

ÚPRAVNA VODY ŽELIVKA – PŘÍPRAVA MODERNIZACE A DOPLNĚNÍ TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY

Ing. Josef Drbohlav¹⁾, Ing. Arnošt Vožeh¹⁾, Ing. Radek Lanč²⁾

¹⁾ Sweco Hydroprojekt a.s., Táborská 31, 140 00 Praha 4, josef.drbohlav@sweco.cz,
arnost.vozeh@sweco.cz

²⁾ Úpravna vody Želivka a.s., K Horkám 16/23, 102 00 Praha 10, lanca@zelivska.cz

Úvod

Úpravna vody Želivka byla vybudována ve dvou etapách na přelomu šedesátých a sedmdesátých let o výkonu 3,0 m³/s a v osmdesátých letech byla dokončena druhá etapa o výkonu 4,0 m³/s. V obou etapách byla realizována s jednostupňovou technologií úpravy vody. Úpravna vody Želivka je se jmenovitým výkonem 7,0 m³/s největší úpravnou vody v České republice.

Následně v devadesátých letech byla doplněna ozonizace jako finální úprava pitné vody. Surová voda je upravovaná dávkováním síranu hlinitého, kyseliny sírové, ozonu, při mimořádné kvalitě surové vody je možné dávkovat manganistan draselný a práškové aktivní uhlí. Dezinfekce je zajištěna dávkováním plynného chloru.

Zdrojem surové vody pro úpravnu vody je řeka Želivka. Surová voda je zadržována ve vodárenské nádrži Švihov.

Vývoj kvality surové vody

Vývoj kvality surové vody je dlouhodobě sledován správcem toku Povodím Vltavy a.s. a provozovatelem Pražskými vodovody a kanalizacemi, od listopadu 2013 Želivskou provozní s.r.o. Hlavními rizikovými faktory, které ovlivňují upravitelnost surové vody, jsou hydrologická situace v povodí, eroze, obsah dusíku, fosforu, kyslíkový režim a obsah pesticidů, mikroskopický obraz, organické látky (CHSK_{Mn}, A 254, TOC, huminové látky, DOC, BDOC), zákal, barva, nerozpuštěné látky, pH, KNK_{4,5} a obsah Ca + Mg a Ca.

Z uvedených parametrů je obtížně upravitelný ukazatel mikroskopický obraz v období jarního rozvoje obtížně odstranitelných druhů fytoplanktonu. Počet organismů překračuje i hodnotu 500 jedinců/1 ml. Jejich rozvoj úzce souvisí s klimatickými podmínkami. Toto období je vázáno na velmi vodné roky, kdy dochází i ke zvýšení obsahu organických látek (CHSK_{Mn}) na hodnoty kolem 4 mg/l.

Koncentrace dusíku vykazuje od počátku 90 tých let téměř setrvalý stav, ke zvýšení obsahu došlo v letech 2010 a 2011 vlivem vysokých srážkových úhrnů. U fosforu byl vysledován výraznější pokles v řadě povodí přítoků do nádrže. Přísun fosforu je v současné době několikanásobně nižší než v 90 tých letech minulého století. Z pohledu dlouhodobého vývoje lze považovat přísun živin do nádrže za téměř setrvalý.

Do budoucna je samozřejmě nutné pokračovat ve sledování kvality vody. Zejména, když nebudou dodržovány správné zemědělské postupy v ochranných pásmech. S ohledem na intenzivní používání pesticidů v zemědělské výrobě průmyslových rostlin – řepky a

kukuřice, je možné očekávat setrvale vysoké koncentrace pesticidů v přítocích do vodárenské nádrže. V souvislosti s rozšiřováním vhodných analytických metod pro stanovení pesticidů a jejich metabolitů může dojít i ke zvýšení parametru celková suma pesticidních látek.

Co dál s úpravnou vody Želivka?

Nad otázkou „Co dál s úpravnou vody Želivka?“ si lámou hlavu odborníci již několik let. Nutnost modernizace úpravy vody Želivka je vynucena několika faktory:

- vývoj kvality surové vody, který není sice z dlouhodobého hlediska dramatický, ale má současně naprosto jednoznačný vývoj a tím je postupné zhoršování některých parametrů surové vody (mikroskopický obraz, pesticidy),
- vývoj kvality surové vody ovlivňují v posledních letech i klimatické faktory, které postupně ovlivňují parametry závislé na zvyšující se průměrné teplotě. Do toho vstupuje vyšší měrou riziko suchých období, ke kterému v minulosti již došlo, a změny v hospodaření v nádrži. V posledních letech je to především zvýšení plochy průmyslových rostlin,
- změny v legislativě – od přelomu šedesátých a sedmdesátých let, kdy byla koncipována technologická linka úpravy vody, se významně změnila požadavky na jakost pitné vody. Řada ukazatelů byla postupně zpřísněna a případně byly doplněny nové. Požadavky na jakost vody jsou i významně ovlivňovány posunem kvality analytických metod pro stanovení jednotlivých ukazatelů. Dnes je možné stanovit řadu ukazatelů, o kterých nikdo před lety ani nevěděl,
- nejstarší části úpravy vody jsou v provozu již více jak 40 let a přes pravidelnou údržbu a obnovu řady zařízení nastává čas pro celkovou modernizaci.

Současný vlastník úpravy vody akciová společnost Úpravna vody Želivka zadal v roce 2013 vypracování technicko-ekonomické studie „Vodárenský zdroj Želivka, analýza a návrh investiční strategie“. Studie navázala na studijní práce a modelové zkoušky zpracované v letech 2008 - 2012 Pražskou vodohospodářskou společností a.s., a ve kterých byla řešena příprava suspenze pro pískové filtry a využití flotace.

Současně se zpracováním studie probíhaly i poloprovozní modelové testy, při kterých byly ověřovány možné postupy a řešení modernizace technologické linky úpravy vody, které navázaly na již provedené studijní práce a využily závěry z těchto prací.

Úkolem studie bylo zpracovat:

- zhodnocení vývoje potřeby pitné vody v zájmovém území,
- zhodnocení kvality ve vodárenské nádrži Švihov,
- zhodnocení limitních možností současné technologické linky s ohledem na hydraulické zatížení,
- doporučení řešení modernizace úpravy vody s ohledem na očekávaný legislativní vývoj, očekávaný vývoj kvality surové vody a očekávané maximální hydraulické zatížení,
- plán obnovy infrastrukturního majetku,
- ekonomickou analýzu varianty doporučené k realizaci,
- stanovení nákladů na obnovu infrastrukturního majetku,
- návrh časového plánu modernizace úpravy vody,
- doporučení pro zajištění výroby a dopravy pitné vody z úpravy vody Želivka.

Studie „Vodárenský zdroj Želivka, analýza a návrh investiční strategie“

Výstup studie je poměrně rozsáhlý dokument, který není možné v přednášce prezentovat v celém rozsahu, a proto se zastavíme jen u několika bodů.

Potřeba vody

Úprava vody byla primárně vystavěna jako zdroj pitné vody pro Prahu, část vyrobené vody je dnes určena i pro města a obce ve Středočeském kraji a v kraji Vysočina. Současná potřeba vody v Praze a Středočeské aglomeraci je v průměru 3,8 m³/s. Z tohoto objemu zajišťuje ÚV Káraný cca 1 m³/s a ÚV Želivka zbývající část spotřeby pitné vody, tj. v průměru 2,8 m³/s a v maximu 3,4 m³/s.

Prognóza vývoje potřeby vody hl.m.Prahy a Středočeské aglomerace byla zpracována s výhledem do roku 2050 v několika variantách. Ve výpočtu byla uvažována specifická potřeba vody (VVR) v rozmezí 210 – 235 l/os×den a počet zásobených obyvatel 1,5 – 1,665 mil obyv.

Nejvyšší spotřeba vychází k roku 2050 pro 1 655 000 zásobovaných obyvatel a specifickou spotřebu vody (VVR) 235 l/os/den. Průměrná potřeba vody v maximu se předpokládá 4,5 m³/s, maximální potřeba pitné vody 5,5 m³/s. To znamená, že na úpravě vody Želivka musí být při naplnění tohoto vývoje potřeby k dispozici kapacita 4,5 m³/s a v případě havarijního stavu, při výpadku úpravní vody Káraný do doby zprovoznění úpravní vody Podolí havarijní rezerva 5,5 m³/s.

Zhodnocení limitních možností současné technologické linky úpravní vody

Současná technologie úpravní vody Želivka vyhoví požadavkům na kvalitu pitné vody pro převážnou část ročních období. Ke krajním provozním stavům dochází v období maximálního oživení, kdy počet mikroorganismů přesahuje 500 jedinců/1 ml. V tomto období dochází ke zvýšení dávek síranu hlinitého a kyseliny sírové a zkracování filtračních cyklů. Pro tento stav je optimální filtrační rychlost kolem 2 m/hod pro filtrační náplň písek FP2. Z toho vyplývá nutnost využívat všech 56 filtrů do maximálního výkonu cca 3,0 m³/s. Filtrační rychlost 2 m/hod je důsledkem nevyhovující flokulace (příprava suspenze) s malým gradientem a krátkou dobou zdržení. Tento stav prokázaly i modelové zkoušky.

Současná technologická linka není navržena pro zachycování specifických organických látek, zejména pesticidů, které se v surové vodě vyskytují. K destrukci těchto látek je využívána ozonizace, ta ovšem pesticidy a jejich metabolity rozloží, transformuje, ale nezachytí. Protože se dá, s ohledem na vývoj hospodaření v povodí Želivky a vzhledem k postupnému zdokonalování analytických metod na zjišťování pesticidů, předpokládat další nárůst celkové sumy pesticidních látek, je třeba uvažovat se zařazením sorpčního stupně, tj. filtrace na granulovaném aktivním uhlí, který prokazatelně tyto látky odstraňuje.

Z pohledu hydraulického zatížení zajistí úprava vody v Želivka v současnosti výkon 6,4 m³/s s tím, že je možné dopravovat do Prahy štolou cca 6,0 m³/s.

Technické možnosti modernizace úpravní vody Želivka

Technické řešení vychází z vyhodnocení potřeb pitné vody pro hl.m.Prahu a Středočeskou aglomeraci. Nejvyšší potřeba vychází k roku 2050 a to průměrně 4,5 m³/s, v maximu 5,5 m³/s. Při současném provozu úpravní vody Káraný je očekávaný maximální výkon úpravní vody Želivka 4,5 m³/s.

Návrh technického řešení, který byl zpracován ve „studii“ vycházel z těchto předpokladů:

- pro návrh budou uvažovány výše uvedené maximální návrhové parametry z hlediska výkonu úpravy vody,
- jako limitní pro návrh je současný celkový počet filtrů v hale F1 a F2,
- technické řešení bude zpracováno pro jednostupňovou i dvoustupňovou separaci,
- bude doplněna filtrace přes granulované aktivní uhlí pro zachycování pesticidů a jejich metabolitů
- podkladem pro návrh budou výsledků modelových měření.

V průběhu zpracování studie, na základě rozpracovaného technického řešení a výsledků poloprovozních zkoušek, bylo zjištěno, že pro postup realizace technických opatření navržených pro úpravnu vody je významnou podmínkou naplnění předpokládaného vývoje potřeby vody a samozřejmě i dalším vývoj kvality surové vody. K navrženým opatřením tak bude možné přistoupit postupně. Nutné bude vždy s dostatečným předstihem reagovat na reálný vývoj potřeby vody a kvality surové vody.



Z poloprovozních zkoušek vyplynulo, že při využití části stávající filtrační plochy pro filtry s granulovaným aktivním uhlím, je pro současnou filtrační náplň FP2 limitní filtrační rychlost 3,0 – 3,5 m/h, tj. cca 3,0 – 3,5 m³/s. Podmínkou je však zlepšení přípravy suspenze, které je dle výsledků poloprovozních zkoušek technicky proveditelné. Současně je však třeba prověřit limity pískové filtrace v jarním období v době růstu mikrobiologického oživení, které je z hlediska provozu

pískových filtrů nejkritičtější. Pro období nárůstu mikrobiologického oživení je v současnosti uvažován limit filtrační rychlosti pro pískovou filtraci 2 m/h, tj. 2 m³/s, který vychází ze současné nevyhovující přípravy suspenze. Poloprovozní zkoušky, které ověří limity pískové filtrace v jarním období probíhají od poloviny února 2014.

V případě nárůstu potřeby vody nad limitní hodnoty výkonu cca 3,5 m³/s bude možné v budoucnosti volit tři cesty:

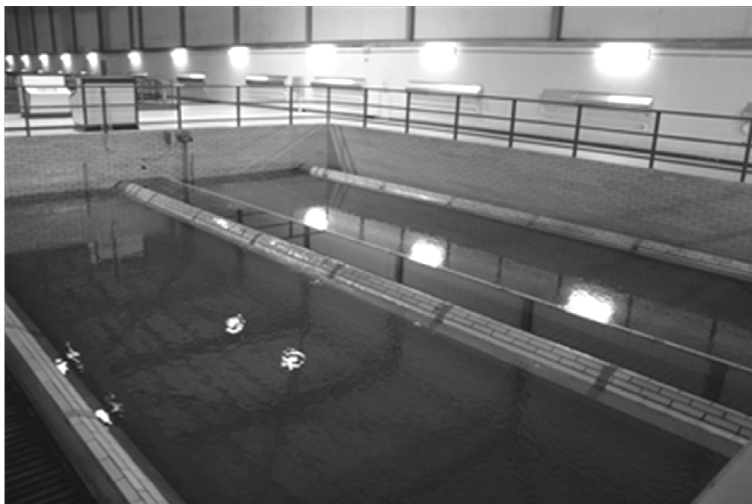
- v případě krátkodobých požadavků na nárůst výroby vody, bude možné využít plochu filtrů s GAU jako filtrů prvního separačního stupně. Znamená to ale snížení účinnosti při odstraňování pesticidů a jejich metabolitů a zkrácení živostnosti granulované aktivního uhlí,
- přistoupit je možné k výměně filtrační náplně písek FP2 a použít filtrační materiál Filralite, u kterého je prokázána vyšší účinnost separace a je možné ho provozovat až do filtrační rychlosti 4,5 m/h, tj. 4,5 m³/s.
- je možné přistoupit k výstavbě prvního separačního stupně (flotace DAF), jejíž využití bylo rovněž poloprovozně testováno a byla prokázána vysoká účinnost separace již na prvním separačním stupni. To by zřejmě umožnilo zachovat současnou filtrační náplň,

protože by se při cca 90 – 95 % účinnosti flotace, významně snížilo zatížení pískových filtrů a zajistit tak bez komplikací i havarijní výkon úpravy vody až 5,5 m³/s. Volba jedné z těchto variant však není v tomto okamžiku na pořadu dne a je možné ji odložit do doby, kdy dojde k nárůstu potřeby vody.

Doporučený postup realizace navržených technických opatření

Ve studii bylo doporučeno realizovat v nejbližším časovém období cca 10 let tato opatření:

1. Úpravy a rozšíření flokulace v Budaflu a souvisejících trubních rozvodů,
Příprava suspenze je v současnosti pro filtraci F1 zajišťována pouze hydraulicky, průtokem vody v meandru a dobou zdržení. Z poloprovozních zkoušek vyplynulo doporučení doplnit do nádrží Budafla míchadla.
V první etapě budou doplněna míchadla do stávajících nádrží pro filtraci F1 a voda bude přiváděna do haly F1 stávajícími rozvody.
Druhá etapa bude realizována po ověření funkčnosti pro filtraci F1. Bude doplněn další meandr s míchadly a z něj bude přivedena voda na filtraci F2. Současně bude provedeno trubní propojení filtrace F1 a F2 na odtoku.
2. Využití 18-ti filtrů v hale filtrů F2 pro filtry s granulovaným aktivním uhlím, výstavba čerpací stanice na GAU a související trubní rozvody,
V 18-ti filtrech v hale F2 bude nahrazena písková náplň granulovaným aktivním uhlím a bude doplněna na odtoku z ozonizace čerpací stanice, kterou bude voda čerpna na filtraci s granulovaným aktivním uhlím. Součástí stavby jsou i nezbytná propojovací potrubí mezi objekty úpravy vody a úpravy trubních rozvodů v hale filtrace F2.
3. Rekonstrukce stavební části filtrů v hale F2
Bude postupně provedena rekonstrukce filtrů v hale filtrace F2. Pro volbu haly F2 jako první jsou dva důvody. Jednak jsou filtry v hale F2 v horším technickém stavu, i když jsou později postavené, a bude vhodné prioritně rekonstruovat ty filtry, které budou určeny pro filtraci s granulovaným aktivním uhlím. Sníží se tak riziko ztrát drahého aktivního uhlí v netěsnostech stávajícího mezidnového systému. Mezidnový systém bude nahrazen drenážním systémem.
Nejdříve bude provedena rekonstrukce stavební části filtrů a rozvodu pracovního vzduchu a následně pak v další fázi obnovy úpravy vody i rekonstrukce trubních rozvodů.
4. Rekonstrukce stavební části filtrů v hale F1
Rekonstrukce filtrů v hale F1, které jsou v lepším technickém stavu, bude probíhat následně a bude realizována postupně po jednotlivých „vanách filtrů“, podle investičních možností vlastníka úpravy vody. Opět bude nejdříve rekonstruována stavební část filtrů a následně pak v dalším období technologická část filtrů.



Po dokončení těchto opatření dostane technologická linka úpravy vody Želivka tuto podobu:

- dávkování:
 - síran hlinitý
 - kyselina sírová
 - Budaflo - úpravy a případně rozšíření flokulace,
 - filtrace - 32 filtrů v hale F1 a 6 filtrů v hale F2,
 - ozonizace,
 - čerpací stanice na granulované aktivní uhlí,
 - filtrace granulovaným aktivním uhlím - 18 filtrů v hale F2,
-
- dávkování:
 - vápenný hydrát,
 - chlór.

Závěr

Pro kontrolu prací na studii a poloprovozních zkoušek byl sestaven tým odborníků skládající se z vlastníka Úpravny vody Želivka a.s., provozovatelů – Pražských vodovodů a kanalizací a.s. a Želivské provozní s.r.o., zpracovatele modelových zkoušek ENVI-PUR s.r.o. a zpracovatele studie Sweco Hydroprojektu a.s. Odborný tým se pravidelně scházel, vyhodnocoval výsledky prací a modifikoval postupy při zpracování poloprovozních zkoušek. V průběhu prací tak byly analyzovány dílčí závěry ze zkoušek a byl nastavován další postup.

Práce odborného týmu měla významný přínos pro zpracovatele a umožňovala v průběhu prací modifikovat postupy prací na poloprovozních zkouškách a současně i ovlivňovat zpracování technického řešení modernizace úpravy vody.

Pravidelná práce týmu odborníků, kteří pokrývají všechny profese potřebné pro vypracování kvalitního projektu a kteří se průběžně podílejí na přípravě technického řešení, není u nás vždy standardem, ale v případě přípravy modernizace úpravy vody Želivka byla významným přínosem. Pro efektivní práci tohoto týmu je důležitá role „moderátora“, který práci řídí a určuje další postup. V tomto případě jím byl zástupce provozovatele Želivky provozní s.r.o.

Literatura

- [1] Buchtík J. (1972): Pražský vodovod, historie a současnost, výstavba a výhled. SNTL, Praha.
- [2] Vožeh A. (2013): Vodárenský zdroj Želivka, analýza a návrh investiční strategie. Sweco Hydroprojekt a.s., Praha.
- [3] Vožeh A. (2010): Úpravna vody Želivka, rekonstrukce přípravy suspenze pro II. a III. linku filtrace. Hydroprojekt a.s., Praha.
- [4] Hušková R. (2012): Monitoring výskytu pesticidních látek na ÚV Želivka. Praha.