

REKONSTRUKCE VÁPENNÉHO HOSPODÁŘSTVÍ ÚV ŽELIVKA

Petra Bářková¹⁾, Radka Hušková¹⁾, Jiří Kratěna²⁾, Bohdana Tlaskalová¹⁾

¹⁾ Pražské vodovody a kanalizace, a.s.,

petra.batkova@pvk.cz, radka.huskova@pvk.cz, bohdana.tlaskalova@pvk.cz

²⁾ Hydroprojekt CZ, a.s., jiri.kratena@hydroprojekt.cz

Úvod

Úpravna vody Želivka je největší úpravnou vody pro hl. m. Prahu, do provozu byla uvedena v roce 1972. Podíl Želivky na zásobování Prahy pitnou vodou je cca 73 %. Pitnou vodou ze Želivky jsou zásobovány i oblasti Středočeského kraje a kraje Vysočina.

Vápenné hospodářství úpravny vody Želivka (ÚV Želivka) z roku 1987 přestalo vyhovovat z hlediska stabilního provozu alkalizace pitné vody na ÚV Želivka - zařízení na dávkování vápenného hydrátu a stabilizaci vody bylo díky stavební konstrukci sil a velkým objemům sytičů vápenné vody shledáno jako nevhodné a ekonomicky ztrátové pro další provozování.

V roce 2002 byla vypracována studie rekonstrukce vápenného hospodářství na úpravně vody Želivka.

Cílem této rekonstrukce bylo nahradit zastaralou nevyhovující a energeticky náročnou technologii a s rezervou zajistit stabilizaci vyráběné vody i pro maximální výkon úpravny (7700l/s). Dalším cílem bylo vyřešit problémy spojené s odkalováním vápenného hospodářství a se zákalem vápenné vody.

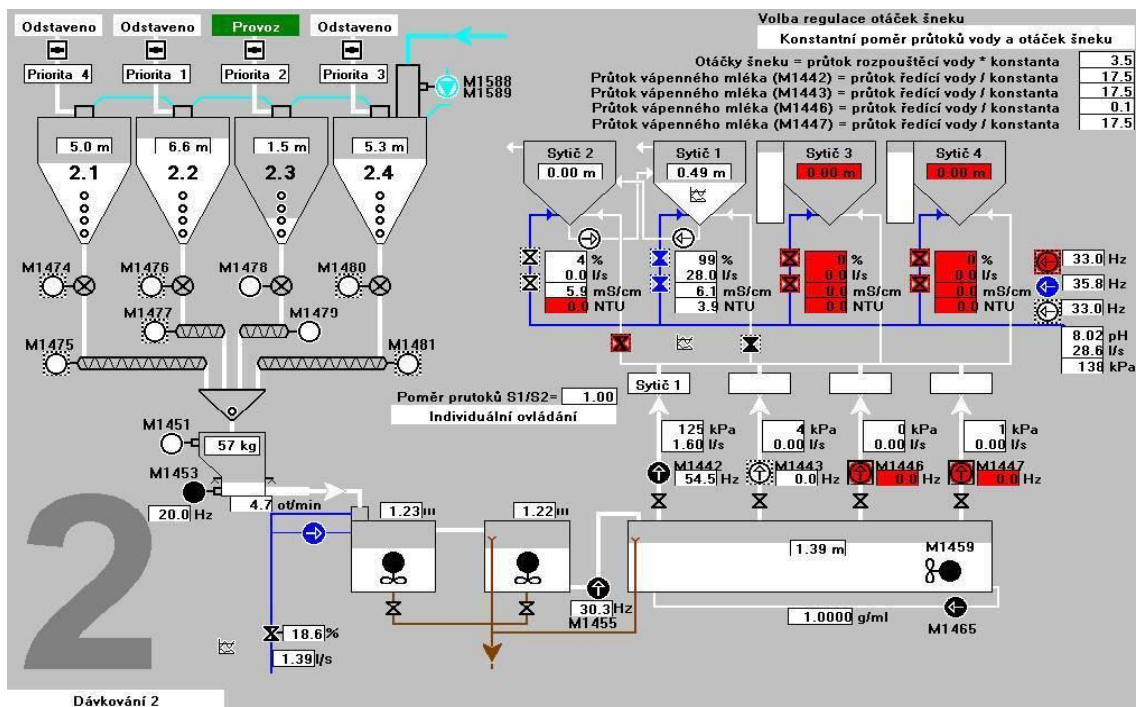
Rekonstrukce byla rozdělena do dvou na sebe navazujících etap. První etapa probíhala od srpna 2005 do července 2006, následoval zkušební provoz a v květnu 2008 byla zkolaudována část první etapy. Druhá etapa rekonstrukce byla zahájena v říjnu 2006, dokončena v září 2007, opět následoval zkušební provoz a v květnu 2008 - 2 týdny po první etapě - byla zkolaudována i druhá část.

I. ETAPA REKONSTRUKCE

První etapa rekonstrukce zahrnovala výměnu a doplnění stávajícího zařízení v následujícím rozsahu:

- úprava skladování hydrátu vápenatého, vestavba nových ocelových zásobních nádrží do stávajících betonových sil,
- výměna dvou stávajících dávkovačů hydrátu vápenatého,
- osazení zásobní a homogenizační nádrže včetně míchání a měření koncentrace vápenného mléka,
- čerpání vápenného mléka do sytičů,
- rekonstrukce kompresorové stanice.

Obr. 1 Schéma rozsahu I. etapy rekonstrukce vápenného hospodářství



II. ETAPA REKONSTRUKCE

Předmětem druhé etapy rekonstrukce byla výstavba dvou nových linek na výrobu nasycené vápenné vody. Obě linky jsou tvořeny lamelovými sytiči typu PASSAVANT a navazujícím technologickým zařízením (dávkovací vřetenová čerpadla, potrubí, armatury, ocelové konstrukce, zařízení na dávkování flokulantu). V rámci druhé etapy byly provedeny i stavební úpravy - sanace stropů, výstavba podpůrné ocelové konstrukce, oprava příjezdové komunikace a stavební úpravy místností sytičů. Byla rekonstruována také elektroinstalace (silová elektroinstalace, přístroje pro měření a regulaci - automatizovaný systém řízení, datová elektroinstalace). Součástí druhé etapy rekonstrukce byla rekonstrukce ústředního vytápění a zřízení osobního výtahu v objektu skladování vápenného hydrátu. Do stavby „rekonstrukce vápenného hospodářství - II. etapa“ byly zařazeny následující objekty úpravny vody:

- budova dávkování chemikálií – osazení dvou sytičů vápenné vody, doprava vápenného mléka, rekonstrukce vytápění a vzduchotechniky,
- provozní čerpací stanice – rekonstrukce pohonu čerpadla ředící vody,
- kolektor pro dopravu nasycené vápenné vody,
- měrný objekt, kde je zaústění nasycené vápenné vody do potrubí upravené vody.

Sytiče vápenné vody byly vybrány od německé firmy Passavant-Roediger GmbH (dále jen Passavant). Byly realizovány dvě samostatné linky, kde každou tvoří flokulační nádrž členěná na 4 komory, lamelová usazovací nádrž, zahušťovač kalu a čerpací stanice vápenných kalů se třemi vřetenovými čerpadly. Na obr. 3 je zobrazeno technologické schéma zapojení jednoho sytiče.

Do první komory flokulační nádrže (FN) je přiváděna ředící voda, do druhé komory FN je přiváděno vápenné mléko a recirkulovaný vápenný kal a dochází zde k promíchání a homogenizaci (viz obr. 4). Vápenné mléko o koncentraci 3 – 5 % se z homogenizační nádrže čerpá do sytičů čtyřmi vřetenovými čerpadly SEEPEX (vždy jedno dávkovací čerpadlo pro jeden sytič).

Obr. 2 Rozmíchávací nádrž (1), homogenizační nádrž (2)

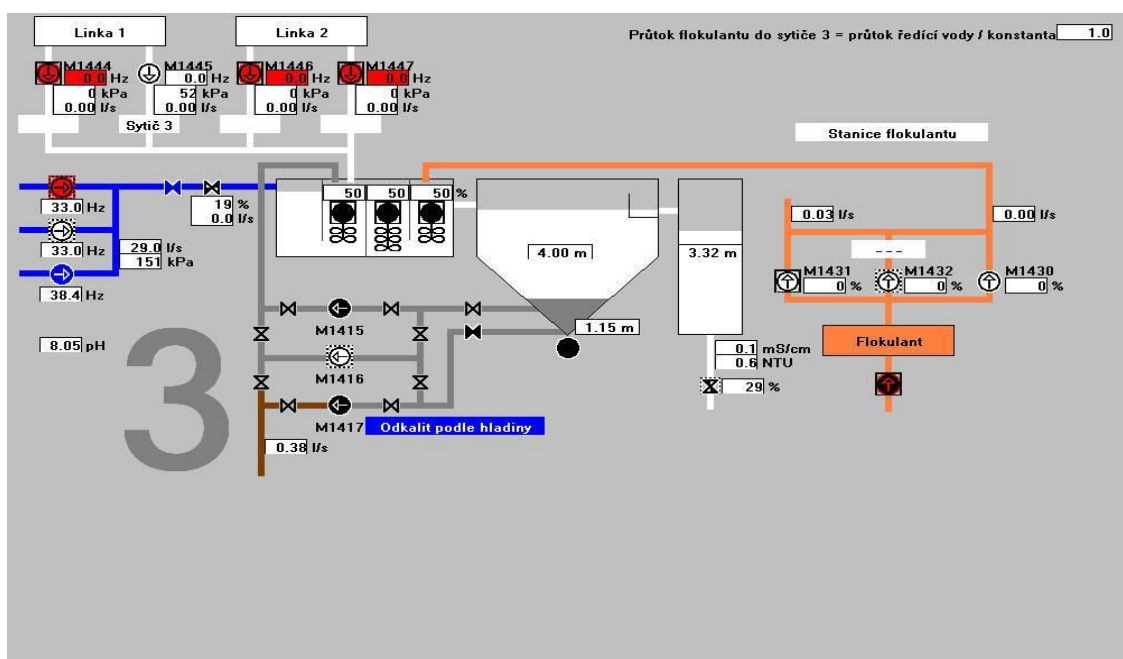


Obr. 3 Technologické schéma výroby a dávkování vápenné vody, sytič Passavant

Do třetí komory FN je zaústěno dávkování polymerního flokulantu Praestolu TR 2540 (dále jen Praestol), ve čtvrté komoře FN dochází ke vzniku usaditelných vloček. Vzniklá suspenze je odebírána z horní části čtvrté nádrže a natéká do usazovací nádrže pod lamelovou vestavbu. Vyrobena vápenná voda se z usazovací nádrže odebírá přes přelivnou hranu do vyrovnávací nádrže s akumulací cca 5 m³, která slouží ke zlepšení regulace průtoku. Vyčiřená vápenná voda je poté vedena do měrného objektu. Praestol se dávkuje s nastavenou výstupní koncentrací roztoku 0,1%. Dávka polymeru je volena v rozmezí 0,25 až 0,5 mg/l. Výstup ze čtvrté komory FN je zaveden do lamelového separátoru, kde těžké vločky vápenného kalu sedají na dno zahušťovací nádrže.

Část usazeného kalu se čerpá zpět do druhé komory FN pro zlepšení efektu flokulace (vratný kal – zahuštění cca 3 – 4 %). Vápenný kal se kumuluje ve spodní části zahušťovací nádrže (přebytečný kal se zahuštěním cca 10 – 20 %) a odvádí se do dvou vápenných lagun, každá o objemu 150 m³. Vápenný kal je následně likvidován mimo areál úpravný Želivka.

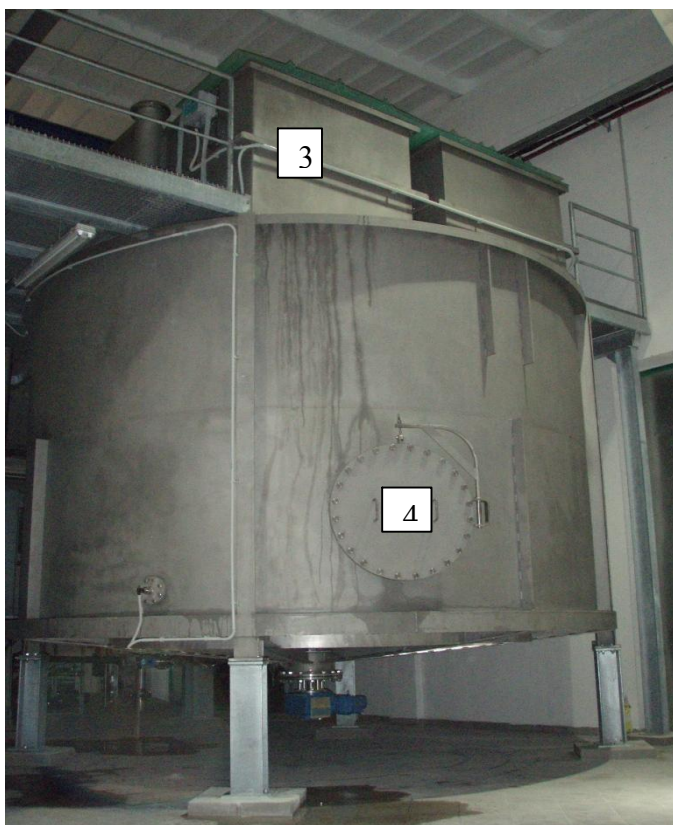
Obr. 4 Schéma PASSAVANTU: 4 komory flokulační nádrže – přítok flokulačního činidla Praestolu, zaústění do lamelového separátoru a následné zaústění vápenné vody do vyrovnávací nádrže.



Obr. 5 Vřetenová čerpadla kalu SEEPEX dopravující vápenné mléko z homogenizační nádrže do sytičů.



Obr. 6 Lamelový separátor



Na obr. 6 je lamelový separátor (3) a zahušťovací nádrž (4). Odkalování zahuštěného kalu se provádí zpravidla 1x denně během jedné hodiny. Při změně dávek chemikálií, která souvisí se změnou kvality surové vody (zejména s ohledem na biologické oživení v nádrži), dochází k produkci většího objemu kalu s menším zahuštěním (cca 5 – 10 %). V tomto případě probíhá odčerpávání přebytečného kalu z kalového prostoru i několikrát denně. Vápenná voda se odvádí novým párem potrubí DN 200. Potrubí je umístěno v kolektoru, který vede k měrnému objektu. Zaústění vápenné vody do potrubí upravené vody v měrném objektu bylo také zrekonstruováno.

Dávkování vápna se odvíjí od pH upravené vody, resp. od dávky koagulantu síranu hlinitého a kyseliny sírové, tj. maximální dávka pro stabilizaci vody je stanovena pro projektovanou maximální dávku síranu hlinitého a maximální dávku kyseliny sírové.

V rámci studie na rekonstrukci vápenného hospodářství byly zvažovány různé varianty konstrukčního řešení sytičů vápenné vody. Důvodem výběru sytičů s lamelovou vestavbou byly výrazné dispoziční úspory v porovnání s kruhovými sytiči. Na obr. 7 a 8 je porovnání kruhového sytiče a sytiče Passavant. Oba typy sytičů na uvedených obrázcích jsou dimenzovány na výkon 37 l/s. Po výběru varianty provedení sytiče byl provozovatelem vytypován prostor ve stávajícím objektu, do kterého bylo nové zařízení umístěno. Nebylo tak nutné stavět nový objekt pro umístění nových sytičů a tím došlo i za cenu dražší technologie k úspoře investičních nákladů.

Obr. 7 Porovnání kruhového sytiče a sytiče typu Passavant – půdorys

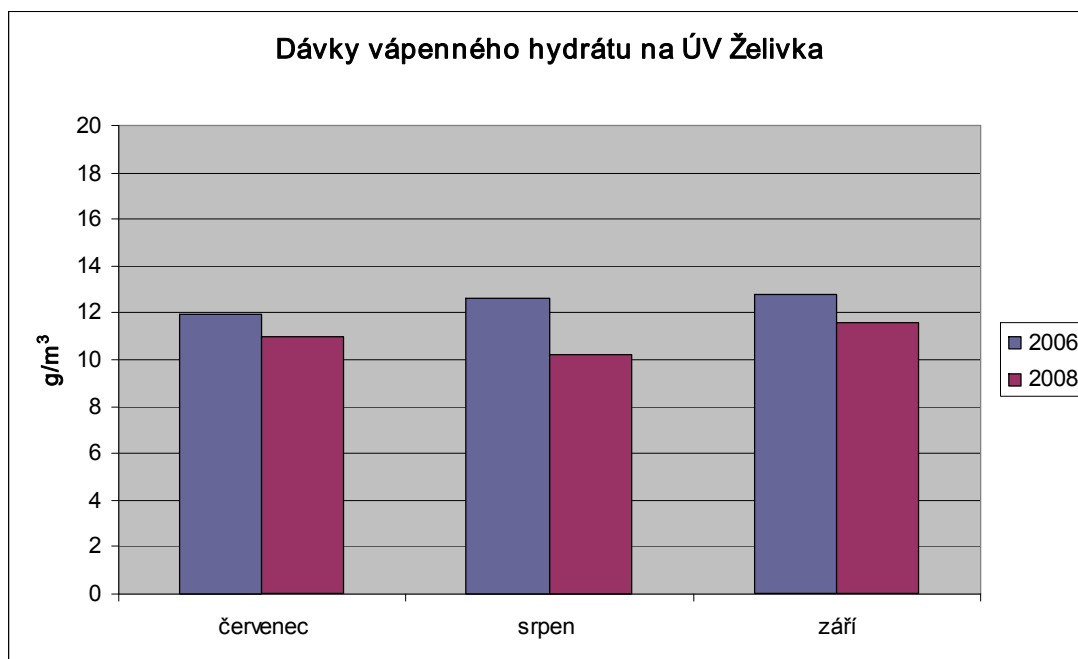
Obr. 8 Porovnání kruhového sytiče a sytiče typu Passavant – řez

V rámci druhé etapy rekonstrukce vápenného hospodářství byla provedena rekonstrukce vytápění budovy dávkování. Stávající topný systém byl rozdělen na dvě samostatné topné větve. Zároveň bylo provedeno zateplení budovy dávkování chemikálií. Pro zvýšení úspor tepla je vytápění budovy rozděleno na prostory převážně temperované a na plně vytápěné prostory.

POROVNÁNÍ STAVU PŘED A PO REKONSTRUKCI

Stav před rekonstrukcí	Stav po rekonstrukci
<p>Vápenný hydrát byl skladován ve dvou železobetonových silech čtvercového průřezu, kde docházelo k nedokonalému vyprazdňování a funkce tohoto zařízení byla nespolehlivá. Zásoba vápenného hydrátu činila 2x300 t (každé silo obsah 300 t), kdy 1/3 obsahu sila zůstala nevyužitá, zalehlá v rozích čtvercových sil. Aby se dosáhlo homogenní směsi, byl hydrát čiřen vzduchem, což znamenalo výraznou energetickou zátěž.</p>	<p>Na základě studie byly v každém z původních železobetonových sil osazeny 4 válcové kovové zásobníky vápenného hydrátu s kuželovým dnem (4x 25 t). Dno je vybaveno vibračními tryskami Vibra-disc, nedochází k usazování vápenného hydrátu a v případě přichycení na stěny sila je vrstva sklepana tryskami. Vlastní výsypka není opatřena vibrováním. Do jednoho sila se vejde právě objem jedné cisterny. Režim je nastaven tak, že při vyprázdňování vápenného hydrátu ze sila je prázdné silo neprodleně doplněno. Nedochází tedy k dlouhodobému skladování a sesednutí obsahu sila, není nutné provádět čiření vzduchem.</p>
<p>V případě závady na první či druhé lince výroby vápenné vody a odstavení sytiče z provozu byla oprava a opětovné najetí linky časově náročnou akcí bez možnosti operativně a rychle zajistit zprovoznění linky. Prázdný sytič se naplnil za 8 hodin, zprovoznění trvalo 1 den.</p>	<p>Jsou zprovozněny 2 nové linky výroby vápenné vody Passavant (v provozu vždy jedna linka, druhá linka je záložní) o maximálním výkonu každé linky 37 l/s, průměrný (obvyklý provozní) výkon cca 28 l/s. Menší objemy umožňují napuštění prázdného PASSAVANTu během cca 4 hodin, do provozu je uveden neprodleně po napuštění i když hodnoty nasycení vápenné vody v první fázi po spuštění nedosahují plně projektovaných parametrů.</p>
<p>Odtah vápenných kalů byl prováděn 3-4x denně, zahuštění přebytečného kalu dosahovalo 1-2% sušiny. Z usazovacího prostoru nebylo možné provádět recyklaci kalu (vratný kal), nebyla tak podpořena tvorba kompaktních těžkých vloček vápenného kalu.</p>	<p>V rámci rekonstrukce byla zavedena recyklace vratného kalu ze spodní části usazovací nádrže zpět do druhé komory flokulační nádrže. Tento systém zajišťuje větší využití vápenného hydrátu, vhodné podmínky pro tvorbu těžkých rychle sedimentujících vloček. Lepší flokulační schopnosti se výrazně projevily na vlastnostech přebytečného kalu, který je nyní odčerpáván 1x denně (doba odčerpání je cca 1 hodina) a jeho zahuštění dosahuje v průměru 10-20% sušiny. Kalové rozhraní (voda/zahuštěný kal) v zahušťovací nádrži je měřeno pomocí ultrazvukové sondy Endress-Hauser.</p>
<p>Dávka vápenného hydrátu se při provozu starých linek vápenného hospodářství pohybovala cca 12,4 g/m³.</p>	<p>Spotřeba vápenného hydrátu po rekonstrukci klesla o cca 13 %, měsíčně se na úpravu vody spotřebuje cca 10,1 g/m³, viz graf č.1.</p>
<p>Původní způsob přípravy vápenné vody způsoboval v extrémech zákal až 25 NTU, a to zejména v době odkalování sytiče.</p>	<p>Novým způsobem přípravy vápenného mléka došlo ke snížení zákalu vápenné vody na 1-2 NTU. Kvalita výstupní nasycené vápenné vody je stabilní i v průběhu odkalování PASSAVANTu. Tohoto efektu bylo dosaženo zejména zavedením recyklu vratného kalu a přidávkou pomocného flokulantu Praestolu do vápenné vody.</p>

Graf. č.1



Graf č. 1 Znáznorňuje dávky vápenného hydrátu v průběhu rekonstrukce a po rekonstrukci. Jsou porovnány dávky za 3 měsíce v letním období. Pro korektní srovnání byly vybrány měsíce, ve kterých byly srovnatelné dávky chemikálií (síran hlinitý, kyselina sírová).

Průběh zprovoznění nové technologie

Díky dobré přípravě stavby nebyla během celé rekonstrukce vznesena vážnější reklamace. Drobné úpravy a seřízení celého systému se řešily operativně a projednávaly se v rámci pravidelných kontrolních dnů konaných přímo na ÚV Želivka za přítomnosti zástupců generálního projektanta, zhotovitele stavby a jejich subdodavatelů na základě požadavků investora. Zápisy všech kontrolních dnů jsou zachovány. Dále jsou uvedeny některé problémy, které se vyskytly a řešily během zkušebního provozu:

- Od začátku kontrolního provozu II. etapy rekonstrukce bylo zahuštění přebytečného kalu na 5-10% sušiny a odkalování probíhalo 1x denně. V důsledku výpadku ozonizace v polovině února 2008, který trval i po dobu jarního oživení v nádrži Švihov v roce 2008, bylo nutné pro udržení kvality vyráběné vody během těchto jarních měsíců navýšit dávkování provozních chemikálií. Zvýšené dávky chemikálií evokovaly problémy se zahušťováním přebytečného kalu. Sytič bylo nutné odkalovat až 3x denně a sušina dosahovala hodnot max. 3-4%. Dávkování chemikálií probíhalo na základě výsledků koagulačních pokusů (KP), které se prováděly pravidelně každých 14 dní a v případě potřeby častěji.
- *Opatření: Do provozu byly v tomto období uvedeny oba nové sytiče a tím se dosáhlo požadovaného většího zahuštění kalu až na 20%.*
- Sytiče Passavant byly opatřeny kryty, které byly příliš těžké a neumožňovaly jednoduchou manipulaci a nahlédnutí do nádrží při běžné kontrole provozu sytiče obsluhou.
- *Opatření: Nádrže dodavatel nově osadil lehčími kryty. Je tak možné nahlédnout do nádrží a vizuálně posoudit funkčnost Passavantů.*
- Byl nevhodně zapojený motor ve stanici dávkování polymerního flokulantu, zadržoval dávkovací šnek. Tato vada se projevila v období prosinec 2007 - leden 2008.

- *Opatření: kontaktovali jsme firmu, která dodala stanici na dávkování polymerního fäkulantu. Zástupci firmy provedli přednastavení praestolové stanice a správně zapojili motor.*
- Nově dodané frekvenční měniče u čtyř míchadel ve flokulační nádrži byly poddimenzované.
- *Opatření: výměna frekvenčních měničů pro pohon míchadel.*
- Ultrazvuková sonda Endress-Hauser na měření kalového rozhraní vykazovala nesprávné měření a neumožňovala tak provádět odkalování zahuštěného přebytečného kalu v automatickém režimu. Obsluha musela provádět pravidelné odkalení v ručním nebo poloautomatickém režimu dle stanoveného časového harmonogramu.
- *Opatření: dodavatelská firma přenastavila sondu. Následně již nebylo nutné provádět nové nastavení na provozní podmínky.*
- V nátoku vápenné vody ze sytiče do vyrovnávací nádrže docházelo k zahlcení odvodného potrubí vápenné vody a docházelo ke vzniku velkých bublin vzduchu, které probublávaly nazpět a rozstřikovaly vápennou vodu nad lamelové usazoväky.
- *Opatření: bylo provedeno odvzdušnění potrubí nátoku do vyrovnávacího svislého potrubí DN 800. Namísto kolen na nátokovém potrubí byly osazeny T-kusy. Rovněž bylo provedeno vyrovnání přepadových hran separátoru a propojení odtokových potrubí výstupní vápenné vody před nátokem do vyrovnávacích nádrží.*

Závěr

Cílem rekonstrukce vápenného hospodářství bylo nahradit zastaralou nevyhovující a energeticky náročnou technologií a s rezervou zajistit stabilizaci vyráběné vody i pro maximální výkon úpravny (7700 l/s). Dalším cílem bylo vyřešit problémy spojené s odkalováním první a druhé linky vápenného hospodářství a se zákalem výstupní vápenné vody.

Rekonstrukce vápenného hospodářství v objektu ÚV Želivka byla vázána na stávající prostory. To bylo při tak rozsáhlém projektu klíčovou záležitostí, rekonstrukce byla výrazně omezena prostorem. První etapa rekonstrukce se při dokončování prolínala se začátkem druhé etapy. Rekonstrukce vápenného hospodářství přinesla očekávaný efekt.

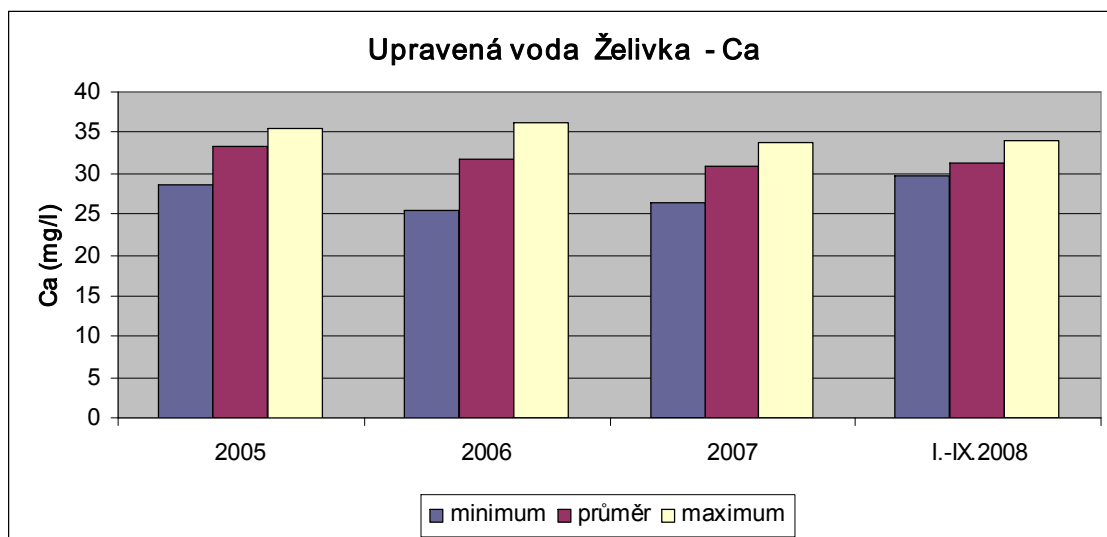
Přínos rekonstrukce lze stručně shrnout následovně :

1. Zhruba 50% úspora energie při skladování vápna v sílech a jejich vyprazdňování (kratší doba skladování v sílech s jiným geometrickým uspořádáním bez nutnosti provzdušňování).
2. Spotřeba vápenného hydrátu poklesla o cca 13 %, místo původních 12,4 g/m³ je současná dávka 10,1 g/m³ (recyklace vápenných kalů).
3. Snížení počtu odkalování místo 3-4x denně na 1x denně.
4. Zvýšil se obsah sušiny v přebytečném kalu z původních 1-2% na 10-20%.
5. Zákal vápenné vody se snížil z původních 25 NTU na 1-2 NTU.
6. Nová technologie alkalizace umožňuje pokrýt maximální výkon úpravny.
7. Výpočtem byl stanoven poměr vratného kalu zavedený do druhé komory flokulační nádrže, který napomáhá lepší tvorbě vloček a efekt využití vápenného hydrátu je vyšší. Flokulační charakteristika je zajištěna též dávkováním pomocného flokulantu Praestolu.
8. Byly zřizovány dvě nové samostatné linky vápenného hospodářství. V provozu je vždy jeden sytič, druhý je záložní – to umožňuje rychle a operativně řešit případné problémy či přenastavení nebo najetí záložního sytiče za cca 4 hodiny, zprovoznění je možné ihned po napuštění.

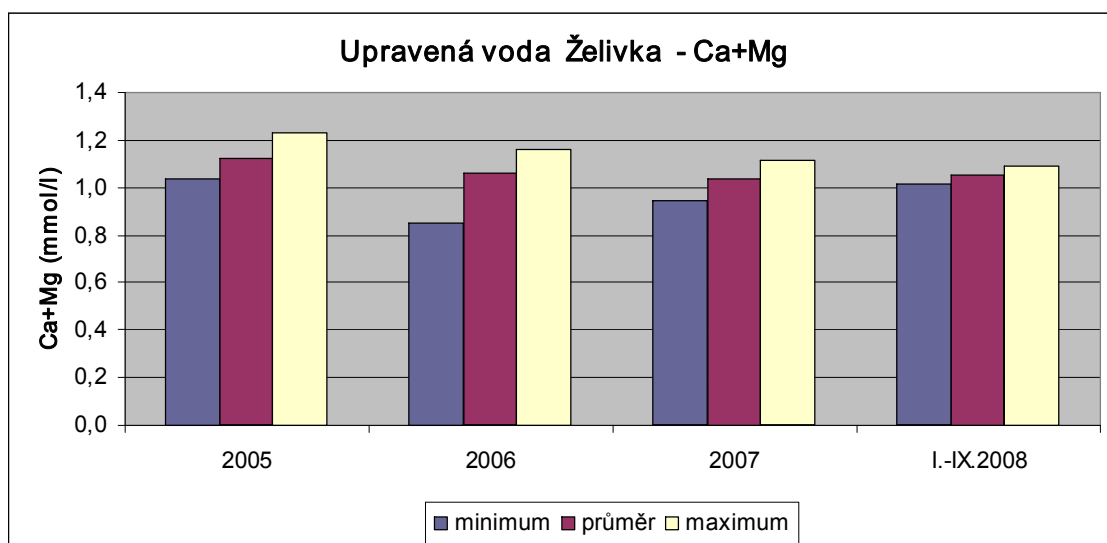
Nová technologie vápenného hospodářství měla rovněž pozitivní vliv na kvalitu upravené vody. Z grafů vybraných parametrů kvality (graf č. 2, 3, 4, 5, 6) vyplývá, že dochází k významně nižší rozkolísanosti v kvalitě upravené vody v průběhu roku. Vliv rekonstrukce se částečně projevil na hydrogen-uhličitano-vápenaté rovnováze upravené vody. Růst zaznamenaný u hydrogenuhlíčanové formy CO_2 (resp. u $\text{KNK}_{4,5}$) při konstantním pH je provázán s růstem agresivního CO_2 . Další provozní zkoušky by měly ověřit optimální provozní podmínky v závislosti na kvalitě surové vody a vhodné nastavení technologického procesu úpravy s novým technologickým zařízením firmy Passavant

Grafy č. 2 – 6 Demonstrují významně stabilnější kvalitu vyráběné vody z ÚV Želivka v průběhu celého roku po rekonstrukci vápenného hospodářství.

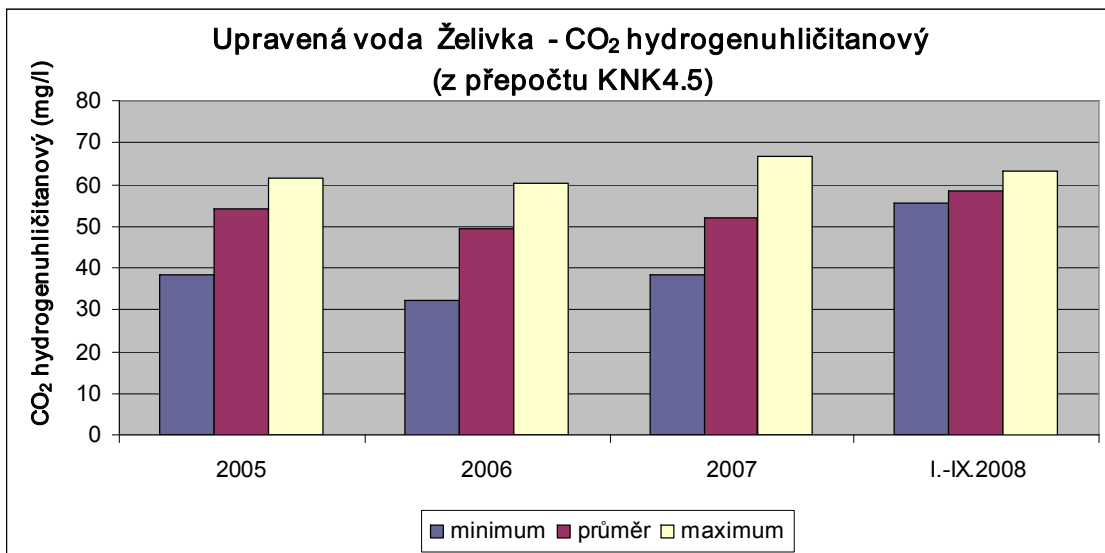
Graf č.2



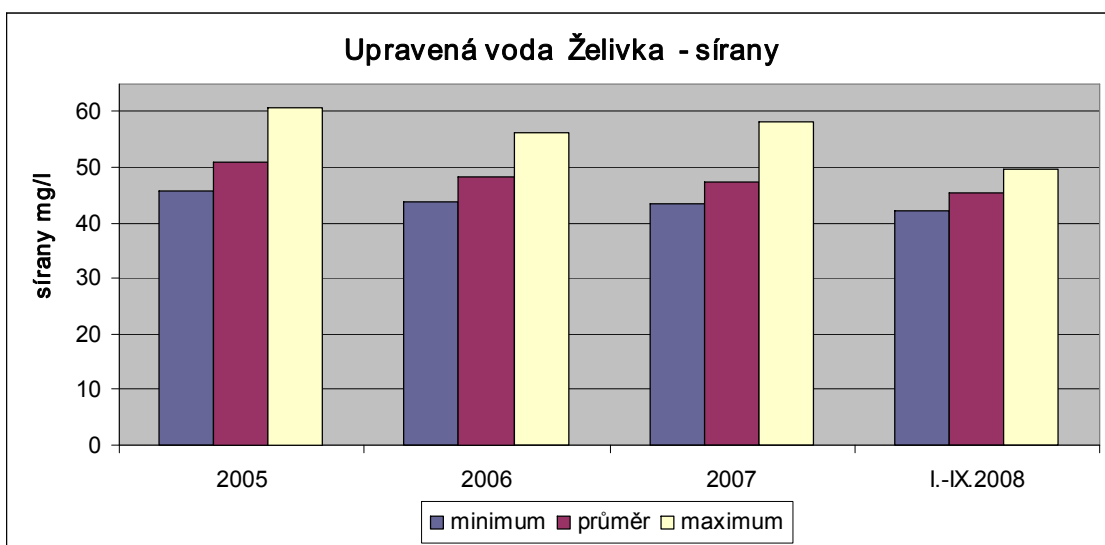
Graf č.3



Graf č. 4



Graf č. 5



Graf č. 6

