

AAS – MOŽNOSTI APLIKACE NOVÉHO FILTRAČNÍHO MÉDIA PRO ÚPRAVU PITNÉ VODY

Ing. Lubomír Macek, CSc., MBA

Aquion s.r.o., Praha 7, lubomir.macek@aquion.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá možnostmi využití nového filtračního materiálu pro úpravu vody. Aquion Aktivované Sklo (AAS) je netečný materiál, který má speciálně upravený povrch. Díky tomu se nečistoty zachycené tímto filtračním médiem snadno odstraňují, nedochází k jejich nalepení na povrch zrn filtračního média, jak to můžeme pozorovat u běžného filtračního písku. Aktivovaný povrch jednotlivých zrn pomáhá přitahovat nečistoty z filtrované vody. Filtrační materiál je odolnější proti otěru. Vyrábí se ve frakcích, které představují přímou náhradu filtračního písku.

V technologii vody se filtrace používá v podobě toku čisté kapaliny vrstvou zrnitého materiálu (iontoměniče, adsorpce), toku málo koncentrované suspenze vrstvou zrnitého materiálu (vodárenská filtrace), či v podobě zachycování suspendovaných látek z koncentrovaných suspenzí na filtrační přepážce (Tuček, Chudoba, Koníček, 1988). Na vodárenskou filtraci pohlížíme jako na fyzikální proces. Ve skutečnosti dochází při filtraci k různým dalším procesům – částice suspenze ulpívají na povrchu filtrační náplně a pokud voda obsahuje bakterie, může docházet k jejich přilepení na filtrační materiál.

Nejčastější zrnitou náplní, se kterou se ve filtraci setkáváme, jsou křemičité filtrační písky. Při návrhu filtrů si tak většinou „hrajeme“ s uspořádáním filtru, způsobem uložení filtračních hlavic či štěrbin, směrem proudění vody, způsobem praní apod. Jednou z možností, jak zvýšit výkon filtru a současně snížit náklady na jeho provoz je použití jiné filtrační náplně. AAS je jednou z možností. Mezi výhody této náplně patří podstatně nižší otěr než u křemičitého písku, chemická netečnost, neboť se jedná o sklo a neposlední řadě vlastnosti aktivovaného povrchu jednotlivých zrn, které umožňují lépe zachytávat částice suspenze a nečistoty z filtrované vody a umožňují snadnější praní filtru. Povrch náplně má navíc samočisticí schopnost. Přínosem aplikace AAS je jeho původ, vyrábíme ho z nápojového skla a tím přispíváme k ochraně životního prostředí.

Markantní rozdíl běžné filtrační křemičité náplně a AAS je u filtrace odpadních vod, kdy AAS má ve filtru pětinasobně delší životnost, déle trvá, než dojde ke kolmataci filtrační náplně. U vodárenské filtrace představuje hlavní výhody AAS také lepší separační schopnosti a snadnější praní filtru.

Pokud je povrch zrn filtrační náplně nabitý elektrostatickým nábojem, dochází k podstatně lepšímu přitahování částice k filtračnímu zrnu. Náboj na povrchu filtračních zrn podstatným způsobem zlepšuje vlastnosti filtračního média. U filtrace vzduchu povrchový náboj až dvojnásobně zvýší efektivitu filtrace, kdy se nemění ostatní parametry (tlakový spád). Nevýhodou je rozsah používaných materiálů (Annayeva, 22009).

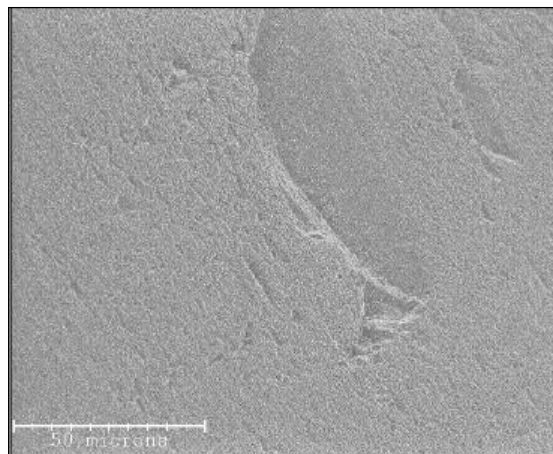
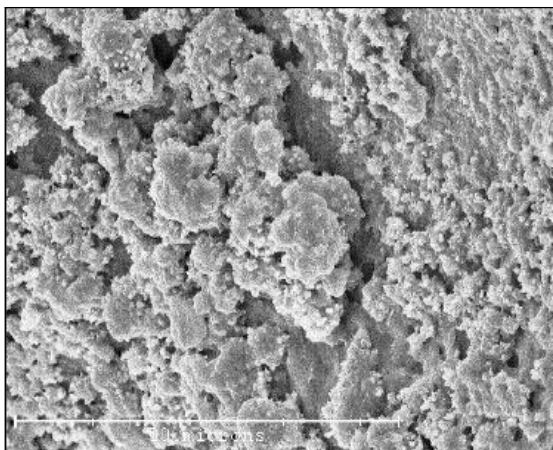
Ke klíčovým oblastem použití filtrace patří (1) odstranění suspendovaných látek, (2) odstranění oocyst, (3) snížení potřeby chlóru a tvorby vedlejších produktů dezinfekce, (4) snížení objemu prací vody, (5) účinnost a (6) obecně snížení investičních nákladů.

Pískové rychlofiltry odstraňují částice až do velikosti 10 μm . Při použití dobré flokulace je možné odstraňovat i částice velikosti jednoho mikrometru i menší. Tohoto výkonu je možné dosáhnout pouze tehdy, je-li voda rovnoměrně distribuována ve filtračním loži a za podmínky, že nedochází ke zkratovému - kanálovému jevu.

Zkratové proudění filtrem

Je nemožné zamezit růstu bakterií na písku, zvláště když je písek výborný substrát pro jejich růst. Dokonce, i když je pískové lože stále proplavováno na 50 %, písek se stane velmi účinným biofiltrem, tedy místem, kde dochází ke značnému nárůstu mikroorganismů. Žádné množství pracího vzduchu a vody pak tento biofilm neodstraní.

Algináty vylučované bakteriemi přilepují bakterie k písku. Problémem je to, že algináty také slepují jednotlivá zrna písku do větších shluků a podporují tak vznik kanálů ve filtračním loži. Po několika měsících či letech (v závislosti na kvalitě a teplotě vody), se algináty stávají pevnějšími a stálejšími. Při teplotě nad 15°C může dosáhnout rychlost růstu – dělení heterotrofních bakterií i 15 minut. Exponenciální růst a tvorba alginátů buď vytvoří pískovým ložem stálé cesty kanálového, zkratového, charakteru nebo dojde k rychlému zvýšení diferenciálního tlaku v rámci filtru. Následně dojde buď ke zhoršení kvality filtrace z důvodu různého proudění ve filtru, nebo zvýšení frekvence praní filtru, nejpravděpodobněji však ke kombinaci obou problémů.

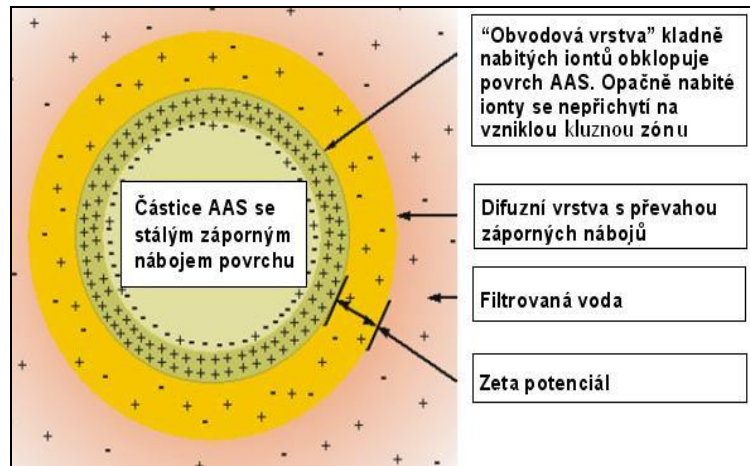


Obr. 1 Pohled na povrch materiálů elektronovým mikroskopem. Povrch písku na levém obrázku je s alginátovým biofilmem. Obrázek ukazující ve stejném měřítku povrch AAS je beze stopy po bakteriích.

Baktérie jsou vítané v pomalých filtrech, ale v gravitačních a tlakových pískových rychlofiltrech jsou hlavní příčinou špatné kvality vody a selhání filtru. Filtrační médium AAS řeší tento problém.

Filtrační médium AAS a odstraňování pevných částic

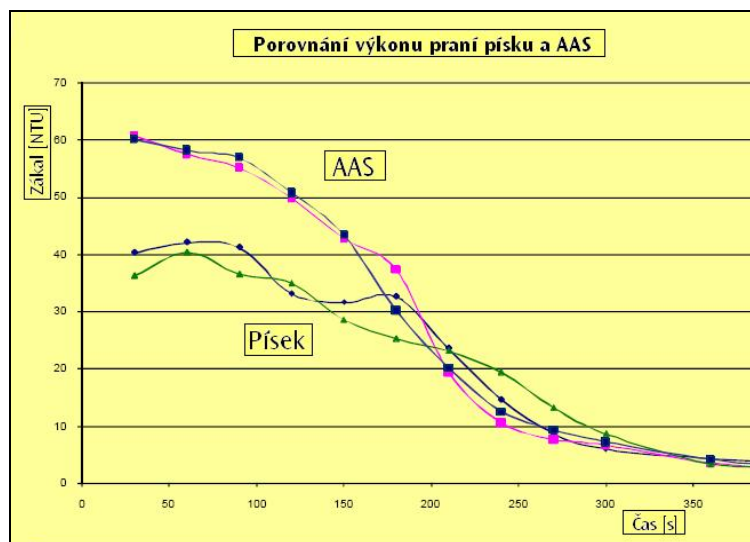
Filtrační médium AAS je aktivní filtrační náplň a je navržena pro výměnu písku ve všech typech rychlofiltrů. Povrch AAS má katalytické vlastnosti a vysoký záporný Zeta potenciál. Aktivní povrchové vlastnosti zabraňují usazení a růstu bakterií. Tím je eliminováno kanálové proudění. Koagulanty a polyflokulanty mají kladný náboj. Po přidání do vody zvyšují Zeta záporný potenciál a suspendovaným částicím dávají kladný náboj. Vysoký negativní Zeta potenciál AAS přitahuje částice a drží je ve filtračním loži. Filtrační médium AAS odstraní nejméně o 30 % víc částic z vody než písková filtrace. Toto tvrzení je dokázáno nezávislými pokusy evropských vodáren.



Obr. 2 Elektrický náboj na AAS

Praní filtru

Vše co se ve filtru zachytí musí být následně odstraněno. Obr. 3 porovnává práci výkon písku a AAS. Graf jasně ukazuje, že se během praní za stejných podmínek z AAS uvolnilo více zachyceného znečištění. Průběh praní AAS je stálejší a opakovatelný, což indikuje ustálené materiálové podmínky náplně AAS. V porovnání s tím praní písku nebylo stabilní a z písku se vypláchno o 30 % méně kalu.



Obr. 3 Porovnání výkonu praní písku a AAS

V pískových rychlofiltrech je část suspendovaných částic přilepena k povrchu písku algináty. Při pokusech o zajištění čistoty pískového média je potřeba agresivní praní vzduchem a prodloužené praní vodou. Pevné částice v AAS jsou zachyceny pouze slabým elektrickým nábojem, který je odstraněn při praní. Dojde efektivněji k uvolnění všech zachycených částic. Díky tomuto jevu je pro vyprání AAS potřeba menší množství vody.

Povrch AAS projevuje v přítomnosti kyslíku katalytickou aktivitu. Část rozpuštěných molekul kyslíku je disociována na povrchu AAS, což zvyšuje oxidační potenciál filtračního média. Povrch AAS díky tomu má samosterilizační účinky. Zeta potenciál vytváří vysokou hustotu náboje, což přitahuje kladně nabitě částice. Kluzná zóna současně zabraňuje částicím přímému kontaktu s povrchem média. AAS díky tomu přitahuje pevné částice, přidržuje je, ale neumožňuje jim přichytit se na povrch média. Samočisticí vlastnosti znamenají, že AAS je stejně vhodné pro čištění odpadních vod jako pro úpravu čistých vod, protože nedojde k biologické kolmataci média.

Produkty reakce chlóru

Chlór se běžně přidává do vody za filtrací. U systémů dvojité filtrace může být chlór aplikován před druhým filtrem. Za těchto podmínek dochází k tvorbě trichloraminů pokud je pH 5 či menší. Dojde k reakci mezi amoniakem a chlórem za vzniku trichloraminů. Biofilm na povrchu pískových zrn je kyselý a je tedy hlavním místem jejich tvorby. V AAS není žádný biofilm, povrch není kyselý a tím nedochází ani k tvorbě trichloraminů.

| | | |
|---|----------|----------------|
| $\text{NH}_3 + \text{HOCl} > \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ | pH = 6-8 | Mono-chloramin |
| $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} > \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | pH = 5-6 | Di-chloramin |
| $\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} > \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | pH < 5 | Tri-chloramin |

Běžné dávky chlóru aplikované před pískovým rychlofiltrem nezajistí dokonalou inaktivaci biofilmu. Dokonce při použití nevhodné dezinfekce na bázi chlóru může dojít k podpoře růstu bakteriálních druhů, které produkují velká množství alginátů jako např. *Pseudomonas spp.* Bakterie vylučují algináty jako ochranný mechanismus, takže přítomnost malých dávek chlóru může zvýšit produkci alginátů a zhoršit situaci.

Gravitační a tlakové pískové rychlofiltry fungují nejen na bázi fyzikálního procesu, ale často dochází k usazování mikroorganismů ve filtrovém loži a filtry se zároveň chovají jako biofiltry. Při vysoké rychlosti protékající vody a režimu praní vyúsťují v nestabilní systém. Bakteriální buňky jsou stále odstraňovány z média. Pokud je erodován nedostatečný podíl bakterií, biofilm se stane nestabilním, vyvinou se anaerobní zóny a je produkován metan a sirovodík. Filtry pak mohou náhle uvolnit shluky bakterií a nečistot zachycených v biofilmu do filtrované vody.

Pískové rychlofiltry odstraňují organické látky a pevné částice z vody, ale jako biofiltry přeměňují živiny ve vodě do bakteriální biomasy, která je následně uvolňována do filtrované vody. Biomasa bakteriálních buněk, algináty a jejich odpadní produkty mohou reagovat s chlórem a přispívat k tvorbě trihalometanů.

Vlastnosti AAS

AAS zrnitosti 1 má objemovou hmotnost až o 10 % až 15 % nižší ($1250\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) než písek. To znamená, že hmotnost materiálu nutného pro vytvoření filtračního lože stejných parametrů jako při použití písku je o 10-15% menší.

AAS lze použít ve vícevrstvých filtračních ložích ve spojení s jinými filtračními médii, které byly schváleny pro použití v pitné vodě, například s aktivním uhlím. Nedoporučujeme použít AAS dohromady s pískem, ledaže je písek použit pouze jako pomocné lože pod AAS zrnitosti 1 a velikost částic je větší než 1,0 mm.

Tabulka 1 Dodávané typy produktu

| | Rozsah velikosti zrn | Barva |
|------------|--|-----------------------|
| Zrnitost 0 | Méně než 5% > 0.5mm Více než 90% 0.25 – 0.5mm Méně než 5% < 0.25mm | Jantarová nebo zelená |
| Zrnitost 1 | Méně než 5% > 1.0mm Více než 90% 0.5 – 1.0mm Méně než 5% < 0.5mm | Jantarová nebo zelená |
| Zrnitost 2 | Méně než 5% > 2.0mm Více než 90% 1.0 – 2.0mm Méně než 5% < 1.0mm | Jantarová nebo zelená |
| Zrnitost 3 | Méně než 5% > 6.0mm Více než 90% 2.0 – 6.0mm Méně než 5% < 2.0mm | Jantarová nebo zelená |

Průtok vody u AAS je stejný jako u pískového filtru. Průtok vody se pohybuje v rozsahu 1 do 15 m³hod⁻¹m⁻² v závislosti na požadovaných výstupních parametrech filtrované vody. Typický průtok vody činí 6 m³.hod⁻¹.m⁻².

Pórovitost sypaného materiálu činí zhruba 0.48-0.54. Pórovitost zhutněného materiálu činí zhruba 0.40-0.46. Hustota sypaného materiálu se pohybuje v rozsahu od 1100 kg.m⁻³ do 1400 kg.m⁻³. Hustota zhutněného materiálu se pohybuje v rozsahu od 1250 kg.m⁻³ do 1650 kg.m⁻³. Absolutní hustota se pohybuje v rozsahu od 2,35 g.cm⁻³ do 2.65 g.cm⁻³.

Průtok vody při praní AAS je podobný jako při praní křemičitého písku. Normální prací průtok vody se pohybuje v rozsahu od 30 do 50 m³.hod⁻¹.m⁻². Nejčastější průtok vody pro praní AAS činí 40 až 45 m³.hod⁻¹.m⁻². Rozpínavost AAS během praní závisí na průtoku vody, velikosti, hustotě, tvaru částic a teplotě vody. Spolu s praním AAS vodou doporučujeme také použít praní vzduchem. Průtok vzduchu se pohybuje v rozsahu 50 až 80 m³.hod⁻¹.m⁻² s typickým průtokem 65 m³.hod⁻¹.m⁻².

Chemické složení je Oxid křemičitý (SiO₂), oxid vápenatý (CaO), oxid sodný (Na₂O) a stopy dalších oxidů.

Tabulka 2 Analýza filtrátu vyluhovaných těžkých kovů provedena organizací

| Kov | Koncentrace kovů µg/l | | Vodou vyluhovatelné kovy | WS(WQ) 2000 µg/l * |
|---------|-----------------------|------|--------------------------|-------------------------|
| | Slepý vzorek | AAS | | |
| Antimon | 1.7 | 1.4 | <0.5 | 5.0 |
| Arsen | <1.0 | >1.0 | <1.0 | 10 |
| Kadmium | 2.6 | <0.5 | <0.5 | 5.0 |
| Chrom | <5.0 | <5.0 | <5.0 | 50 |
| Olovo | <1.0 | <1.0 | <1.0 | 25 (10 od roku 2013) |
| Rtuť | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 1.0 |
| Nikl | <2.0 | <2.0 | <2.0 | 20 |
| Selen | <1.0 | <1.0 | <1.0 | 10 |

*Water Supply (water quality) Regulation 2000

Závěry

Mechanický filtrační výkon gravitačních a tlakových pískových rychlofiltrů může být nestabilní, mikroorganismy, resp. biomasa, mohou pronikat z filtračního lože do upravené vody. Biofilm je odolný proti dezinfekci chlórem a chlornanem. Pokud je chlór použit před filtrem, koncentrace THM a trichloraminů budou podstatně zvýšené. Bakterie také slepují písková zrna, což zvyšuje frekvenci praní a objem vody potřebný pro udržení čistého písku.

Baktérie mohou eventuálně zapříčinit vznik kanálového proudění filtračním ložem, což následně poskytuje možnost průniku oocyst filtrem. Současně filtr uvolňuje do filtrované vody bakterie a organické látky, což zvyšuje koncentrace THM v upravené vodě. V některých případech je přidáván po pískové filtraci do vody amoniak, aby vznikly monochloraminy s cílem zabránit vzniku trihalometanů.

Všechny problémy existující v pískových rychlofiltrech mohou být eliminovány, pokud je zabráněno biologickému znečištění písku. Tento cíl bohužel v úpravnách pitné vody není prakticky snadno dosažitelný. Jendo z možných řešení je použít alternativní filtrační náplň, která aktivně zabraňuje trvalému zachycení mikroorganismů ve filtračním loži. Filtrační médium AAS je první aktivní filtrační médium certifikované pro úpravu pitné vody, které splňuje tyto kritéria. Další možností je využít pro předoxidaci lepší prostředek a tím o něco snížit oživení filtrační náplně.



Obr. 4 a 5 Filtrační médium Aquion AAS

Literatura

Grünwald, A.; Macek, L. a Šrytr, P. (1998): Vodárenství. ČKAIT, 192 stran

Kittner, H.; Starke, W. a Wissel, D. (1985): Wasserversorgung. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin. 5. Vydání, 660 stran.

Annayeva, N. (2009): Filtrační vlastnosti nanovláken vyrobených z taveniny. Semestrální práce. TU Liberec, 16 s.

Tuček, F.; Chudoba, J. a Koníček, Z: (1988): Základní procesy a výpočty v technologii vody. STL Praha, 2. vydání, 633 stran