

Návrh vhodného aktivního uhlí ve vodárenství

Ing. Jaroslav Kopecký, CSc.
Jako, s.r.o.

Pro správný výběr vhodného aktivního uhlí je důležité „rozumět“ parametrům aktivního uhlí, znát faktory ovlivňující odstraňování „polutantů“ a vědět jaké by aktivní uhlí mělo mít vlastnosti pro požadovanou aplikaci.

Co je aktivní uhlí

Aktivní uhlí je vysoce porézní uhlík s mimořádně velkým vnitřním povrchem (ca 400-1500 m²/g) [1]. Je to je soubor grafitových destiček, jejichž vzájemná vzdálenost tvoří vnitřní povrch - **póry**: Rozeznáváme **mikropóry** (< 2 nm), kde se odehrává adsorpce převážně organických látek (lze je přirovnat k parkovištím, kde zaparkujeme - sorbujeme své automobily) a **transportní póry** (makropóry > 50 nm a mesopóry 2-50 nm; lze je přirovnat k dálnicím a silnicím, po kterých jezdí automobily k parkovištím) [2], které umožňují přístup organických molekul k aktivním centrům aktivního uhlí - mikropórum.

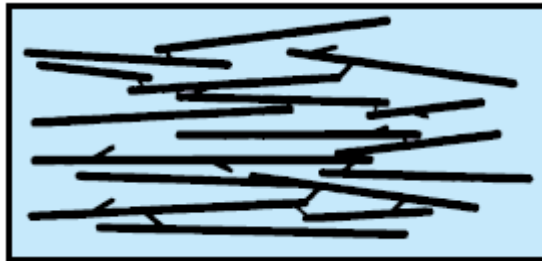
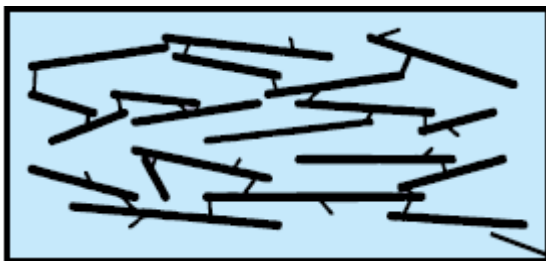
Četnost výskytu **mikropórů a transportních pórů** určuje vlastnosti aktivního uhlí a jeho vhodnost či nevhodnost pro úpravu pitných vod. Pro "**správný**" **poměr mikropórů a transportních pórů** je rozhodující materiál, ze kterého se aktivní uhlí vyrábí. **Struktura aktivního uhlí** vyrobeného z černého uhlí je jiná než struktura aktivního uhlí vyrobeného z jiných materiálů, např. z kokosových skořápek nebo dřeva.

Aktivní uhlí vyrobená z **černého uhlí** mají většinou vhodný poměr mikropórů a transportních pórů, zatímco u aktivních uhlí vyrobených z kokosových skořápek výrazně převažují mikropóry, u aktivních uhlí vyrobených ze dřeva makropóry (obr. 1) [3]. **Aktivní uhlí vyrobená z černého uhlí** jsou většinou mnohem **vhodnější pro aplikace ve vodárenství** než aktivní uhlí vyrobená z kokosových skořápek, která i při vyšším jodovém čísle a celkovém povrchu mají nižší sorpční schopnost, což se obvykle projevuje nižší účinností a životností [4].

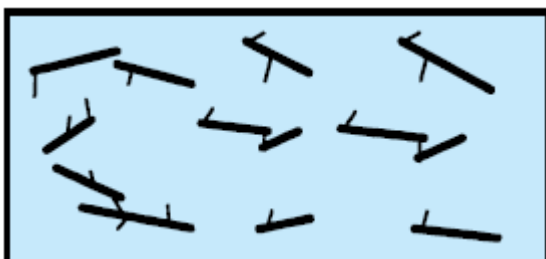
Obr. 1: Aktivní uhlí vyrobená z a) černého uhlí, b) kokosových skořápek, c) dřeva

a) surovina: černé uhlí

b) surovina: kokosové skořápky



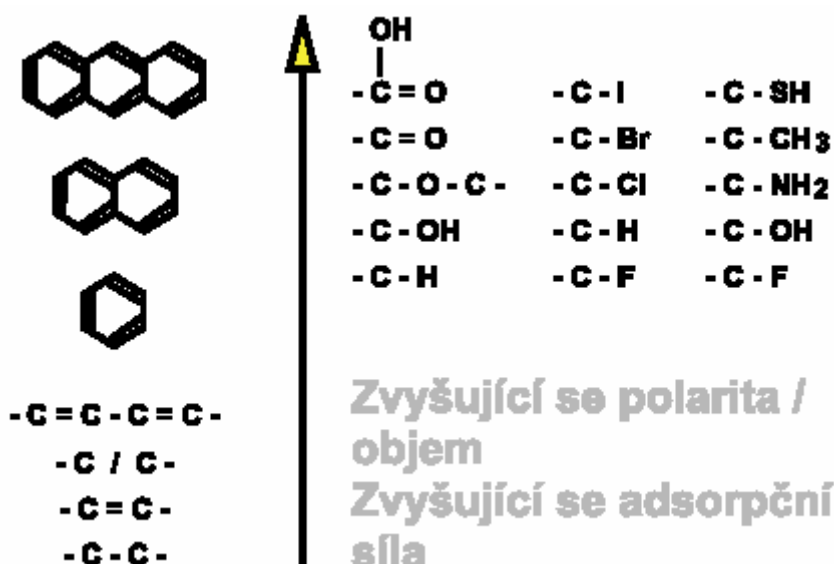
c) surovina: dřevo



Faktory ovlivňující adsorpci

Všechny látky jsou do určité míry adsorbovatelné. Nejlépe adsorbovatelné látky jsou organické sloučeniny a anorganické látky s větší molekulovou hmotností (rtuť, jód). Adsorbovatelnost látek obecně stoupá se vzrůstající molekulovou hmotností, polaritou molekul, počtem dvojných vazeb a funkčních skupin (obr. 2).

Obr. 2: Adsorpční síly organických sloučenin



Typy aktivního uhlí

Podle tvaru a velikosti dělíme aktivní uhlí na práškovou, granulovanou (zrněná), extrudovanou (válečkovou) a tkaninovou. Pro kontinuální úpravu pitných vod se převážně používají granulovaná (zrněná) aktivní uhlí (GAU), pro nárazové odstraňování organických polutantů prášková aktivní uhlí (PAU). Extrudovaná (válečková) a tkaninová aktivní uhlí se obvykle používají pro čištění plynné fáze.

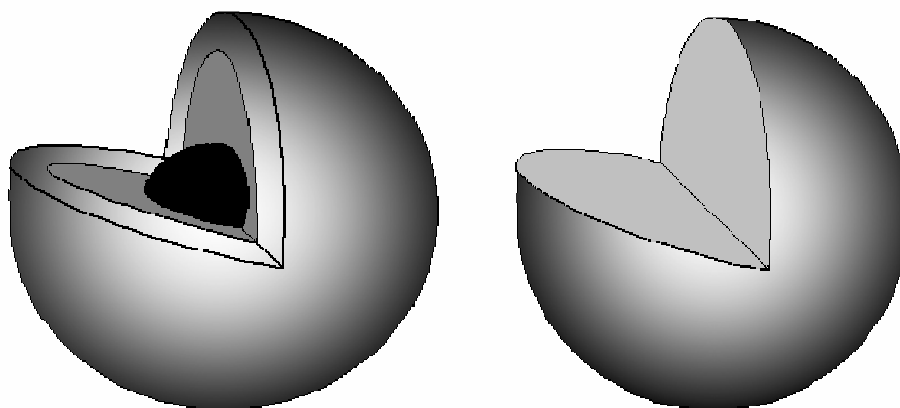
Výroba aktivního uhlí

Většina granulovaných (zrněných) AU je vyráběna "přímou aktivací" (direct activated carbons). Při druhém způsobu výroby je zařazen stupeň "aglomerace" (agglomerated activated carbons). Platí např. pro celou řadu Filtrasorb (Chemviron Carbon). Tento způsob výroby "umí" pouze několik celosvětově působících firem, které disponují technologií pro takovou výrobu.

Výhody aglomerovaných aktivních uhlí jsou následující:

- zrna aktivních uhlí jsou celá aktivována, nezůstává tvrdé neaktivované jádro (obr.3)
- aktivní uhlí se rychleji smáčí a obsahuje výrazně méně plovoucích částic, což v důsledku přináší menší ztráty při praní (jako příklad uvádím aktivní uhlí Filtrasorb TL 830, kdy ztráty při téměř 4-letém provozu v Brně-Pisárkách byly menší než 1%, což je vynikající výsledek (svůj podíl má výborná tvrdost aktivního uhlí a pečlivá obsluha)
- vyšší účinnost nového i reaktivovaného aktivního uhlí
- vhodnější pro reaktivaci
- výrazně vyšší životnost zejména pro chlorované uhlovodíky a pesticidy a zlepšování organoleptických vlastností pitné vody

Obr.3: Přímou aktivovaná a aglomerovaná aktivní uhlí



přímou aktivovaná aktivní uhlí

aglomerovaná aktivní uhlí

Návrh aktivního uhlí (AU)

Důležitými parametry jsou **kontaktní doba** a **lineární rychlost** proudění upravované vody [3]. Tyto parametry charakterizují rovnice (1) a (2).

$$(1) \text{ Kontaktní doba [min]} = \text{Objem AU [m}^3\text{]} * 60 / \text{průtok [m}^3\text{/h]}$$

$$(2) \text{ Lineární rychlost [m/h]} = \text{průtok [m}^3\text{/h]} / \text{průřez [m}^2\text{]}$$

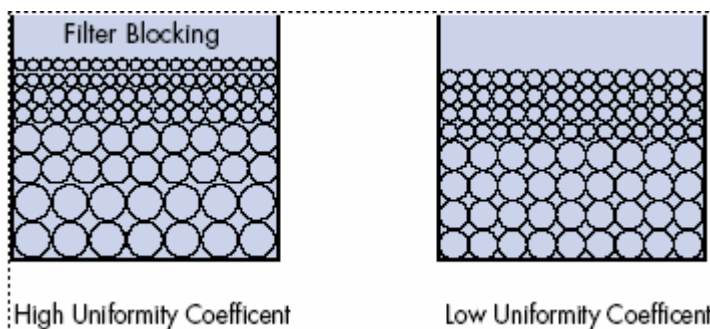
Z rovnice (1) lze při známém průtoku a odhadu vhodné kontaktní doby spočítat **objem aktivního uhlí**. V tabulce 1 jsou uvedeny přibližné kontaktní časy a doba životnosti aktivního uhlí. Tyto hodnoty zhruba platí pro aktivní uhlí řady Filtrasorb (výrobce Chemviron Carbon, tj. aglomerovaná aktivní uhlí vyrobená z černého uhlí).

Tab. 1: Kontaktní doby a životnost aktivního uhlí pro různé aplikace

	Kontaktní doba [min]	Životnost [roky]
Zlepšování organoleptických vlastností	6 – 12	2 – 4
Odstraňování pesticidů	10 – 15	1 – 3
Odstraňování humnových látek & trihalomethanů	15 – 30	1.5 – 3
Odstraňování chlorovaných uhlovodíků	10 – 20	0.5 – 1.5
Dechlorace	4 – 8	1 – 2

Dalším důležitým parametrem je **koeficient stejnoměrnosti** (uniformity coefficient, obr. 4), který je indikátorem distribuce velikosti částic aktivního uhlí. Čím je hodnota nižší, tím je podíl velikosti největších a nejmenších částic menší. Tento parametr má význam pro výběr aktivního uhlí pro konverzi pískových filtrů, tj. náhradu filtračních písků (a filtračních uhlí) aktivním uhlím (obr. 5). Aktivní uhlí používaná pro druhý filtrační stupeň po pískové filtraci mají koeficient stejnoměrnosti ca 1.7-2.0, zatímco aktivní uhlí používaná pro jedноступňovou filtraci (konverzi pískových filtrů) mají koeficient stejnoměrnosti ca 1.4 (obr. 4) [5].

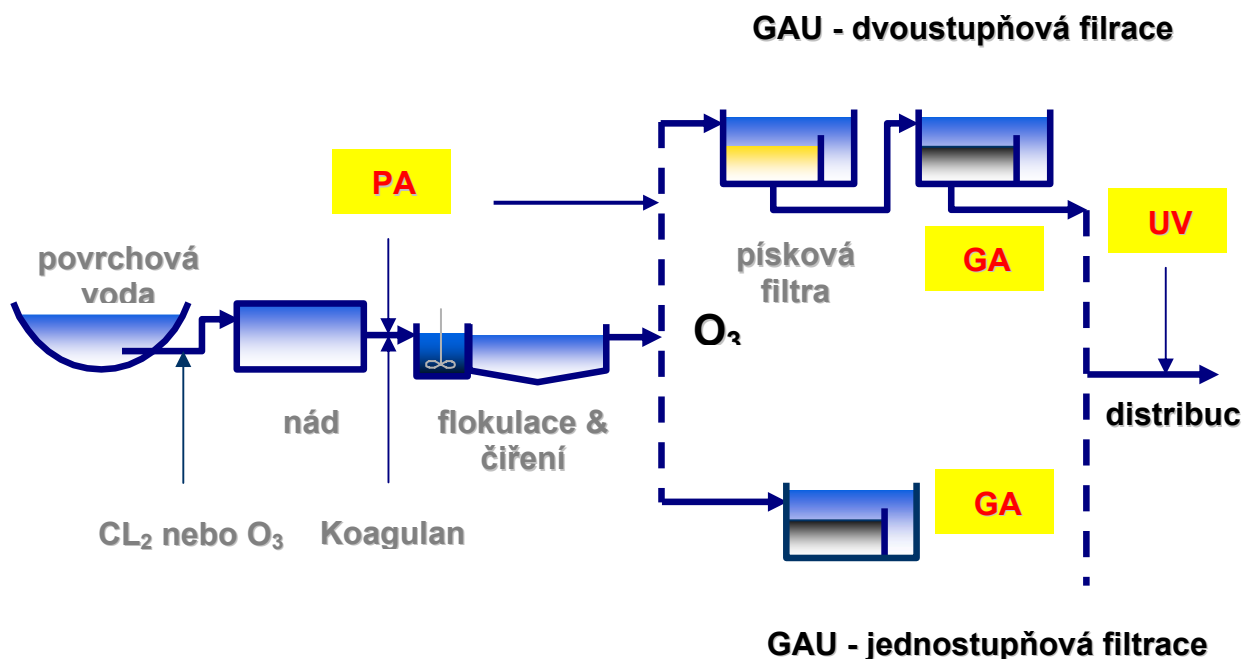
Obr. 4: Vysoký a nízký koeficient stejnoměrnosti



Mechanická odolnost, tj. nízký **otěr** (abrasion) a vysoká **tvrdost** (hardness) jsou důležité pro minimalizaci vzniku prachových podílů při dopravě, uvedení filtru naplněných aktivním uhlím do provozu, praní vzduchem a/nebo vodou a reaktivaci vyčerpaného aktivního uhlí [5].

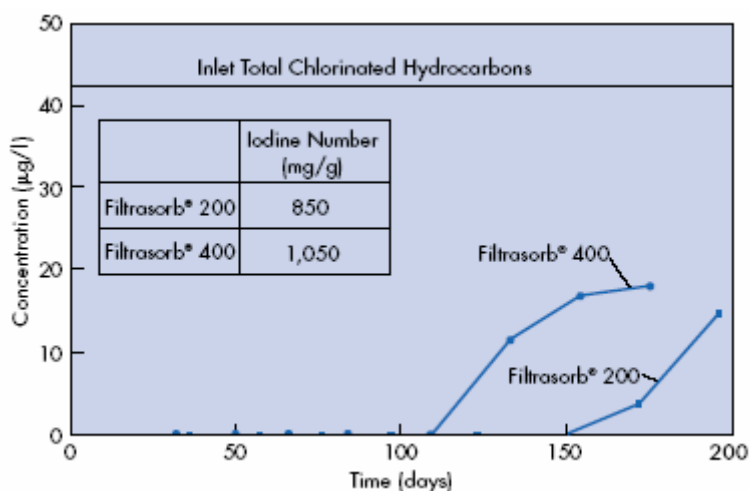
Reaktivací rozumíme odběr aktivního uhlí v úpravně vody, transport do reaktivačního centra závodu, vlastní reaktivaci prováděnou zahříváním na různé teploty, doplnění úbytku aktivního uhlí při reaktivaci novým aktivním uhlím, transport zpět k zákazníkovi a naplnění do filtrů.

Obr. 5: Příklady použití aktivního uhlí při úpravě povrchové vody



Specifickou skupinou aplikací je **odstraňování chlorovaných uhlovodíků**. Zde platí, že výběr vhodného aktivního uhlí je podmíněn buď praktickou zkušeností nebo dlouhodobým testováním. **Výběr podle papírových parametrů jodové číslo a celkový povrch zcela selhává.** Na obr. 6 je ukázáno, že aktivní uhlí vyrobené ze stejného materiálu (černé uhlí), od téhož výrobce (Chemviron Carbon) a stejným způsobem výroby (aglomerovaná aktivní uhlí) mají opačnou životnost než bychom očekávali. Aktivní uhlí Filtrasorb 200, které má nižší jodové číslo než typ Filtrasorb 400, má delší životnost [5].

Obr. 6: Odstraňování chlorovaných organických látek



Závěrem bych chtěl zdůraznit, že pro správný výběr aktivního uhlí je vždy potřebné vycházet z dané aplikace a vlastností jednotlivých typů aktivního uhlí. Chybí-li dostatečné znalosti, je nutné je získat experimentálně, tj. dlouhodobým testováním.

Literatura

- [1] K. Cíahotný: Vlastnosti, výroba a použití uhlíkatých sorbentů, VŠCHT, Praha, 1995.
- [2] A. Capelle, F. de Vooy: Activated carbon ... a fascinating material. Norit N.V., Amersfoort, 1983.
- [3] Granular Activated Carbon for Drinking Water Treatment. Chemviron Carbon
- [4] B. Pinker, W.D. Henderson: The Influence of Raw Material on the performance of Granular Activated Carbon Used for the Treatment of Potable Water, Proceedings of Journées Informations Eaux, Portiers, France, September 18-20, 1996.
- [5] Characterisation of Activated Carbon. Chemviron Carbon
- [6] B. Pinker, W.D.: Význam reaktivace granulovaného aktivního uhlí používaného pro úpravu pitné vody. Vodní hospodářství 47 (5), 166-168, 1997.

Ing. Jaroslav Kopecký, CSc.

Jako, s.r.o.

Družstevní 72

250 65 Líbeznice

tel.: 283-981-432, -128

tel.: 603-416-043

fax: 283-980-127

email: jako@jako.cz

web: www.jako.cz