

Rekonstrukce úpraven vody Frýdlant a Bílý Potok, volba technologií pro rekonstrukci úpravy vody

Ing. MUDr. Jindřich Šesták¹⁾, Ing. Petr Olyšar²⁾

¹⁾ HYDROPROJEKT CZ a.s., ²⁾ Frýdlantská vodárenská společnost, a.s.

Úpraveny vody Frýdlant a Bílý Potok tvoří dvojici hlavních zdrojů pitné vody skupinového vodovodu Frýdlant – Bílý Potok.

Příklad úpravy vody Frýdlant ilustruje problémy vznikající při řešení vyššího obsahu dusičnanů ve vodě. Žádná z technologií ke snížení jejich koncentrace, které přicházejí v úvahu, není bez nedostatků, a je na projektantovi a vlastníku/provozovateli, aby vybrali technologii pro daný individuální případ „nejméně špatnou“. Přitom je třeba řešit obtížné problémy s plněním limitů stanovených orgány ochrany veřejného zdraví. Technickou zajímavostí potom může být návrh filtrů s kontinuálním praním.

Oproti Frýdlantu se návrh rekonstrukce úpravy vody Bílý Potok drží klasických technologií v tradičním provedení – mimo jiné ve snaze optimálně využít stávajících stavebních konstrukcí.

Celkový počet obyvatel v obcích napojených na uvedený skupinový vodovod je přibližně 19 tisíc, z nichž je na veřejný vodovod napojeno asi 15 700 obyvatel (83 %). V samotném Frýdlantu, který je regionálním centrem, je podíl napojených obyvatel 98 %. Celková délka sítě je 167 km.

Vlastníkem i provozovatelem skupinového vodovodu Frýdlant – Bílý Potok je Frýdlantská vodárenská společnost a.s.



Obr. 1 ÚV Frýdlant – Celkový pohled do haly, v popředí filtry, za nimi čířiče

A. ÚPRAVNA VODY FRÝDLANT

Pro rychlou orientaci: maximální návrhový výkon úpravy vody Frýdlant (upravená voda) po rekonstrukci je 35 l/s, průměrný 24,5 l/s. V úpravě vody jsou dvě linky – pro úpravu podzemní a povrchové surové vody (maximální výkon každé z linek je 20 l/s – upravená voda). Výstavba proběhla v sedmdesátých letech 20. století.

1. Podzemní surová voda – jakost, současný technický stav linky

Voda je odebírána ze tří vrtů vzdálených asi 1,5 km od úpravny vody.

Nejproblematictější ukazatelem jakosti surové podzemní vody jsou dusičnany. Dlouhodobý průměr obsahu dusičnanů je 57,85 mg/l, maximum za posledních 5 let je 65,7 mg/l (srpen 2008), minimum 40,8 mg/l (údaje se mírně liší podle jednotlivých vrtů, uvedené údaje poslouží pro orientaci). V časovém vývoji je sice možno pozorovat velmi pozvolný pokles, není však zatím jasné, jestli lze s jeho pokračováním počítat i do budoucna ani jakou konečnou hodnotu koncentrace dusičnanů je možno očekávat.

K surové vodě z podzemních zdrojů je dále podstatné uvést, že podzemní voda je poměrně měkká (Ca + Mg v průměru 1,43 mmol/l, hořčík 12,6 mg) a nedosahuje doporučených hodnot (Ca + Mg je doporučeno 2 až 3,5 mmol/l, hořčík 20 až 30 mg/l). Nízká je hodnota pH (průměr 5,8). Hodnoty CHSK_{Mn} jsou příznivé (průměrně 0,59 mg/l, v maximu spolehlivě pod 3,0 mg/l), ani obsahy železa a manganu nevyžadují úpravu (Fe průměr 0,05 mg/l, Mn průměr 0,01 mg/l).

Současná úprava surové vody z podzemních zdrojů spočívá pouze v dávkování vápenného hydrátu po smíchání s povrchovou vodou, čímž se upraví pH. Dezinfekce a hygienické zabezpečení je provedeno chlorováním. Upravená voda je akumulována v jediné akumulární nádrži společně s vodou povrchovou (350 m³). Do spotřebiště je voda čerpána. Stav technologických prvků se blíží konci životnosti.

2. Povrchová voda – jakost, současný technický stav linky

Povrchová voda je odebírána z náhonu, do kterého je odváděna část vody z říčky Řasnice (plocha povodí v místě odběru 14,4 km², průměrný dlouhodobý roční průtok 562 l/s).

Vzhledem k povrchovému charakteru obsahuje voda organické a především mikrobiologické znečištění, které však není limitující pro úpravu na vodu pitnou. Hodnoty organického znečištění vyjádřené jako CHSK_{Mn} jsou poměrně příznivé (průměr 2,34 mg/l, maximum 5,9 mg/l). Obsah vápníku, hořčíku a celková tvrdost nedosahují doporučených hodnot. Vzhledem k jakosti surové podzemní vody je zajímavá koncentrace dusičnanů i v povrchové vodě – průměr 26,8 mg/l, maximum 34,3 mg/l.

Současná linka úpravy povrchové vody byla původně koncipována jako dvoustupňová. První separační stupeň tvoří dva čiríče (ocelové válcové, průměr cca 2,5 m), druhý stupeň dva otevřené rychlofiltry (válcové, ocelové, celková filtrační plocha 18 m²). Z původně navržených chemikálií (síran hlinitý, chlornan sodný pro předchloraci, vápenný hydrát) je ovšem dávkován jen vápenný hydrát - po smíchání s podzemní vodou. Od místa dávkování vápenného hydrátu je linka společná pro povrchovou i podzemní vodu.

Odpadní vody z praní filtrů a další odpadní vody jsou odváděny do společné jímky. Odsazená voda je přelivem odvedena do Řasnice.

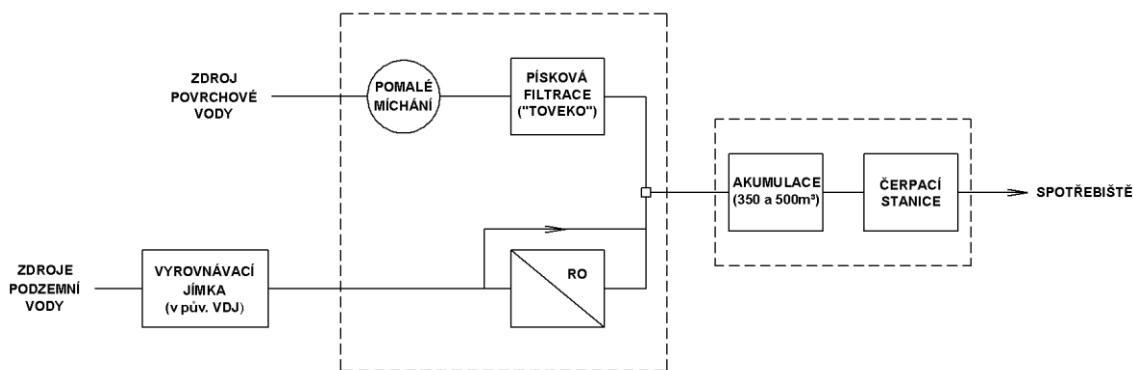
Také stav technologických prvků na lince úpravy povrchové vody se blíží konci životnosti.

3. Upravená voda – jakost, problémy

Palčivým problémem v zásobování Frýdlantu pitnou vodou z úpravny vody Frýdlant jsou dusičnany. Průměrná koncentrace v upravené vodě je 58 mg/l, maximální 65 mg/l. K prohloubení problému přispěla i zdánlivá maličkost – písmeno N v řádku udávajícím mezní koncentraci dusičnanů, které přibýlo v roce 2004 ve vyhlášce 252/2004 Sb. oproti do té doby platné vyhlášce 376/2000 Sb. Jestliže tedy do roku 2004 byla hodnota koncentrace dusičnanů 50 mg/l meznou hodnotou (MH), je od roku 2004 koncentrace dusičnanů nejvyšší meznou hodnotou, tedy takovou hodnotou, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví na základě zákona jinak. Krajská hygienická stanice určila mírnější limit

(70 mg/l), jehož platnost byla prodloužena Ministerstvem zdravotnictví ČR na základě souhlasu Komise Evropských společenství do 31. prosince 2013. Další prodloužení mírnějšího limitu není možné. Již dnes musí být navíc pro vybrané skupiny obyvatel prováděna náhradní dodávka pitné vody se sníženým obsahem dusičnanů (těhotné ženy, kojenci a děti do 5 let). Protože zásobená oblast úpravny vody Frýdlant zahrnuje více než 7 500 obyvatel, nejde rozhodně o okrajovou záležitost.

Ostatní ukazatele jakosti pitné vody vyhovují vyhlášce 252/2004 Sb., není však dosahováno doporučených hodnot vápníku, hořčíku a celkové tvrdosti.



Obr. 2 Zjednodušené blokové schéma ÚV Frýdlant – návrhový stav

4. Navrhované snížení koncentrace dusičnanů v podzemní surové vodě

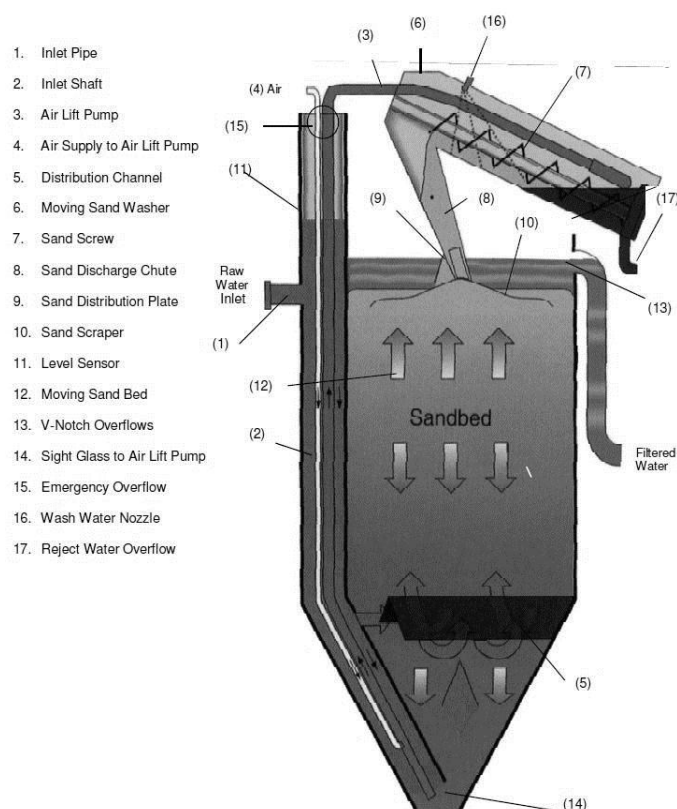
Snížení koncentrace dusičnanů je pro úpravnu vody Frýdlant zásadní. Zvažovány byly dvě technologie: iontová výměna a reverzní osmóza.

Pro iontovou výměnu byl navržen kontinuální denitrifikační filtr v tlakovém režimu s náplní denitrifikačního ionexu. Na něm by docházelo k výměně dusičnanových iontů za ionty chloridové. Tím by sice došlo ke zvýšení koncentrace chloridových iontů, nebyla by však (s rezervou) překročena limitní koncentrace chloridů pro pitnou vodu dle vyhlášky 252/2004 Sb. (100 mg/l). Upravována by byla přibližně polovina průtoku, výsledná koncentrace dusičnanů by se měla pohybovat kolem 30 mg/l. Výraznou slabinou technologie je ovšem nutnost regenerace iontoměniče. Na základě údajů výrobce zařízení by za daných podmínek byla denní spotřeba regenerační soli 500 kg (!). Regenerační sůl je dodávána v pytlích po 25 kg ve formě tablet pro dobrou rozpustnost. Denní množství regenerační soli by tedy znamenalo manipulaci s dvaceti pytli chemikálie, popř. jiné technicko – provozní řešení, vždy ovšem se značnými nároky na obsluhu a prostor. K tomu samozřejmě přistupuje nerudovský problém – kam s použitým regeneračním roztokem?

Vyřeší problém reverzní osmóza? Reverzní osmóza (RO), membránová technologie pracující se semipermeabilní membránou a tlakem cca 100 m v. sl. (navrženým v daném případě), odstraňuje téměř veškeré ionty. Podle návrhu by cca 60 % vody z podzemních zdrojů bylo podrobeno RO, zbývající voda by procházela obtokem bez úpravy. Kromě dusičnanových iontů – což je příznivý efekt RO, jsou sníženy i koncentrace vápníku, hořčíku a dalších iontů, což je efekt nepříznivý. Právě z tohoto důvodu není RO uvedena jako technologický postup použitelný pro úpravu vody ve vyhlášce 409/2005 Sb. O hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody. Přijatelnost technologie posoudil orgán ochrany veřejného zdraví (Krajská hygienická stanice Liberec) a k použití technologie reverzní osmózy v daném případě přivolil za podmínky zvýšení výsledné koncentrace vápníku a hořčíku

alespoň na dolní mez doporučené hodnoty podle vyhlášky 252/2004 Sb. Tohoto zvýšení je navrženo dosáhnout dávkováním vápenného hydrátu a síranu či chloridu hořečnatého. Další – tentokrát nikoli zdravotní, ale technický – problém reverzní osmózy spočívá v tom, že u jednotky nelze měnit výkon kontinuálně – jednotka může buď pracovat, nebo být mimo provoz. Tato skutečnost vedla projektanta k návrhu vestavět do jedné z komor nevyužívaného vodojemu pro dolní pásmo Frýdlantu vyrovnávací nádrž surové podzemní vody. Předpokládané parametry kvality odpadních vod z iontové výměny splní požadavky pro jejich odvedení do splaškové kanalizace.

Do konečného návrhu rekonstrukce úpravní vody Frýdlant byla po zvážení výhod a nevýhod obou technologií zařazena reverzní osmóza.



Obr. 3 Schematický řez filtrem TOVEKO, výrobce Hager + Elsässer

5. Návrh technologie pro úpravu povrchové vody

Pro úpravu povrchové vody je navržena jednostupňová technologie – po přípravě suspenze (navrhuje se dávkování síranu hlinitého a vápenného hydrátu) ve dvou paralelně uspořádaných ocelových nádržích s míchadly proběhne separace na pískových filtrech.

Pro pískovou filtraci byly zvažovány otevřené rychlofiltry – těžko řešitelnou nevýhodou tohoto řešení byla však nutnost vyrovnat objem odpadních pracích vod. Nově se totiž navrhuje odpadní vody po vyrovnání přečerpávat do splaškové kanalizace a dále odvádět na ČOV, bez nutnosti řešit nakládání s odpadními vodami v areálu úpravní vody. V areálu úpravní vody však není k dispozici dostatečně velká a jinak vhodná nádrž pro vyrovnání objemu pracích vod (cca 50 m³ z jednoho praní při zachování současné filtrační plochy a běžných parametrech). Při hledání řešení padla volba na filtry s kontinuálním praním.

Návrh vycházel z výrobku značky TOVEKO výrobce Hager + Elsässer, Velká Británie. Výrobcem uváděné půdorysné rozměry zařízení jsou 6,5 × 2,5 m (obdélník), výška do 2,5 m. Výška filtračního lože je cca 1m. Princip zařízení je dobře patrný z obr. 3. Filtr je

protékáný odspodu, nejvíce kolmatovaná vrstva písku je ze spodní části filtru kontinuálně nasávána čerpáním (mamutka) do pohyblivé pračky písku, umístěné nad filtrační náplní. Další výhodou v daném případě byly i relativně malé rozměry zařízení. Nedochází dále ani k výpadku části filtrační plochy při praní filtru jako u filtrů běžné konstrukce.

B. ÚPRAVNA VODY BÍLÝ POTOK

Základní charakteristika: Maximální návrhový výkon úpravní vody (upravená voda) je 35 l/s, průměrný 26 l/s.

V úpravně vody je na jedné lince upravována voda ze dvou povrchových zdrojů – Hájeného potoka a z říčky Smědé. Úpravna byla vystavěna na začátku 70. let dvacátého století.

1. Surová voda - jakost

Základním problémem obou zdrojů je proměnná kvalita vody. Po cca 80 % času voda z obou zdrojů vyhovuje a umožňuje i s minimální úpravou dosáhnout jakosti pitné vody. V některých obdobích vázaných na deště v povodí se však objeví stavy, v nichž se voda stává obtížně upravitelnou až neupravitelnou současnou technologií.

Chemická spotřeba kyslíku $CHSK_{Mn}$ jako jeden ze základních parametrů pro návrh technologie se v upravované vodě za běžných podmínek pohybuje v rozmezí od 2 do 3 mg/l. Asi desetkrát v roce se objeví stavy kritické jakosti surové vody, při nichž se $CHSK_{Mn}$ zvýší až na hodnoty kolem 10 mg/l.

Hodnoty $CHSK_{Mn}$ souvisejí zejména s přítomností huminových látek. V aktuálních rozborech byla určena maximální koncentrace huminových látek 1,9 mg/l ve Smědě a 6,8 mg/l v Hájeném potoce (podle vyhlášky 428/2001 Sb. jsou hranice pro zařazení surové vody do kategorií tyto: A1: 2,5 mg/l, A2: 5,0 mg/l, A3: 8,0 mg/l).

Průměrné pH je 6,6 v případě Smědé a 6,1 v Hájeném potoce. Nízké jsou také hodnoty $KNK_{4,5}$.

Podle obsahu iontů vápenatých a hořečnatých jde o vodu velmi měkkou. Průměrná hodnota ve Smědě (lepší než v Hájeném potoce) je 0,25 mmol/l.

V několika případech se vyskytla vyšší koncentrace hliníku (maximálně 0,47 mg/l, přípustná je 0,2 mg/l). Šlo jen o zdroj Hájený potok.

2. Současná technologie, jakost upravené vody

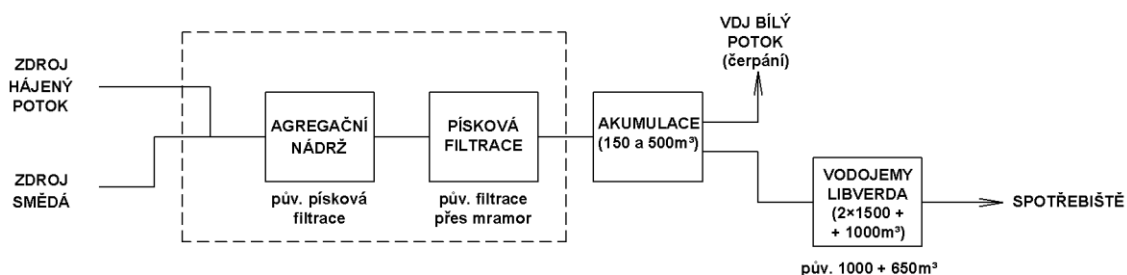
Technologie úpravy vody je jednostupňová – písková filtrace, doplněná o následnou filtraci přes drcený mramor. Chybí dostatečná příprava suspenze, linky dávkování síranu hlinitého a vápenného hydrátu jsou mimo provoz. Dezinfekce a hygienické zabezpečení jsou provedeny chlorem. Podstatná část vyrobené vody je gravitačně odváděna do cca 2 km vzdáleného komplexu vodojemů Libverda (stávající vodojem 1 × 650 m³ a 1 × 1 000 m³), menší část je čerpána do vodojemu Bílý Potok. Tato technologie neumožňuje reagovat ani na menší výkyvy v kvalitě surové vody. Zhoršení kvality surové vody (především při zákalu surové vody) vyžaduje několikadenní odstávku provozu. Odpadní prací vody jsou po vyrovnání vypouštěny do kanalizace a dále do Smědé. Stav technologických zařízení i stavebních konstrukcí je špatný.

V upravené vodě bylo výjimečně zachyceno mikrobiologické a biologické znečištění, ojediněle se vyskytly nevyhovující vzorky $CHSK_{Mn}$, hliníku, není dosahováno doporučených hodnot vápníku a hořčíku. Přijatelných ukazatelů jakosti upravené vody je dosahováno jen za cenu zvýšeného pracovního nasazení vedení a obsluhy úpravní vody.

3. Návrh technologie

I v návrhu zůstává jednostupňová technologie separace na pískových filtrech, je však doplněna kvalitní příprava suspenze. Po dávkování síranu hlinitého a vápenného hydrátu bude suspenze připravena v agregační nádrži s děrovanými stěnami. Pro vestavbu děrovaných stěn bude využito stávajících pískových filtrů. Navrhované pískové filtry budou vybudovány na místě stávajících filtrů s drceným mramorem. Úpravy parametrů vápenato – uhličitanové rovnováhy bude dosaženo dávkováním vápenného hydrátu ve formě vápenné vody. Bude tak optimálně využito stávajících konstrukcí filtrů, které jsou v úpravně vody Bílý Potok (na rozdíl od Frýdlantu, který je „prázdnou halou“) součástí stavby s důležitou statickou funkcí.

Bude zavedena dezinfekce UV zářením a rozšířen objem akumulace upravené vody v rámci areálu úpravní vody.



Obr. 4 Zjednodušené blokové schéma úpravní vody Bílý Potok – návrhový stav

Nakládání s odpadními vodami je řešeno v rámci areálu úpravní usazováním a odvozem sedimentu. Podrobná informace překračuje rámec tohoto příspěvku.

Ani tímto návrhem však není zajištěno, že technologie úpravy vody bude za všech okolností a stavů zdrojů surové vody schopna upravovat surovou vodu na vodu pitnou. I z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o rozšíření objemu akumulace v komplexu vodojemů Libverda ze současných 1 650 m³ na navrhovaných 4 000 m³. Teprve toto opatření dodá zásobování regionu pitnou vodu potřebnou robustnost.



Obr. 5 Pohled na úpravnu vody Bílý Potok – návrhový stav – vizualizace

Literatura

Frýdlantsko – Voda pro 3. tisíciletí, různé projektové stupně, HYDROPROJEKT CZ a.s., 2006 – 2012
Nabídka společnosti Hager + Elsässer pro filtry TOVEKO, leden 2012