

Předprojektová příprava a realizace rekonstrukce a intenzifikace ÚV Horka

Milan Drda¹⁾, Ing. Josef Smažík²⁾

¹⁾ technický ředitel a jednatel společnosti, ENVI-PUR, s.r.o.,
Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6 – Dejvice, tel. +420 737 240 840, e-mail: drda@envi-pur.cz

²⁾ ředitel a jednatel společnosti, EKOEKO s.r.o.,
Senovážné náměstí 1, 370 01 České Budějovice, tel. +420 602 557 868, e-mail: smazik@ekoeko.cz

Anotace

Předmětem referátu je seznámení s předprojektovou přípravou a realizací rekonstrukce a intenzifikace úpravní vody Horka, která zásobuje území bývalého okresu Sokolova. Povrchová voda se odebírá z vodního díla Horka a přivádí gravitačně do areálu úpravní vody, která je přímo pod hrází. Surová voda je upravována technologií koagulace a dvoustupňové separace vzniklé suspenze v usazovacích nádržích a otevřených pískových filtrech.

Maximální projektovaný výkon úpravní vody je 480 l/s.

Důvod rekonstrukce a intenzifikace ÚV Horka

Hlavním důvodem bylo zajištění kvality upravené vody modernizací technologického vybavení stávající úpravní vody za účelem stabilizace kvality vyrobené pitné vody v souladu s normovými požadavky, optimalizace výkonu a napájení čerpací stanice do soustavy Skupinového vodovodu Horka.

Úpravna vody Horka byla postavena na přelomu 60. – 70. let minulého století, jako centrální zdroj pro zásobování pitnou vodou nejen města Sokolov, ale i celého území Sokolovské uhelné pánve. Do zkušebního provozu byla uvedena v roce 1971. Surová voda je charakteristická povrchová voda z hor, nízké mineralizovaná, mírně kyselá s nízkým obsahem organického znečištění a zvýšeným obsahem hliníku manganu.

Pro její úpravu byla použita dvojstupňová technologie, založená na čiření vody hlinitými solemi a separací suspenze v usazovacích nádržích a následně na pískových filtrech. Do vody bylo přidáváno vápno pro úpravu pH a zvýšení obsahu vápníku. Pro hygienické zabezpečení byl dávkován plynný chlor.

K přípravě suspenze byla navržena mechanicky míchaná podélná (meandrovitě protékající) flokulační nádrž s pádlovými míchadly. Jako koagulant byl využíván síran hlinitý. Do labyrintu flokulační nádrže byl dle potřeby dávkován i chlor (předchlorace pro lepší odstranění organických látek, vyjádřených jako CHSK_{Mn}) a dále manganistan draselný pro účinnější odstranění manganu. Za usazovacími nádržemi, do nátokového potrubí na filtry, byla posléze dávkována vápenná voda pro úpravu pH a zajištění separace manganu filtrací na preparovaných křemičitých píscích. Od roku 2001 byla vyrobená voda ještě přímo ztvrzována dávkováním vápenné vody a oxidu uhličitého. Účelem rekonstrukce a intenzifikace a bylo nejen zajištění výroby pitné vody v souladu s vyhláškou 252/2004 Sb., ale i její stabilizace, nutná pro další dopravu a distribuci v rámci Skupinového vodovodu Horka.

Hlavním problémem minulého provozu ÚV Horka a navazující vodárenské distribuční soustavy byly problémy se zvýšeným obsahem manganu v surové vodě, částečně také rozkolísaná účinnost odstranění CHSK_{Mn} a problémy se zpětnou kontaminací vyrobené vody při její dopravě potrubím.

Zvýšené koncentrace manganu v surové vodě se vyskytovaly prakticky po celou dobu provozu úpravní, tj. od začátku zkušební provozu. Obsah manganu v surové vodě se pohyboval v závislosti na ročním období v rozpětí 0,03 – 0,3 mg/l. Mangan v surové vodě je přirozeného původu. Nejvyšší hodnoty byly vykazovány v podzimním a jarním období, což nepochybně souvisí s jarní a podzimní cirkulací vody v nádrži.

Průměrné koncentrace manganu se od uvedení úpravní do provozu postupně zvyšovaly. Udržet požadované hodnoty obsahu manganu v upravené vodě bylo velmi obtížné, protože čím byl větší obsah manganu v surové vodě, tím byla účinnost stávající technologie separace manganu nižší.

Po přijetí vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb. a po vstupu do Evropské unie harmonizované vyhlášky č. 252/2004 Sb. je požadováno dodržení mezní hodnoty koncentrace manganu do 0,05 mg/l. V době vzniku stavby platná ČSN Pitná voda vyžadovala hodnotu Mn do 0,1 mg/l a na dodržení této koncentrace byla původní technologie navržena.

Obsah organických látek, vyjádřených jako CHSK_{Mn} , je v surové vodě na úrovni mezi 2,0 – 2,5 mg/l. Surová voda je z tohoto pohledu velmi kvalitní. Při průměrné separační účinnosti 60 – 70 % vykazovala upravená voda obsah CHSK_{Mn} během roku v rozmezí 0,6 – 1,0 mg/l. Provedený technologický audit poukázal na relativně vysoký rozptyl hodnot CHSK_{Mn} v upravené vodě pro úpravnu s relativně stálou kvalitou surové vody a velmi nízkým hydraulickým zatížením.

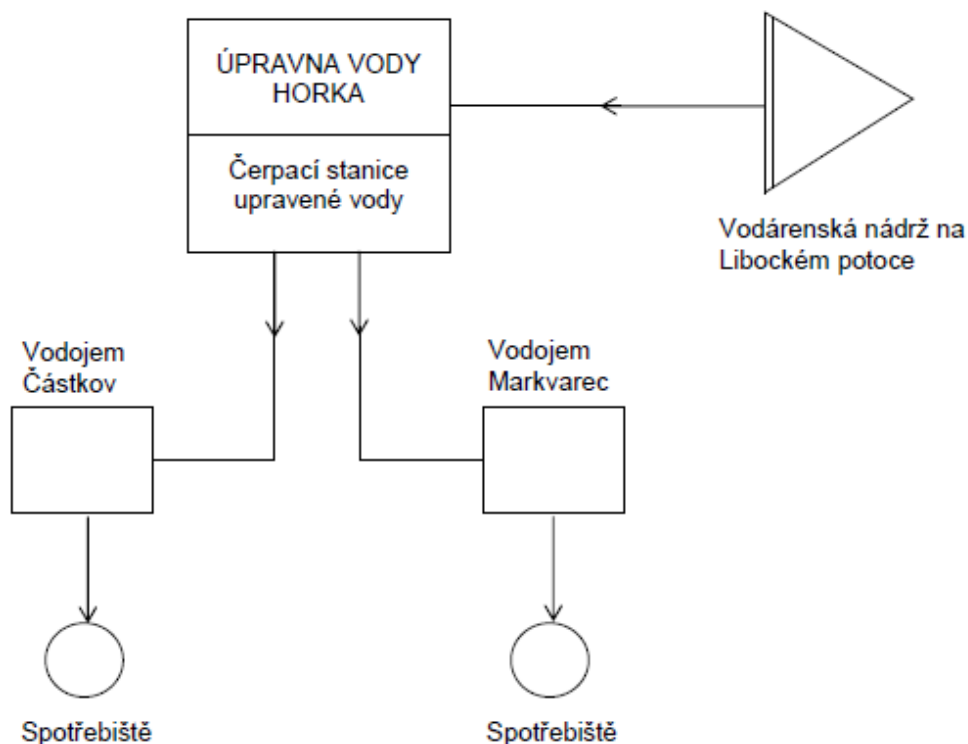
Technologický audit zpracovaný Doc. Ing. Petrem Dolejšem zároveň poukázal na poměrně nízkou separační účinnost prvního stupně sedimentace na použitý hlinitý koagulant. Přefiltrovaná a následně vápnem a oxidem uhličitým ztvrzená a stabilizovaná voda byla hygienicky zabezpečována plynným chlorem. Vyrobená voda natékala do akumulace objemu 500 m³, odkud je čerpána do dvou hlavních vodojemů vodárenské soustavy. Pro každý směr byla osazena trojice stávajících čerpadel shodného výkonu.

Průměrné denní množství vody, čerpané do každého směru, bylo téměř shodné. Objem vodojemu Částkov je 10 500 m³ (2 x 250 m³ a 2 x 5000 m³), vodojemu Markvarec 2000 m³ (2 x 1 000 m³). Nízká kapacita vodojemu Markvarec vyvolávala potřebu rovnoměrného setrvalého plnění prakticky po celých 24 hodin za den. Vodojem Částkov bylo možné díky velké akumulační kapacitě naopak plnit vyšším výkonem po kratší dobu. Původní čerpadla nebyla pro tento režim plnění vhodná.

Z hlavních vodojemů byla voda rozváděna gravitačně do většiny zásobních vodojemů a jednotlivých spotřebišť. Celkový objem všech vodojemů soustavy je 35 989 m³. Po započtení objemu vody v zásobovacích řadech je celkový objem vody v soustavě 46 351 m³. Při současné denní průměrné výrobě na úrovni 10 000 – 11 000 m³ se dosahuje průměrná doba zdržení vody v soustavě 4,2 – 4,6 dne. To se projevuje negativně na kvalitě vody, zejména v letním období. Především v koncových částech vodárenské soustavy pak dochází ke zpětné bakteriologické kontaminaci dodávané vody. Uvedený problém byl nutný řešit dodatečným hygienickým zabezpečením, většinou dávkováním chlornanu sodného.

Výše uvedené faktory společně vyvolaly potřebu optimalizace funkce technologické linky úpravy vody včetně výměny a optimalizace technologie čerpání upravené vody do vodojemů.

Schéma vodárenského systému:



Popis rekonstrukce a intenzifikace ÚV Horka

Na základě výsledků technologického auditu, zpracovaném Doc. Ing. Petrem Dolejšem, CSc, po provedení měření a průzkumů stávajícího stavebního stavu úpravní vody byla zpracována firmou EKO EKO s.r.o. kompletní dokumentace rekonstrukce a intenzifikace ÚV Horka.

Podle této dokumentace byly v rámci rekonstrukce a intenzifikace provedeny kromě drobných stavebních úprav tyto **hlavní technologické úpravy** sloužící k zajištění bezpečné výroby pitné vody a zajišťujících optimalizaci provozních nákladů:

- optimalizace hydraulických podmínek ve flokulačním labyrintu, zlepšení procesu koagulace a tvorby suspenze
- využití koagulantu na bázi železa, který je vhodnější pro následné odstranění manganu
- úprava systému dávkování, včetně vytvoření podmínek pro lepší průběh oxidace manganu již ve flokulačním labyrintu.
- zlepšení separační účinnosti druhého stupně úpravy - filtrace
- optimalizace systému čerpání upravené vody do hlavních distribučních vodojemů Částkov a Markvarec
- modernizace a optimalizace systému napájení elektrickou energií v souvislosti s výměnou stávajícího strojního zařízení (čerpadel upravené vody), zrušení stávající napěťové hladiny 6 kV s přechodem na 0,4 kV

Současná flokulace byla přestavěna na dvě postupné zóny. Vložení montovaných děrovaných stěn pozitivně ovlivňuje hydraulickou charakteristiku flokulace a zlepšuje charakter laminárního proudění ve flokulačním labyrintu. Tím jsou vytvořeny podmínky pro dokonalejší flokulaci jemných částic a v konečném důsledku i tvorbu větších a lépe separovatelných vloček.

Do stávajícího flokulačního monolitického labyrintu v objektu SO 03 – Budova dávkování, byla provedena technologická vestavba nových plastových děrovaných montovaných stěn v počtu 7 ks. Děrované stěny jsou provedeny z polypropylenových desek s nosnými rámy z nerezové oceli. Funkcí děrovaných stěn je zajištění podmínek pro flokulaci a tvorbu větších, dobře separovatelných částic.

Stávající flokulační labyrint byl v cca polovině opatřen dvojitém odkalovacím potrubím, do kterého jsou napojeny dva rohové hladinové přelivy. Toto potrubí bylo zachováno z původního uspořádání úpravní.

Tlakové ztráty na navržených stěnách bráno po směru toku jsou uvedeny pro průtok vody úpravnou $Q = 110 \text{ l/s}$, při kterém bylo provedeno měření:

- stěna č. 1 = usměrnění proudění, tlaková ztráta na stěně 1 cm
- stěna č. 2 = usměrnění proudění, tlaková ztráta na stěně 0 cm
- stěna č. 3 = homogenizační, tlaková ztráta na stěně 3 cm, provedení samonosné polypropylenové desky s otvory opatřenými homogenizačními kříži a odtokovým nátrubkem
- stěna č. 4 = míchání suspenze, tlaková ztráta na stěně 9 cm
- stěna č. 5 = míchání suspenze, tlaková ztráta na stěně 5 cm
- stěna č. 6 = míchání suspenze, tlaková ztráta na stěně 3 cm
- stěna č. 7 = míchání suspenze, tlaková ztráta na stěně 7 cm

Celková ztráta na všech stěnách činí pro průtok $Q=110 \text{ l/s}$ 28cm.

Děrované stěny jsou navrtány na průtok 125 l/s. Při zvýšeném průtoku na cca 150 l/s, což je průtok přes vodní elektrárnu, bude surová voda přetékat přes stěny. U spodního dílu je u dna navržena mezera, která zajistí, že se před stěnami nebude tvořit sediment.

Při navýšení průtoku na 250 l/s (v budoucnosti) bude flokulační labyrint vypuštěn a podle hydraulického výpočtu bude provedeno doplnění otvorů, které jsou předvrtány. Zároveň bude otevřen i větší otvor ve stěně č. 3, určený pro zvýšení průtoku.

Na začátek první zóny je zaústěno vápenné mléko, manganistan draselný, lze dávkovat i chlor. Doba zdržení v této zóně je 10 – 15 minut.

V druhé zóně probíhá tvorba suspenze po nadávkování koagulantu. Změnou místa zaústění dávkování vápna, oxidačního činidla a koagulantu se vytvořily podmínky pro oxidaci rozpuštěných forem manganu na nerozpuštěné, které jsou částečně separovatelné již v prvním stupni úpravy.

Uvedená úprava je společně se zavedením možnosti dávkování železitého koagulantu zásadním opatřením pro snížení manganu v upravené vodě.

Úprava stávajícího filtračního zařízení byla provedena u 4 otevřených filtrů konkrétně u filtrů č. 4, 5, 6 a 7. Rekonstrukce spočívala v odstranění existujícího vystrojení filtrů a uložení celoplošného drenážního systému LEOPOLD.

Filtry č. 1, 2, 3, 8, 9 a 10 byly zachovány v původní podobě.

U filtrů č. 4, 5, 6 a 7 byla po vypuštění a odstranění filtrační náplně provedena demontáž stávajícího technologického vystrojení filtrů včetně přívodního potrubí tlakového vzduchu. Hlavní přívody tlakového vzduchu z litinových tvarovek DN250 byly zachovány.

Drenážní systém

Celoplošný drenážní systémem byl vyskládán z jednotlivých plastových filtračních bloků LEOPOLD a ukotven do nového betonového dna tl. 250mm s rozvodným kanálem. Otvory do spodního středového kanálu se po demontáži stávajícího systému byly ponechány bez úprav (prací voda, odtok filtrátu). Drenážní systém je tvořen speciálními plastovými výlisky (270 x 340 x 1225mm), spojovanými při montáži pomocí zámků. Materiál výlisků i speciální krycí desky IMS Cap[®] je vysokomolekulární polyetylén. Drenážní systém zaručuje rovnoměrné rozdělení pracího vzduchu po celé ploše filtru. Filtrační bloky byly vyskládány do řad kolmých k nátokovému žlabu a napojeny na nové vodorovné rozvodné potrubí tlakového vzduchu Ø 256 x 3mm se svislými nerezovými trubkami DN 25 zavedenými do každé řady drenážního systému.

Nově bylo provedeno propojení komor každého upravovaného filtru přes středový žlab nerezovým potrubím Ø 206/3mm.

Instalace nového celoplošného drenážního systému u čtyř z celkového počtu deseti pískových filtrů umožnilo i při využití stávající filtrační náplně (křemičitý písek FP 2) kromě odstranění současných provozních poruch též zajištění dokonalejšího vyprání filtrů, zvýšení filtračních rychlostí, s tím spojené možné snížení počtu provozovaných filtrů a v konečném důsledku dokonalejší separaci zbytkové suspenze, uniklé z prvního separačního stupně úpravny vody.

Zlepšení podmínek oxidace manganu, přípravy a flokulace suspenze, včetně její následné účinnější separace v usazovacích nádržích i modernizovaných filtrech umožní snížit obsah manganu, zbytkového koagulantu a organických látek ve vyrobené upravené vodě.

Snížení obsahu organických látek (CHSK_{Mn}) v upravené vodě, zejména rozkolísanosti jejích hodnot během roku, znamená i snížení obsahu biologicky rozložitelného uhlíku v upravené vodě, který je hlavním činitelem pro druhotné bakteriologické oživení distribuované vody v systému s velkým zdržením.

Čerpací stanice

Čerpání směr VDJ Markvarec

Ve strojovně čerpací stanice úpravny vody Horka je instalováno vertikální čerpadlo Drakos-Polemis MV 280 BM/7 s ponornou hydraulickou částí, prodlouženým hřídelem a výtlačnou odbočkou DN 250 PN 25 nad podlahou o výkonu Q= 97 l/s; H= 180 m; n= 1485 min⁻¹ s namontovaným vzduchem chlazeným elektromotorem P=250kW, U= 400D/690Y V v třídě účinnosti IE3. Čerpadlo je vybaveno dvojicí snímačů vibrací na vrchní části motoru (Y11; Y12), dvojicí snímačů vibrací na horním axiálním ložisku (Y13; Y14), teplotním čidlem na horním axiálním ložisku (T01) a tepelnou ochranou motoru třemi PTC snímači (ST01). Čerpadlo je osazeno na ocelovém svařovaném rámu kotveném do podlahy čerpací stanice. Čerpadlo je rozbíháno a vypínáno při uzavřené klapce na výtlačném potrubí DN 250 PN 25. Čerpadlo je řízeno od stávajících ovládacích hladin ve vodojemu Markvarec a je vypínáno od minimální hladiny v sací akumulaci jímce Markvarec, v případě dalšího poklesu hladiny bude čerpadlo blokováno (i při výpadku řídicího systému) proti chodu na sucho od minimální havarijní hladiny.

Na pozici demontovaného čerpadla **směr VDJ Částkov** je osazeno nové vertikální čerpadlo Drakos-Polemis MV 280 BM/7 pro čerpání směr VDJ Markvarec (variantně v případě nutnosti i směr VDJ Částkov) s ponornou hydraulickou částí, prodlouženým hřídelem a výtlačnou odbočkou nad podlahou DN 250 PN 25 o výkonu Q= 97 l/s; H= 180 m; n= 1485 min⁻¹ s namontovaným vzduchem chlazeným elektromotorem P= 250 kW; U= 400 D/690 Y V v třídě účinnosti IE3. Čerpadlo je vybaveno dvojicí snímačů vibrací na vrchní části motoru, dvojicí snímačů vibrací na horním axiálním

ložisku (Y23; Y24), teplotním čidlem na horním axiálním ložisku a tepelnou ochranou motoru třemi PTC snímači (ST02) s vyhodnocovací jednotkou. Čerpadlo je osazeno na ocelovém svařovaném rámu kotveném do betonového bloku.

Při čerpání směr VDJ Částkov je na výtlačném potrubí DN 250 směr Částkov nutné nastavit pracovní bod čerpadla pomocí regulace šoupětem DN 250 PN 25 s ručním kolem, tento stav je pouze výjimečný a znamená vysoké opotřebení uzavíracího členu šoupěte působením kavitace při regulaci – používat se bude pouze výjimečně při havarijním stavu obou čerpadel směr VDJ Částkov.

Čerpadlo je v běžném provozu řízeno od stávajících ovládacích hladin ve vodojemu Markvarec a je vypínáno od minimální hladiny v sací akumulární jímce Částkov, v případě dalšího poklesu hladiny je čerpadlo blokováno (i při výpadku řídicího systému) proti chodu na sucho od minimální havarijní hladiny.

Při čerpání do vodojemu Částkov je čerpadlo řízeno od stávajících ovládacích hladin ve vodojemu Částkov a je vypínáno od minimální hladiny v sací akumulární jímce Částkov, v případě dalšího poklesu hladiny je čerpadlo blokováno proti chodu na sucho od minimální havarijní hladiny.

Čerpání směr vodojem Částkov

V strojovně čerpací stanice úpravy vody Horka je dále instalována dvojice vertikálních čerpadel Drakos-Polemis MV 280 BM/5 s ponornou hydraulickou částí, prodlouženou hřídelí a výtlačnou odbočkou DN 250 PN 16 nad podlahou o výkonu $Q=100\text{ l/s}$; $H=120\text{ m}$; $n=1480\text{ min}^{-1}$ se vzduchem chlazeným elektromotorem $P=200\text{ kW}$; $U=400\text{ V}$ v třídě účinnosti IE3. Čerpadla jsou vybavena dvojicí snímačů vibrací (dva na sebe kolmé směry) na vrchní části motoru (M25 čidly Y31; Y32; M26 čidly Y41; Y42), dvojicí snímačů vibrací na horním axiálním ložisku, teplotním čidlem na horním axiálním ložisku a tepelnou ochranou motoru třemi PTC snímači s vyhodnocovací jednotkou.

Čerpadla jsou osazena na ocelovém svařovaném rámu.

Čerpadla jsou řízena od stávajících ovládacích hladin ve vodojemu Částkov a jsou vypínána od minimální hladiny v sací akumulární jímce Částkov, v případě dalšího poklesu hladiny je čerpadlo od minimální havarijní hladiny.

Výkonová optimalizace čerpadel upravené vody přispěla k zrovnoměnění distribuce upravené vody do celé vodárenské soustavy a umožní okamžité zvýšení dodávek v případě aktuální rychlé potřeby. Již ve fázi projektové přípravy byla věnována velká pozornost návrhu nových čerpadel s požadavkem na jejich maximální hydraulickou i elektrickou účinnost. Proto byla navržena a osazena nová čerpadla s hydraulickou účinností 83 %, což je o cca 10 % lepší účinnost než původních čerpadel. Navíc na přání provozovatele a s jeho finanční spoluúčastí byly u všech nových čerpadel osazeny motory s nejvyšší dosažitelnou elektrickou účinností IE3 oproti původně uvažované IE2.

Lepší variabilita čerpaného množství umožňuje snížit provozní hladiny ve vodojemech a zkrátit tak dobu zdržení vody v celé soustavě. Ta je společně se zlepšenou kvalitou procesu úpravy rozhodující pro potlačení druhotné bakteriologické kontaminace vody.

Závěr

Rekonstrukce a intenzifikace ÚV Horka byla zahájena na jaře 2011 a dokončena ke konci roku 2011. Náklady na rekonstrukci a intenzifikaci, které se týkaly výhradně technologické části s minimálními stavebními připomocemi dosáhly necelých 40mil. Kč včetně DPH. V současné době probíhá zkušební provoz, ve kterém se ověřuje dosahování projektovaných výkonnostních i kvalitativních parametřů úpravy. Přepokládáme, že Vás budeme schopni po ukončení zkušebního provozu informovat o skutečně dosahovaných výsledcích ÚV Horka po rekonstrukci a intenzifikaci.