

Filtrace s klesající zdánlivou filtrační rychlostí na ÚV Hosov

Ing. Oldřich Darmovzal, Ing. Miroslav Tomek, Ing. Pavel Adler, CSc.
VODING HRANICE spol. s r. o.

ÚVOD

Při úpravě problematických vod (humínové s nízkou alkalitou) se mohou neúnosně zkrátit filtrační cykly. Zlepšení může přinést zavedení filtrace s proměnnou (klesající) zdánlivou filtrační rychlostí.

Principem této filtrace je, že se s postupujícím zanášením filtrační vrstvy snižuje průtok filtrem. To je rozdíl od klasické rychlofiltrace, kde se snažíme udržovat konstantní průtok filtrem. U filtru s proměnnou (klesající) zdánlivou filtrační rychlostí se v pískové vrstvě udržuje rychlost proudění prakticky stejná, na rozdíl od klasické filtrace, kdy se udržuje stálý průtok filtrem. Rychlost proudění se zvyšuje se zmenšováním průtočného profilu v pískové vrstvě při jejím zanášení kalem a při určité kritické hodnotě může dojít k vyplavování částic kalu do filtrátu.

U klasické filtrace se udržuje regulací na odtoku z filtru stálý průtok (zdánlivá filtrační rychlost, tj. průtok vztažený na jednotku filtrační plochy).

U filtrace s klesající zdánlivou filtrační rychlostí je průtok filtrem dán v podstatě jen odporem filtrační vrstvy (za jednotlivým filtrem není regulační klapka).

Problematikou tohoto způsobu filtrace se zabývá Ing. P. Dolejš (viz. např. články ve sbornících „Aktuální otázky vodárenské biologie“, Praha 1996, „Rekonstrukce úpraven vody“, Teplice 1998), kde čtenář může najít podrobnější informace.

Provoz filtrů s klesající zdánlivou filtrační rychlostí je oproti klasické filtraci poněkud odlišný. Jedná se především o udržování hladin na filtrech, postup při praní (regeneraci) a uvádění regenerovaného filtru do provozu.

V poslední době proběhly rekonstrukce několika velkých úpraven vody a na dvou z nich byla realizována filtrace s klesající filtrační rychlostí, jmenovitě ÚV Meziboří (HDP Praha, Ing. P. Dolejš) a ÚV Hosov (Voding Hranice spol. s r.o.).

Z ÚV Hosov uvedeme některé zkušenosti ze zkušebního provozu zahájeného 1.7. 2001.

1. PROVOZ FILTRŮ NA ÚV HOSOV.

ÚV Hosov je projektována na maximální výkon 240 l.s^{-1} a upravuje problematickou vodu z nádrže Hubenov a Pístovských rybníků.

Při rekonstrukci bylo, mimo jiné, přebudováno 8 filtrů na filtry bez meziden a současně byla zavedena filtrace s proměnnou filtrační rychlostí. Tomuto způsobu filtrace byla již v projektu věnována velká pozornost a to především postupu uvádění regenerovaného filtru do provozu. Byl zpracován velmi podrobný algoritmus uvádění regenerovaného filtru do provozu, který je spolu s více teoreticky zaměřeným popisem filtrace, publikován v našem článku obsaženém ve sborníku konference „Voda Zlín 2001“.

Během provozu se však ukázalo, že není potřeba používat tak složité algoritmy pro řízení uvádění regenerovaného filtru do provozu. Program pro řízení filtrace se zjednodušil a je postupně dále již jen drobně upravován.

1.1 Vystrojení filtrů.

Vystrojení filtrů s klesající filtrační rychlostí je zčásti odlišné od klasických rychlofiltrů.

Filtry pracují se zatopenými děrovanými rourami přívodu surové vody, takže hladina na všech filtrech je stejná. Na žádané úrovni je hladina udržována pomocí regulační klapky ve společném potrubí filtrované vody podle běžného algoritmu, řízení na konstantní hladinu. Velká pozornost byla věnována časovým konstantám a velikosti regulačního zásahu u tohoto regulátoru, chování je jiné než u regulátoru pro jeden filtr. Udržování hladiny je důležité z hlediska změny celkového průtoku vody na všechny filtry (změna výkonu ÚV, praní filtru, kdy se voda filtruje na menším počtu filtrů). Měření hladin je jen na 2 filtrech (při praní filtru se snímačem hladiny je hladina řízena pomocí druhého snímače).

Prací cyklus filtrů se určí paušálně (už při zahájení provozu filtrů), to znamená, že filtry se perou ve stálém taktu. Při stanovení délky filtračního cyklu, který se doladuje podle různých podmínek provozu, je třeba přihlížet k látkovému zatížení filtrů (na ÚV Hosov je různá délka filtračního cyklu, což je způsobeno dlouhým přívodním kanálem vyčiřené vody při nátoku na jednotlivé filtry). Délka cyklu se pak stanoví podle nejvíce látkově zatíženého filtru.

Během provozu filtrů je hydraulicky průtokem nejvíce zatížen čerstvě regenerovaný filtr a nejméně pak filtr, který je nejdéle v provozu.

Potřebu praní filtru při zanesení filtrační vrstvy není možno signalizovat od dosažení kritické tlakové ztráty za filtrem. Ve filtrační vrstvě se sice samozřejmě tlaková ztráta ve směru proudění mění (roste), ale za filtry je tlak stejný, protože na odtoku z jednotlivých filtrů nejsou regulační klapky, ale jen klapky uzavírací. Signalizace zahájení praní filtru se proto musí odvíjet od jiných ukazatelů:

- průniku koagulantu,
- průniku částic kalu a organismů,
- zákalu,
- minimálního průtoku filtrátu,
- celkového množství filtrátu,
- doby provozu filtru.

Protože bylo třeba přihlížet při zajišťování přístrojové techniky i na stránku finanční, nebyl za filtry zažazen analyzátor železa Fe. Měří se proto jen zákal a průtok filtrované vody. Za každým filtrem je instalován indukční průtokoměr, který umožňuje přesné a spolehlivé snímání okamžitého průtoku i množství proteklého filtrátu. Dále je systémem řízení vyhodnocována doba provozu filtru mezi jednotlivými cykly regenerace a celková doba provozu filtru.

Priorita údajů pro začátek praní filtru je zde v pořadí:

- zákal,
- průtok filtrátu,
- množství filtrátu,
- doba provozu filtru.

Praní filtrů pak proběhne podle obvyklých algoritmů, shodně jako u klasických filtrů.

Po praní se provádí klasické zafiltrování (vypouštění prvního podílu filtrátu do odpadu) až do dosažení vyhovující kvality filtrátu.

Na odtoku z filtrů je před uzavírací klapkou odběrná trubka pro odtok vzorku na zákaloměr. Až za tímto odběrným místem následuje odbočka pro zafiltrování, průtokoměr a uzavírací klapka s vysílačem polohy.

Průtokoměry a citlivé zákaloměry se již běžně v našich projektech navrhuji na filtry všech úpraven, kde se upravuje povrchová voda, bez ohledu, zda jde o klasické filtry, nebo filtry s klesající filtrační rychlostí.

Jedním z důvodů montáže velmi citlivých zákaloměrů za každý filtr je možnost průniku oocyst nebezpečných prvků *Cryptosporidium* a *Ghiardia* do filtrátu. Existuje totiž korelace (vztah) mezi zákalem a počtem oocyst ve filtrátu, takže při překročení kritické hodnoty zákalu se musí filtr regenerovat.

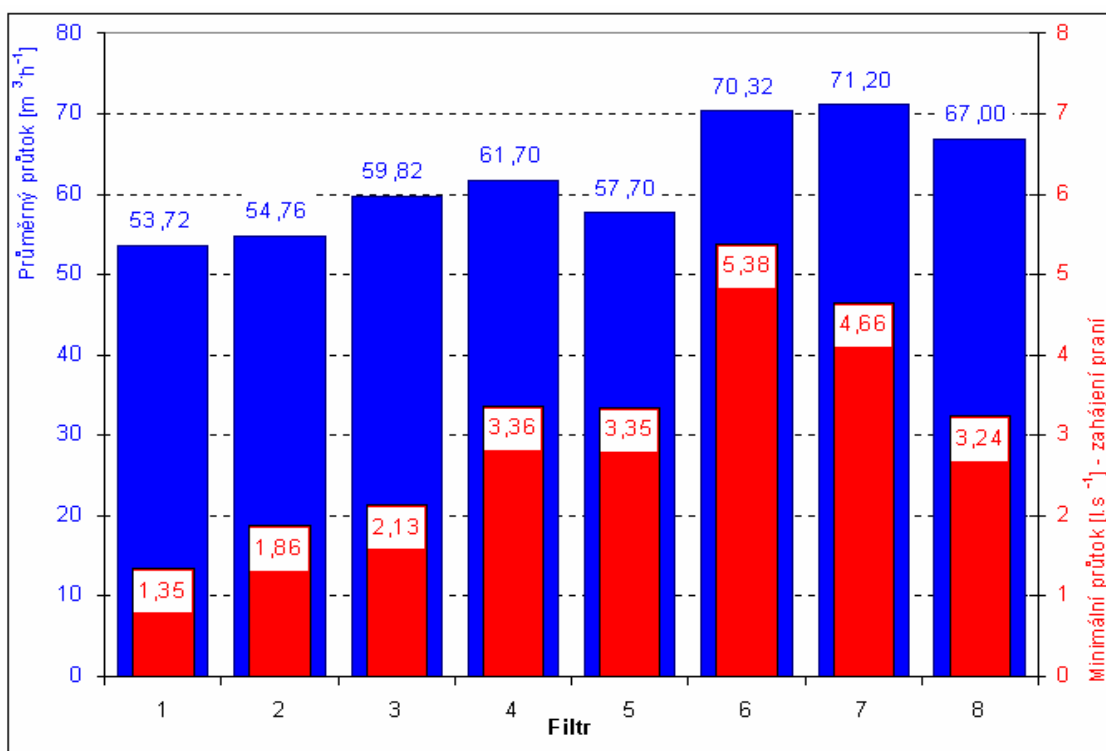
Cyklus regenerace není vhodné prodlužovat, i když je kvalita filtrátu ještě vyhovující. Kalová kapacita ostatních, více zatížených, filtrů se postupně vyčerpává a mohlo by dojít ke zhroucení systému a potřebě regenerovat více filtrů současně, nebo všech filtrů najednou.

1.2 Konkrétní podmínky provozu filtrů na ÚV Hosov.

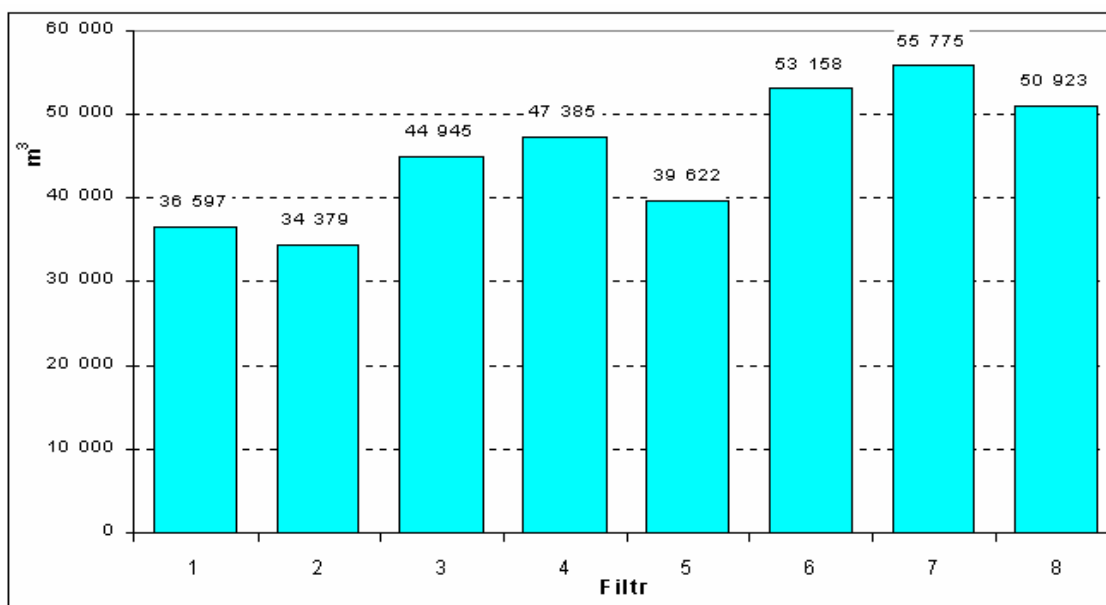
Výkon ÚV Hosov je v současné době $120\text{--}150 \text{ l.s}^{-1}$ a filtrační cyklus 48 h. (perou se 4 filtry denně s odstupem 6 h.). Množství přefiltrované vody se liší podle jednotlivých filtrů a pohybuje se v průměru za měsíc od 53 do $71 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. (2544 až $3408 \text{ m}^3/\text{cyklus}$), přičemž minimální průtoky před praním jsou od $1,3$ do $5,4 \text{ l.s}^{-1}$ (vliv rozdílného látkového zatížení jednotlivých filtrů).

Na jeden filtr připadá z celkového upravovaného výkonu $15\text{--}18,7$, resp. $17,1\text{--}21,4 \text{ l.s}^{-1}$ při praní filtru, což jsou však jen průměrné hodnoty filtru, ve skutečnosti dosahuje hydraulické zatížení filtru (podle stupně zanesení) až trojnásobku této průměrné hodnoty. Uvedené měsíční průměry jsou však částečně vyrovnány změnami látkového zatížení, danými postupujícím praním po řadě filtrů (nejvíce hydraulicky zatížený filtr se posunuje od začátku na konec řady filtrů a pak zpět).

Obr. 1: Zatížení jednotlivých filtrů během filtračního cyklu (prosinec 2001).



Obr. 2: Celkový průtok jednotlivými filtry během filtračního cyklu (leden 2002).



1.3 Uvedení filtrů do provozu po regeneraci.

Po regeneraci se filtr uvede do provozu podle algoritmu, který zahrnuje zafiltrování a následné zvyšování odběru filtrované vody do společného potrubí až do plného otevření uzavírací klapky na potrubí filtrované vody.

Pro řízení tohoto procesu se využívá zákaloměr, indukční průtokoměr a vysílač polohy uzavírací klapky. Řídicí systém na základě zjištěných údajů nastavuje, upravuje polohu klapky.

Proces uvádění regenerovaného filtru do provozu probíhá v následujících krocích:

1. Vpuštění vody na filtr a vyrovnaní hladin na úroveň ostatních filtrů. Uzavírací klapka i klapka zafiltrování jsou uzavřeny.
2. Zafiltrování: Filtrovaná voda se vypouští do odpadu a měří se zákal. Zafiltrování trvá nejméně 2 minuty. Pokud je zákal vyšší než 5 NTU, zafiltrování pokračuje. Pokud je zákal nižší než 5 NTU, uzavře se zafiltrování a otevře se uzavírací klapka odtoku z filtru na asi 40 %. Měří se zákal i průtok. Zákal nesmí překročit 5 NTU, jinak se klapka opět uzavře a obnoví se zafiltrování.
3. Otevírání uzavírací klapky: Pokud je zákal nižší než 5 NTU, klapka se postupně otevírá až na 100 %. Rychlost otevírání je nastavena tak, že se klapka otevře ze 40 na 100 % za asi 18 h. (rychlost je volitelná). Průběžně se vyhodnocuje jak zákal, tak i průtok. Zákal nesmí překročit 5 NTU a průtok při plném otevření klapky nepřesáhne trojnásobek průměrného průtoku na filtr. Při překročení některé z hodnot se řízené otevírání klapky pozastavuje, uzavře se na asi 40 % a proces se opakuje. (Tento krok řízení zatím nebylo nutno využívat, nedošlo k překročení zákalu ani maximálního průtoku.)
4. Filtrace: V průběhu otevírání klapky a při jejím plném otevření se odebírá filtrát do společného potrubí. Průtok se postupně s otevíráním klapky zvyšuje až k maximu, které však může nastat ještě před otevřením klapky na 100 %. To je dáno celkovým okamžitým výkonem úpravy vody, dále tím, že se filtrační

vrstva zanáší, zvyšuje se její odpor a snižuje se průtok, resp. rychlost změny, zvyšování průtoku s postupným otevíráním klapky.

5. Ukončení filtrace: Filtrace se ukončí při překročení hodnoty zákalu 5 NTU, snížení průtoku pod kritické minimum nebo překročení maximálního množství filtrátu, ale také maximální doby provozu filtru.

1.4 Dosavadní provozní výsledky filtrace.

Na ÚV Hosov je filtrace ovládána jen od zákalu a doby provozu filtru (prací cyklus 48 h.). Průběh filtračního cyklu se na jednotlivých filtrech sleduje měřením průtoku, zákalu a polohy uzavírací klapky. Zákaloměr měří v rozsahu 0-10 NTU.

Konkrétní hodnoty ukazatelů z vybraných filtrů jsou na obr. 3 a obr. 5, je samozřejmě možno uvést i údaje z ostatních filtrů.

Obr. 3 : Typický průběh průtoku filtrem a poloha klapky během filtračního cyklu.



Z grafu je patrná část řízeného průtoku filtrem, vzestupná část křivky a typický průtok snižující se s postupným zanášením filtru. Poloha uzavírací armatury do asi 50 % otevření má pozitivní vliv na průtok (maximum), dále již převažují další vlivy (zanášení filtrační vrstvy) a průtok setrvale klesá.

Je vidět, že během celého filtračního cyklu nepřekročí zákal, jako prioritní ukazatel, hodnotu 5 NTU a nedosahuje ani 1 NTU. To platí i pro zafiltrování a konec filtrace po 48 hodinách provozu. Na průtok ani zákal na sledovaných filtrech nemá podstatný vliv ani praní ostatních filtrů, kdy se skokem mění průtok na provozovaných filtrech.

2. MĚŘENÍ ZÁKALU.

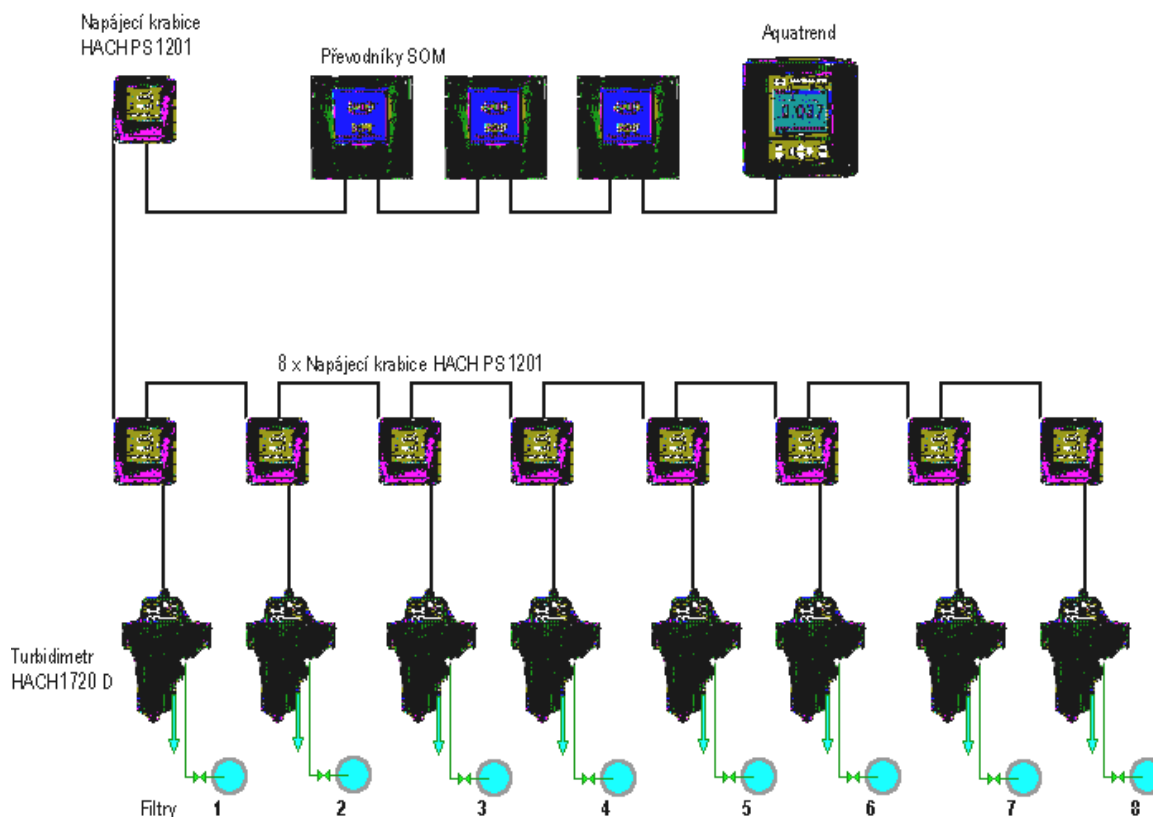
Pro měření zákalu za filtry je použito sestavy zařízení firmy HACH. Za každým filtrem je instalován senzor zákalu turbidimetr 1720D. Senzor zákalu je upevněn přímo na stěnu filtru poblíž potrubí filtrované vody. Vzorek vody je přiveden plastovou hadičkou do tělesa senzoru. Průtok je možno nastavit ručním kulovým uzávěrem. Požadovaný minimální průtok je $0,25 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.

Nad senzorem na stěně filtru je instalována napájecí krabice senzoru PS1201. Krabice je napájena napětím 230V/50Hz, u každé krabice je vypínač pro místní vypnutí daného senzoru, pro potřeby manipulace a čištění. Krabice plní zároveň funkci síťového propojení všech 8 ks senzorů, převodníku signálu SOM a řídicího modulu Aquatrend.

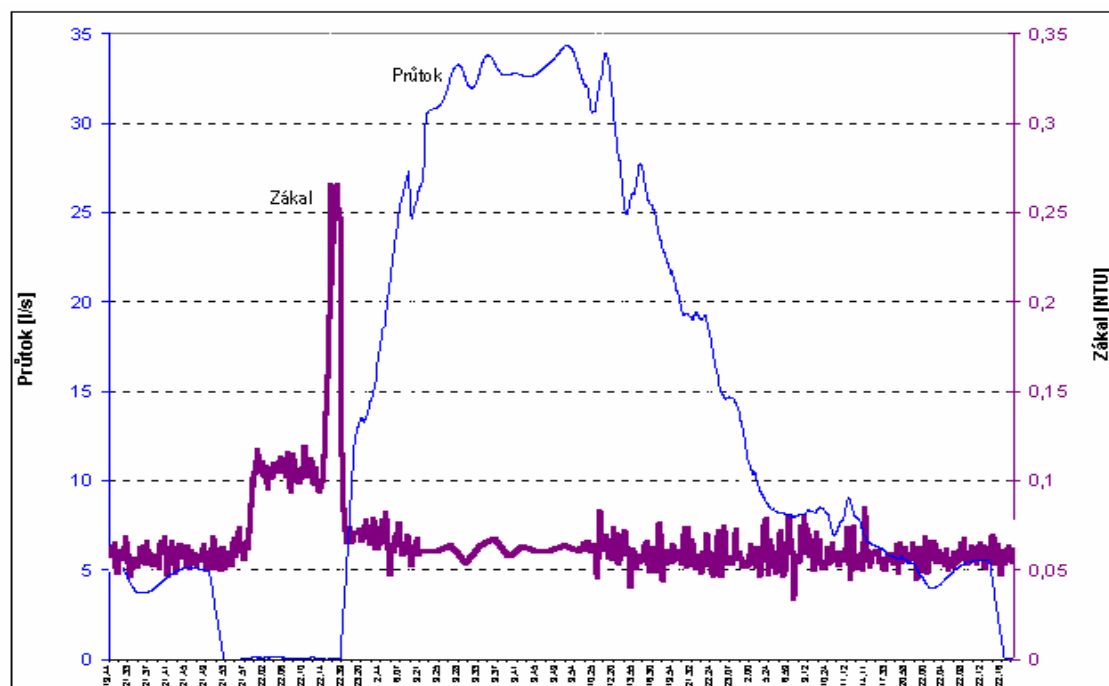
Signály o zákalu za každým filtrem jsou zpracovávány centrální jednotkou AquaTrend. Jednotka je vybavena klávesnicí a zobrazovacím panelem, toto umožňuje centrální konfiguraci sítě senzorů a výstupních modulů. Programové vybavení AquaTrendu umožňuje automatickou volbu rozsahu měření a posun desetinné čárky, měřicí rozsah se volí automaticky podle vzorku. Zobrazovací DISPLAY umožňuje jak číselné tak grafické zobrazování naměřených hodnot libovolného snímače.

Pro vazbu na nadřízený systém řízení je sestava doplněna o výstupní moduly SOM s výstupem 4-20mA. Údaje z výstupů jsou zaznamenávány do databáze řídicího systému úpravy vody s možností uchovávání a dalšího zpracovávání. Tato kvalitní a spolehlivá sestava umožňuje automatizovat další procesy v technologii úpravy vody.

Obr. 4 : Blokové schéma instalované sestavy měření zákalu na ÚV Hosov.



Obr. 5 : Hodnoty průtoku a zákalu na jednom filtru na ÚV Hosov.



V grafu je vidět typický průběh průtoku a záznam měřeného zákalu za filtrem. Ze záznamu je patrná vysoká citlivost přístroje (0,05 NTU). Zvýšená hodnota zákalu se vyskytuje jen v době praní filtru (kdy přes čidlo neprotéká filtrovaná voda) a při zafiltrování (kdy voda protéká).

Obr. 6 : Fotografie instalované sestavy zákaloměrů.



3. ZÁVĚR

Z prezentovaných výsledků vidíme, že zvolený způsob řízení provozu filtrů se osvědčil. Provoz zákaloměrů je při řádné údržbě spolehlivý i při měření velmi nízkých hodnot zákalu, pro které byl přístroj vyvinut.

Potvrzuje se, že kvalitní řídicí systém může být založen jen na údajích kvalitních a vhodně zvolených analyzátorů. Kvalitní a spolehlivá sestava zákaloměrů umožňuje automatizovat i další procesy v technologii úpravy vody.