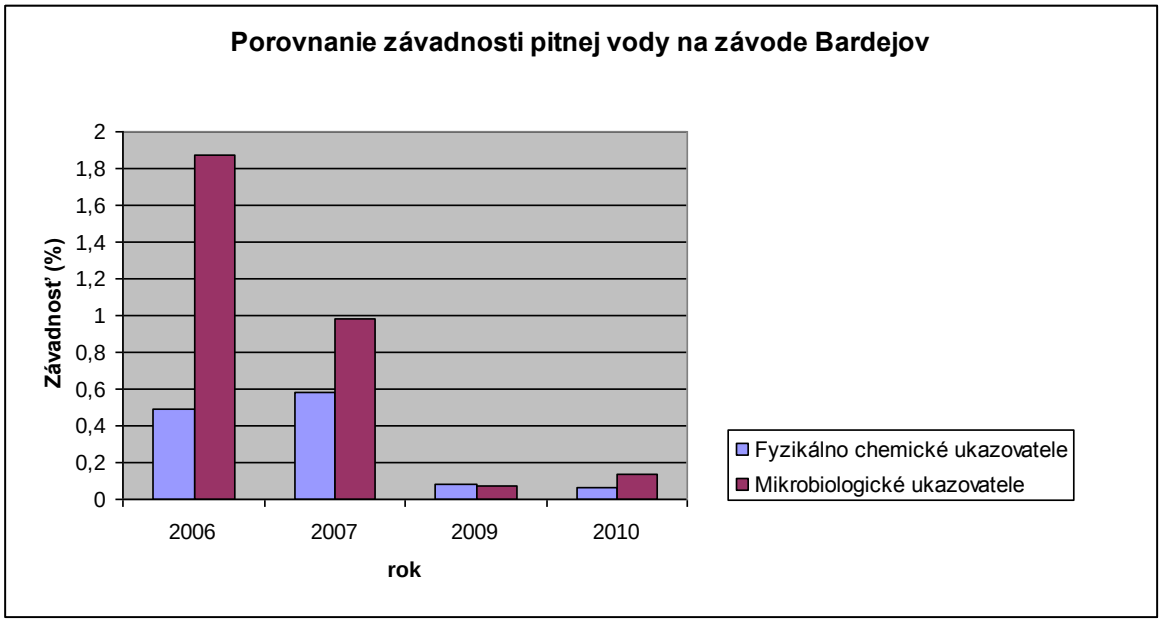
Mikrobiologických stanovení sa vykonalo 3682. Závadných bolo 36 stanovení, čo predstavuje 0,98 % závadnosť. Fyzikálno- chemických ukazovateľov sa vykonalo 6505 stanovení a závadných bolo 38 stanovení. Predstavuje to 0,58 % závadnosť.

V roku 2009 sa stanovilo celkovo 10 019 stanovení pitnej vody, z ktorých bolo 8 stanovení závadných čo predstavuje 0,08% závadnosť. V mikrobiologických ukazovateľoch boli z 2693 stanovení závadné 2 stanovenia čo je 0,07% závadnosť a z 7192 fyzikálno-chemických stanovení bolo závadných 6 stanovení, ktoré predstavujú 0,08% závadnosť.

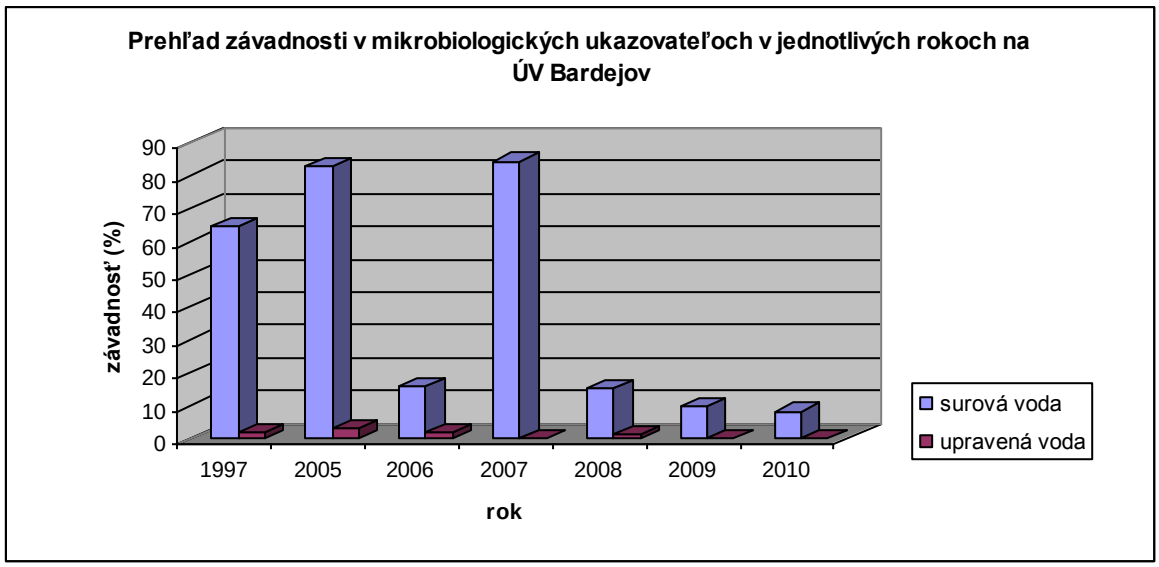


Obr.22 Porovnanie kvality pitnej vody vo FCH ukazovateľoch na jednotlivých závodoch VVS a.s.

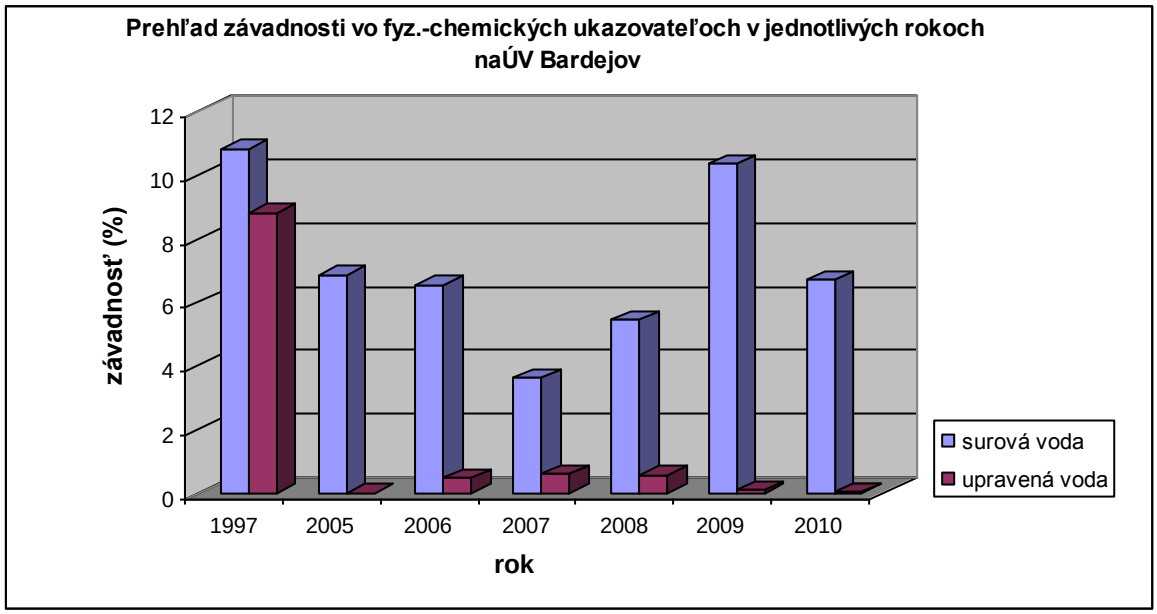
V roku 2010 sa uskutočnilo 10 833 stanovení pitnej vody , z ktorých bolo závadných 9 stanovení, čo predstavuje 0,08 % závadnosť. Z fyzikálno- chemických ukazovateľov bolo z celkového počtu 7756 stanovení závadných 5, čo je 0,06 %. V mikrobiologických ukazovateľoch sa stanovilo 2953 stanovení a závadné boli 4 čo je 0,14 % závadnosť



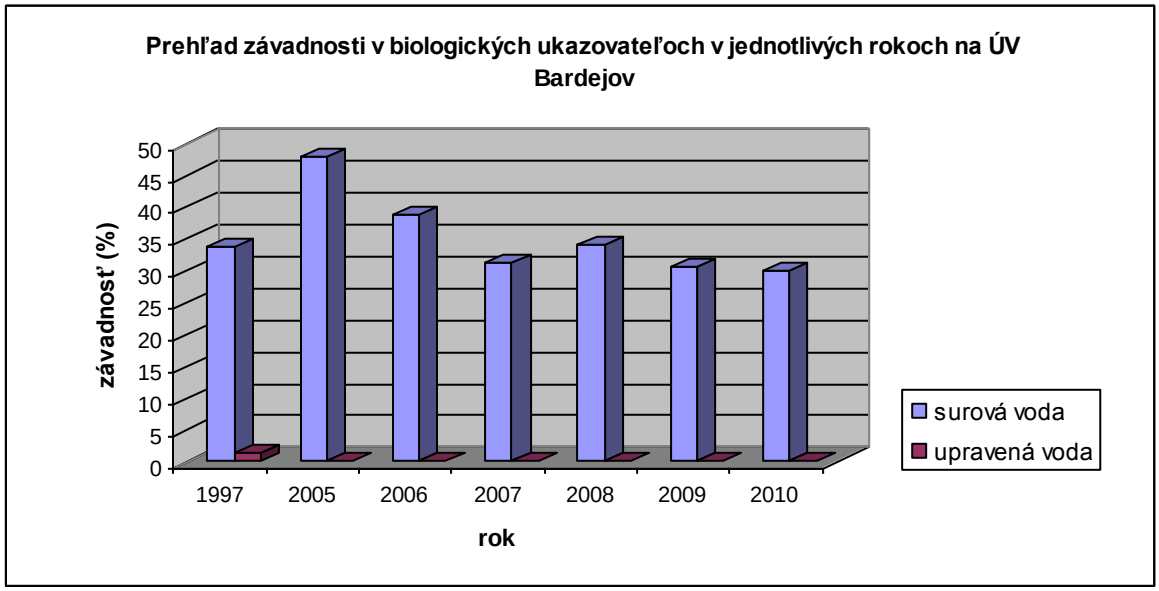
Obr.23 Porovnanie závadnosti pitnej vody na závode Bardejov v jednotlivých rokoch



Obr.24 Prehľad závadnosti v mikrobiolog. ukazovateľoch na ÚV Bardejov v jednotlivých rokoch.



Obr.25 Prehľad závadnosti vo fyz.- chemických. ukazovateľoch na ÚV Bardejov v jednotlivých rokoch.



Obr.26 Prehľad závadnosti v biologických. ukazovateľoch na ÚV Bardejov v jednotlivých rokoch.

Surová voda

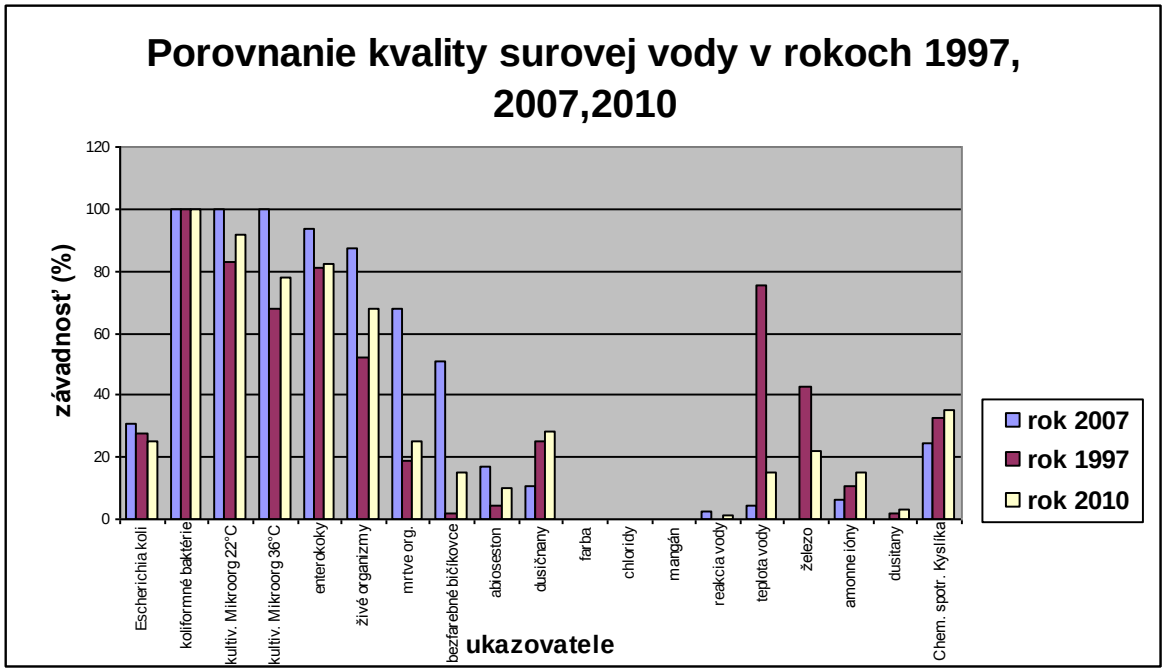
Rozsah stanovovaných ukazovateľov a hodnotenie ich nálezu v surovej vode vychádza z požiadaviek Vyhlášky MŽP SR č. 636/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody.

Na ÚV v Bardejove sa v roku 2006 uskutočnilo 2476 stanovení surovej vody, z ktorých bolo závadných 216 stanovení, čo predstavuje 8,72% závadnosť. Z 580 mikrobiologických ukazovateľov bolo v roku 2006 závadných 92 ukazovateľov , čo predstavuje 15,86 %.

Z fyzikálno – chemických ukazovateľov sa vykonalo 1896 stanovení, z ktorých bolo závadných 124 stanovení. Predstavuje to 6,54 % závadnosť fyzikálno chemických ukazovateľov.

V roku 2007 sa na ÚV stanovilo 271 stanovení surovej vody, z ktorých bolo 13 stanovení závadných, čo predstavuje 4,8 % závadnosť. Mikrobiologických stanovení sa vykonalo 80. Závadných bolo 12 stanovení, čo predstavuje 15 % závadnosť. Fyzikálno-chemických ukazovateľov sa vykonalo 191 stanovení a závadných bolo 1 stanovenie. Predstavuje to 0,52 % závadnosť.

V roku 2009 sa stanovilo 2060 stanovení surovej vody, z ktorých 182 závadných stanovení predstavuje 8,83% závadnosť. Z 312 stanovení mikrobiologických ukazovateľov bolo závadných 30 stanovení čo je 9,6% závadnosť a z 1736 stanovení fyzikálno-chemických ukazovateľov bolo závadných 179 stanovení čo predstavuje závadnosť10,31%



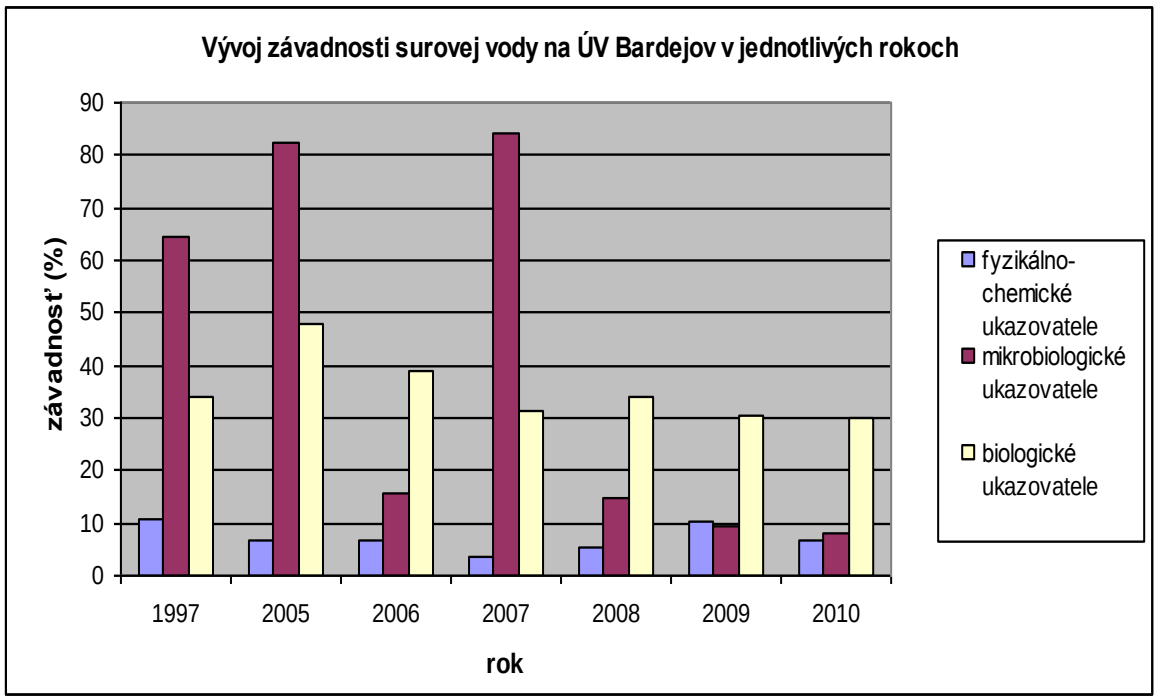
Obr.27 Porovnanie kvality surovej vody v rokoch 1997, 2007 a 2010 vo vybraných ukazovateľoch

V roku 2010 bolo v laboratóriu analyzovaných 1248 Fyzikálno- chemických stanovení. Závadných bolo 84 stanovení, č je 6,7% závadnosť. Mikrobiologické

ukazovatele boli stanovované 525 krát a závadných bolo 45 stanovení, ktoré predstavovali 8,1 % závadnosť.

Pri posudzovaní kvality surovej vody treba brať do úvahy, že táto voda je určená k úprave a to minimálne hygienickým zabezpečením.

Využívanie vodných zdrojov Slovenska od roku 1991 má neustály pokles. Zapríčiňuje to pokles priemyselnej výroby, ako aj neustále znižovanie spotreby obyvateľstvom. Zmenou kvality povrchových vôd sa každoročne zanechávajú využívané vodné zdroje a nahrádzajú sa novými menej kontaminovanými. Nasledujúci obrázok poukazuje na závadnosť surovej vody na ÚV v sledovaných rokoch podľa jednotlivých skupín ukazovateľov.



Obr.28 Vývoj závadnosti surovej vody na ÚV Bardejov v jednotlivých rokoch

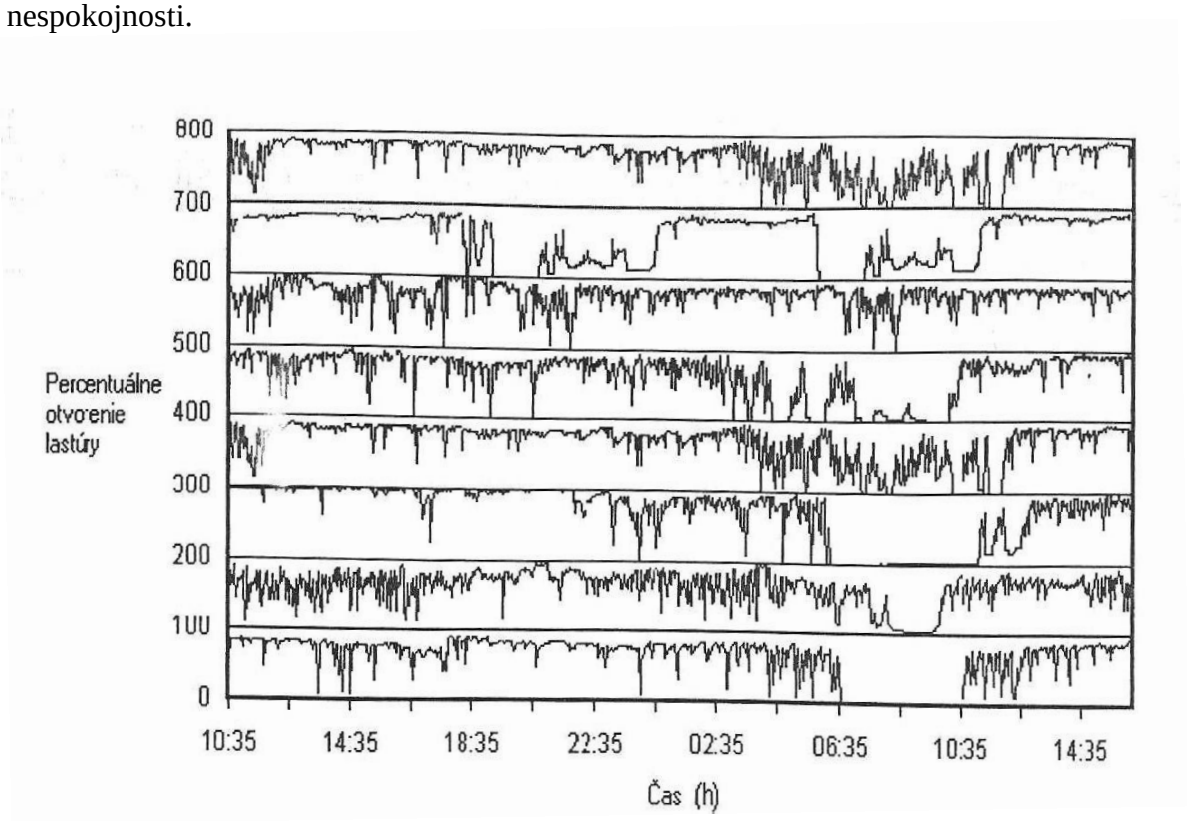
Biomonitoring

Biomonitoringom sa monitoruje stav kvality surovej vody na ÚV v Bardejove kontinuálne, nepretržito. Teda pri tomto type nemožno hovoriť o rýchlosti vyhodnotenia výsledkov, pretože sú vyhodnotené a zobrazované počítačom celý deň.. Teda aj možnosť skorého varovania je okamžitá reakcia- alarmy sa spúšťajú automaticky po prekročení limitných hodnôt. Pri laboratórnom rozbore sú výsledky známe po cca 1 hodine a teda až po tomto čase je možné vyhlásiť alarm ako ukazuje tab. č.11.

Tab.11 Porovnanie rýchlosti spracovania labor.výsledkov a rýchlosti prvého alarmu

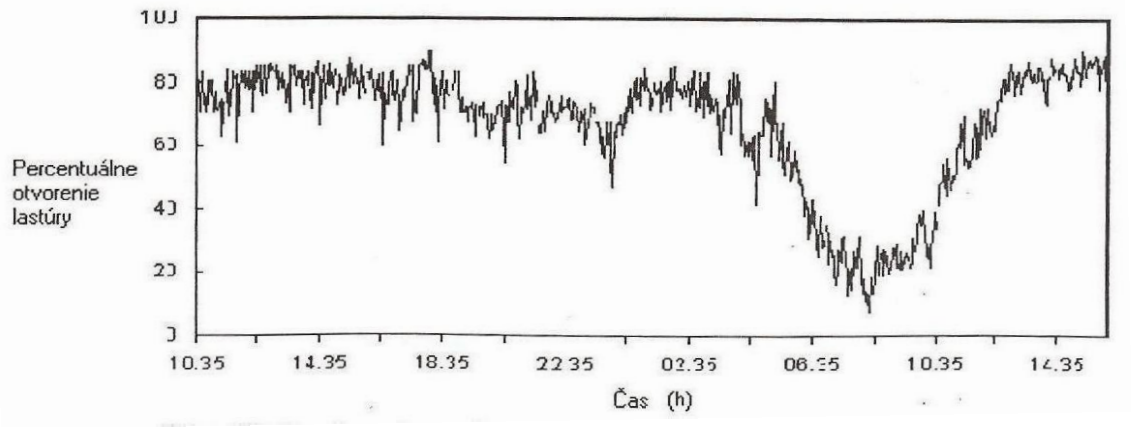
	Rozbor	čas potrebný na vyhodnotenie výsledkov (h)	čas potrebný na spustenie prvého alarmu (h)
Fyz. Chemický rozbor	fyzikálno- chemický rozbor	1 h	1 h
	mikrobiologický rozbor	48 - 72 h	48 - 72 h
	biologický rozbor	2 - 3 h	2 -3 h
Biomonitoring	fyzikálno- chemický rozbor	okamžité vyhodnotenie výsledkov	okamžite po prekročení limitu
	mikrobiologický rozbor	okamžité vyhodnotenie TOC	okamžite po prekročení limitu
	biologický rozbor	okamžité vyhodnotenie TOC	okamžite po prekročení limitu

Za bežných podmienok sú korýtka otvorené na 70- 80 % . V stave znečistenia sa naraz uzatvoria všetky korýtka maliarske. Ak sa uzatvorí 4 alebo 5 korýtok ide o indikáciu nespokojnosti.



Obr.29 Vyhodnotenie správania sa korýtok maliarskych 1.6.2008

Správanie sa korýtok maliarskych je merané nepretržite a hodnoty, ktoré sú namerané sa vyhodnocujú v percentách (0%- zatvorené, 100% otvorené). Ako vidno z obr. 27. dňa 1.júna 2008 v čase 6:30 hod. sa korýtka maliarske zavreli a percentuálna priemerná hodnota potvrdzuje nespokojnosť lastúr. Pokles pod 25% už signalizuje, prítomnosť nežiaducich látok vo vode.



Obr.30 Správanie sa jedného korýtka maliarskeho 1.6.2008

5 Návrh na využitie výsledkov

Získané výsledky môžu byť využité:

- pri vypracovaní iných bakalárskych, diplomových prác súvisiacich s problematikou úpravy pitných vôd a pod.
- dané hodnotenia môžu využiť pracovníci Úpravne vody v Bardejove pre porovnanie s inými úpravňami na východnom Slovensku a rozšírenie si svojich pracovných skúseností o informácie z mikrobiologických a biologických poznatkov.
- pre kontrolu dodržiavania maximálnych hodnôt čistenia odpadových vôd

6 Záver

V predloženej diplomovej práci sme zhodnotili kvalitu pitnej vody v procese úpravy od mechanického predčistenia, cez jednotlivé stupne úpravy až po dezinfekciu a mikrobiologickú kvalitu upravenej pitnej vody a zhodnotili prínos biomonitorovacích staníc inštalovaných na prítoku surovej vody na úpravni vody v Bardejove.

Priame odbery z tokov ako zdroj pitných vôd sú veľmi zraniteľné vzhľadom na rozkolísanosť vodných stavov, zmenu kvality vody, ktorá sa nárazovo zhoršuje najmä po výdatných dažďoch, v období topenia snehu, ale aj pri nízkych vodných stavoch.

Z uvedených výsledkov a porovnania závadnosti v roku 2007, 2009 a 2010 s rokom 1997 vyplýva, že stále väčšiu pozornosť je treba venovať mikrobiologickým a biologickým ukazovateľom kvality, ktoré v porovnaní s rokom 1997 v surovej vode ukazujú stúpajúcu tendenciu. Naopak fyzikálno- chemické ukazovatele, vzhľadom na vzostupujúci rast priemyselnej a poľnohospodárskej výroby ukazujú klesajúcu tendenciu.

ÚV v Bardejove sa upravuje surová voda z toku rieky Topľa dvojstupňovou úpravou s dávkovaním koagulantu síranu hlinitého. Priemerná účinnosť úpravy sa po 1. stupni úpravy pohybovala od 12% do 48% odstránenia CHSK. Po druhom stupni úpravy, po filtrácii sa účinnosť zvýšila na 43% - 61% v závislosti od technického stavu náplne filtrov. Vo všeobecnosti však môžeme konštatovať, že účinnosť technológie úpravy vody na ÚV v Bardejove je priemerne 65%-70% a hodnoty fyzikálno- chemických ukazovateľov stanovovaných v pitnej vode dosahujú požadované limity požiadaviek Nariadenia vlády SR č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.

Z mikrobiologického hľadiska sa kvalita povrchovej vody od roku 1997 zhoršovala . Výrazný pokles závadnosti surovej vody v mikrobiologických ukazovateľoch sa zaznamenal v roku 2008, 2009 a 2010. Závadnosť surovej vody v mikrobiologických ukazovateľoch v roku 2008 bola 15 %, v roku 2009 bola 9,6% a v roku 2010 8,1%. Chlórovaním a dezinfekciou sa v upravenej vode dosiahla závadnosť 0,98 % v roku 2008, 0,07 % v roku 2009 a 0,14 % v roku 2010.

Celková závadnosť pitnej vody na ÚV v Bardejove bola v roku 2006 0,9%, v roku 2007 to bolo 0,7% a v rokoch 2009 a 2010 klesla celková závadnosť pitnej vody v oboch rokoch na hodnotu 0,08%.

Inštalácia biologického monitoringu má v súčasnosti mimoriadny význam v tom, že kontinuálne sledovanie kondície pstruhov, pri poklese ich aktivity a po vyhodnotení

aktivity korýtok maliarskych, ako aj ostatných on-line sledovaných ukazovateľov, umožňuje urýchlene prikročiť k odstaveniu úpravne, zisťovaniu príčin zmeny správania uvedených živočíchov a prijímaniu potrebných opatrení. Je potrebné dodať, že pokiaľ sa analyticky zistí prítomnosť niektorých karcinogénnych látok, pesticídov a podobne až po niekoľkých dňoch, prípadne mesiacoch, teda v období, keď následky sú už nezvratné, tieto živočíchy sú na tieto látky omnoho citlivejšie a ich reakcia rýchlejšia.

Od nainštalovania mossel monitora až dodnes zareagovali korýtka na zmenu kvality vody dvakrát. 1.júna 2008 došlo k zvýšeniu koncentrácie amoniaku, ktorého hodnota bola analyticky stanovená 0,82 mg/l, pričom medzná hodnota tohto ukazovateľa podľa príslušnej vyhlášky pre povrchovú vodu nebola prekročená. O 6:00 hod. ráno sa všetky korýtka maliarske uzavreli, prístroje na kontinuálne meranie amoniaku namerali zvýšenú hodnotu amoniaku 0,9 mg/l. Následne po 30 minútach bola odobraná vzorka surovej vody a laboratórne bola stanovená hodnota amoniaku 0,82 mg/l . V druhom prípade reagovali korýtka aj pstruhy, kedy došlo k zníženiu rozpustného kyslíka na 4 mg/l. Táto hodnota bola nameraná kyslíkovou sondou priamo v potrubí surovej vody. Laboratórne výsledky rozpustného kyslíka sme získali po cca 4 hodinách a ich hodnota bola 4,15 mg/l . Nešlo však o zhoršenie kvality vody, ale daná situácia bola zapríčinená prevádzkovými dôvodmi. Na základe výsledkov získaných kontinuálnym meraním a ich porovnaním s výsledkami laboratórnych rozborov v rovnakom čase boli zistené len minimálne rozdiely. Tieto môžu byť zapríčinené kalibráciou meracích prístrojov a chybou merania.

Z uvedeného vyplýva, že biomonitoring a kontinuálne merania majú veľký význam v sledovaní kvality surovej vody a v prijímaní operatívnych opatrení na zamedzenie škôd tak na zdraví obyvateľov, ako aj na majetku.

Hodnotením výsledkov uvedených rozborov sa nemusí vždy dospieť k zhodným záverom. Chemický a mikrobiologický rozbor sa vzájomne dopĺňajú a v kombinácii s biomonitoringom a kontinuálnym sledovaním dôležitých ukazovateľov kvality vody je nevyhnutným opatrením na zamedzenie neúmyselného, alebo úmyselného znečistenia nielen povrchovej, ale aj podzemnej vody. Podceňovanie akéhokoľvek sledovania kvality vody nie je správne.

Za účelom optimálneho využívania vodných zdrojov bude potrebné prehodnotiť využiteľné množstvá zdrojov povrchových a podzemných vôd so zohľadnením vplyvu klimatických zmien a zabezpečiť efektívne využívanie spolupôsobenia podzemných a povrchových vôd. Kvalitatívne nevhodné vodné zdroje bude potrebné v budúcnosti vyraďovať.

Pri všeobecnom zhoršovaní životného prostredia, ako sprievodného javu civilizácie vôbec, je nevyhnutné vodným zdrojom pitných vôd venovať sústredenú pozornosť a zabezpečovať, aby sa záujem o vodné zdroje neobmedzoval len na ich získavanie a využívanie, ale predovšetkým na ich dlhodobú ochranu.

Naša Zem je systém živý, kde sú vzájomne pospájané jednotlivé podsystémy. Tieto budú funkčné len vtedy, ak sa dosiahne trvalo udržateľná rovnováha a preto autori strategických rozhodnutí o akejkoľvek výrobe musia preberať zodpovednosť za budúcnosť. *“ Ži, ale daj túto šancu aj iným, by malo byť krédom na ďalšie obdobie pre všetkých obyvateľov Zeme bez ohľadu v ktorej časti sveta žijú a čo robia "*

7 Použitá literatúra

AMBROŽOVÁ, J.- PUMANN, P.- SLÁDEČKOVÁ, A.- KOLÁŘ, K. 2004: Mikroskopické indikátory kvality pitné vody. IN Vodárenská biologie. Zborník konferencie, Praha 2004. 140 s. ISBN 80903203-9-2

BRATSKÁ,Z. – MAJOROŠ, J. 2005 : Aktuálne poznatky o zdravotných účinkoch vybraných látok THM a skúsenosti s využívaním metódy „ Purge and Trap“, IN Pitná voda. Zborník odborných prác z konferencie s medzinárodnou účasťou, Trenčianske Teplice 2005. 250 s.

BRATSKÁ, Z. 2008: Vybrané technológie úpravy kvality pitnej vody v domácnostiach . IN Vodohospodársky spravodajca č 11-12/ 2008.

BÚGEL, M. 1998: Využitie biologických rozborov na hodnotenie účinnosti technológie úpravy vody. IN Acta montanistica Slovaca, ročník 3 , 1998

DUNAJ, J.-MOJDIS, V. 2005: Systém skorého varovania pomocou biologického monitoringu pri výrobe pitnej vody na ÚV Stakčín a ÚV Bardejov, “, IN Pitná voda. Zborník odborných prác z konferencie s medzinárodnou účasťou, Trenčianske Teplice 2005. 250 s.

CHMIELEWSKÁ, E. 2004: Ochrana vôd, EPOS Bratislava 2004. 107 s. ISBN 80-8057-620-3

HÄUSLER, J. 1995: Mikrobiologické kultivační metody kontroly jakosti vod. Praha: Ministerstvo zemědelství České republiky, 1995, 396 s.

HOLUBEC, M. - VALKO, M. 1995: Posudzovanie potrebnosti a možnosti zaradenia nových technologií do VH – prevádzok v pôsobnosti MP SR, VÚVH Bratislava 1995, 37 s.

HRUŠKOVÁ, R. – KRČOVÁ, B.2005: Systém havarijního monitoringu v kombinaci s biomonitoringem. IN Pitná voda. Zborník odborných prác z konferencie s medzinárodnou účasťou, Trenčianske Teplice 2005. 250 s.

HYÁNEK, Ľ. 1991: Čistota vôd. Bratislava: Alfa, 1991, 240 s. Enviromagazín, 2004**:** 2004 č.5 13 s.

JELÍNKOVÁ, M. 2005: Zdravotné zabezpečenie pitnej vody vo vodovodnom systéme. IN Vodárenstvo- úprava pitnej vody. Zborník referátov v oblasti úpravy vôd, Zemplínska Šírava 2005 , 62 s.

KRAJŇÁKOVÁ, I. 2005: Technologické procesy úpravy vody. IN Vodárenstvo- úprava pitnej vody. Zborník referátov v oblasti úpravy vôd, Zemplínska Šírava 2005 . 62 s.

KRIŠŠ, J. 2006: Vodárenstvo I, Bratislava : vydavateľstvo STU v Bratislave, 2006. 816 s. ISBN 80-227-2426-2

KRÍŽOVÁ, E. – KROPIL,R. – ČABOUN,V. – MIDRIAK,R. 2001: Základy ekológie. Zvolen: Technická univerzita, 2001, 181 s. ISBN 80-08-03341-X.

KOČIK, K. 1994. Monitoring životného prostredia. Zvolen: Technická univerzita, 1994, 114 s.ISBN 80-228-0312-X

KUČÁROVÁ, K. – VALÚCHOVÁ, M. – BARTÍK, I. 2008: Hodnotenie ekologického stavu vodných tokov v slovenskej republike , časť 4: Podporné prvky kvality- fyzikálno-chemické a hydrobiologické, IN Vodohospodársky spravodajca č. 11-12 / 2008

LUKÁČ, Ľ. 2005: Prevádzková kontrola kvality vody v procese úpravy vody, IN Vodárenstvo- úprava pitnej vody. Zborník referátov v oblasti úpravy vôd, Zemplínska Šírava 2005 . 62 s.

ONDERÍKOVÁ, V. 1995 : Separácia vodných organizmov počas koagulačných procesov. IN Vodné organizmy v procese úpravy vody., Ministerstvo pôdohospodárstva, Hydrotechnológia Bratislava 1995. 50 s.

ONDERÍKOVÁ , V. 2005: Hydrobiologický audit počas úpravy vody na pitné účely v Slovenskej republike. IN Vodohospodársky spravodajca č. 1-2 / 2005.

MARTOŇ, J. - TÖLGYESSY, J. –HYÁNEK, L. – PIATRIK, M. 1984: Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd. Bratislava: Alfa, 1984, 456 s.

MARTOŇ, J. – ČERNÁK, O. – HETARŠI, J. 1997: Vodárenstvo II.- Úprava pitných a úžitkových vôd. Bratislava : vydavateľstvo STU v Bratislave, 1997, 250 s.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA, 2005: Správa o stave Životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2005, 24 – 43 s.

PORÚBSKÝ, A. 1991: Vodné bohatstvo Slovenska. Bratislava : VEDA, 1991. 320 s. ISBN 80-224-0107-2.

PITTER, V. 1981: Hydrochemie. Praha: STNL,1990, 568 s.

PIVOVARNÍKOVÁ, A. 2006: Návrh riešenia monitorovacej stanice s bioindikátormi na posúdenie kvality pitnej vody v meste Bardejov : diplomová práca, Zvolen TU, 2006

PETŘVALSKÝ, V. 1993: Ekológia. Nitra: VSP, 1993, 152 s.

SUPEK, M. 2004: Voda – darkyňa života a prírodný živel. Enviromagazín, 9, 2004, č. 4, s.3, ISSN 1335-1877.

STANNERS, D. - BOURDEAU, P. 1995 : Europe´s Environment. Environment Agency, Copenhagen, 1995, 676 s., ISBN 92-826-5409-5.

SLÁDEČEK,V.- SLÁDEČKOVÁ, A. 1996: Atlas vodních organismú se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod, Česká vědeckotechnická vodohospodářska společnost Praha 1996. 350 s.
ISBN 80-02-01080-9 (1)

TESAŘÍK, I. 1980: Separácia suspendovaných částic pri úprave vody, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied 1980, 220 s.

VAVROVÁ, M. 1994: Dezinfekcia vody chemickými prostriedkami. IN Dezinfekcia vody a zariadenia k tomu účelu využívané. Hydrotechnológia Bratislava 1994, 31 s.

ŽÁČEK, L. 1981: Chemické a technologické procesy úpravy vody. Praha: SNTL, 1981, 268 s.

Vyhláška č. 23/1977 Zb., o ochrane akosti povrchových a podzemných vôd

Zákon č. 184/2002 Z. Z., o vodách

Zákon NR SR č. 384/2004 Z. z., o povrchových vodách

www.infovek.sk , 2005

www.mpsr.sk , 2007

www.mzp.sk , 2007

www.shmu.sk , 2006

www.vuvh.sk,2006

www. enviroportal.sk, 2007

www. mosselmonitor.com, 2009

www. WTW.com, 2009

8 Prílohy

Obr.1 Prevádzková budova ÚV v Bardejove

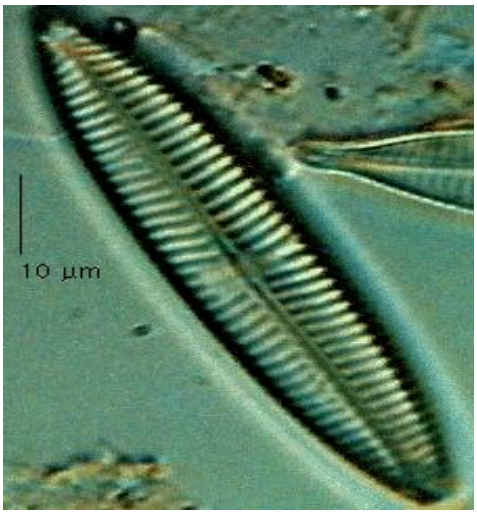
Obr.2 Areál ÚV Bardejov

Obr.3 Pieskové filtre na ÚV v Bardejove

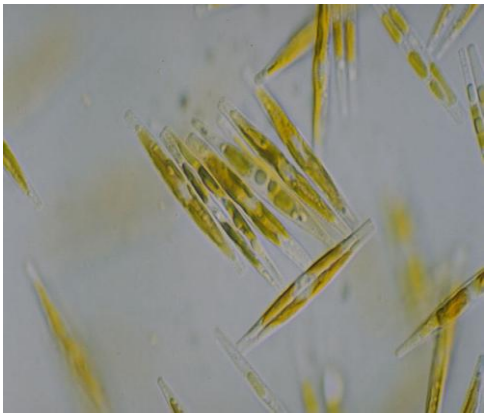
Obr.4 Usadzovacie nádrže na ÚV v Bardejove

Obr.7 Organizmy biologického oživenia v surovej vode

Pediastrum borianum
(www.lanuv.nrw.de)



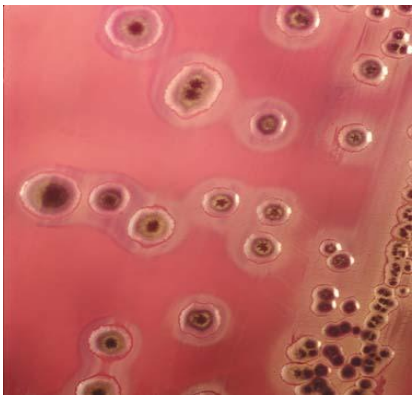
Navicula cryptocephala
(www.bgsu.edu)

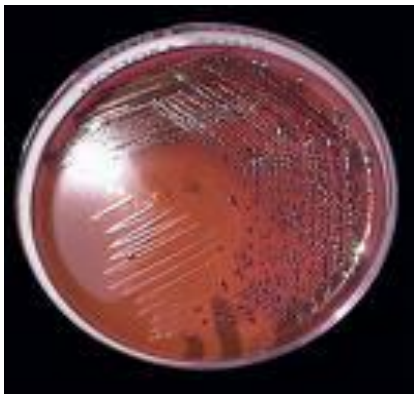


Nitzschia palea
(www.nies.go.jp)

Synedra acus
(www.blog-imgs-32.fc2.com)

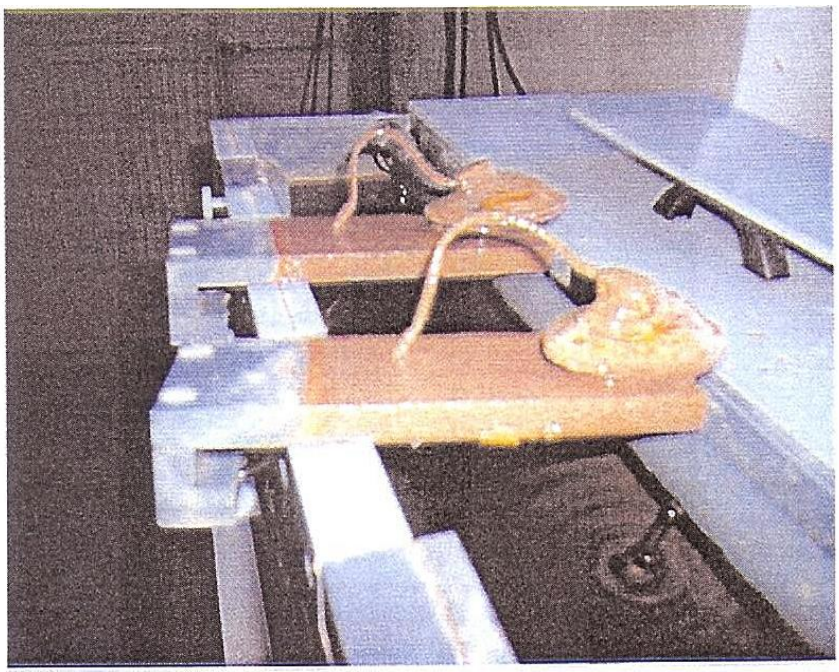
Obr.8 Mikrobiologické znečistenie v surovej vode





Escherichia koli (media-2.web.britannica.com)

Obr. 9 Monitorovacia stanica s korýtkom maliarskym



Obr.10 Monitorovacia stanica so pstruhom dúhovým