

# Ověření a vyhodnocení technologií pro terciární dočištění komunálních odpadních vod

## DOKUMENTACE K PILOTNÍ ULTRAFILTRAČNÍ JEDNOTCE

VÝSTUP B3D1 PROJEKTU LIFE2WATER  
DELIVERABLE B3D1 OF LIFE2WATER  
PROJECT

BŘEZEN 2016

[www.life2water.cz](http://www.life2water.cz)

## 1. ÚVOD

Ultrafiltrace je tlaková membránová technologie využívající polopropustné membrány jako separačního elementu a gradientu tlaku jako hnací síly transportu vody přes membránu. Membrána je charakterizována účinností rozdělení transportovaných částic a množstvím převedené látky (permeabilitou). Čím menší je velikost pórů membrány, tím se zvyšuje odpor membrány vůči přenosu hmoty a je nutné aplikovat vyšší tlak pro dosažení stejného průtoku permeátu. Ultrafiltrační membrány jsou vzhledem k velikosti pórů, které se pohybují v rozmezí přibližně 1 nm až 0,1  $\mu\text{m}$ , schopny odstranit zákal, bakterie, látky s molekulární hmotností větší než cca 20 kDa a většinu virů a to při konstantní kvalitě bez ovlivnění změnami ve složení nátokové vody.

Potřebný pracovní tlak je nízký, přibližně 30-500 kPa. Ultrafiltrace je optimální membránový proces – při mikrofiltraci není separační efekt výrazný a při nanofiltraci dochází k separaci žádoucích látek a pracovní tlaky jsou výrazně větší, což se promítá v nákladech. Protože samotné ultrafiltrační membrány nezachycují nízkomolekulární látky, je filtrace kombinována adsorpcí na aktivním uhlí a koagulací. Kromě samotného zlepšení účinnosti odstranění nežádoucích látek má tato kombinace pozitivní vliv na zanášení membrán.

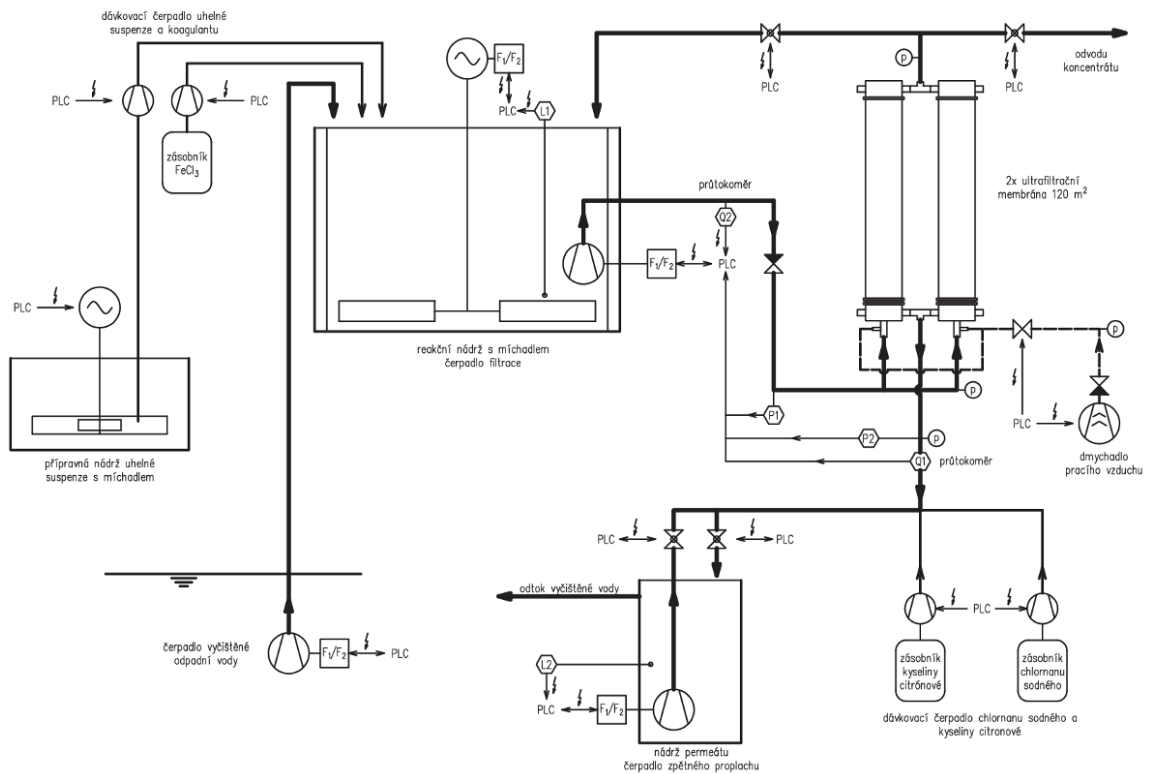
## 2. USPOŘÁDÁNÍ POLOPROVOZNÍ ULTRAFILTRAČNÍ PILOTNÍ JEDNOTKY

Základními komponenty poloprovozní ultrafiltrační testovací jednotky:

- čerpadlo odpadní vody;
- reakční nádrž s míchadlem;
- dávkovací čerpadlo koagulantu;
- přípravná nádrž uhelné suspenze s míchadlem a dávkovacím čerpadlem;
- čerpadlo filtrace a ultrafiltrační moduly;
- nádrž permeátu a čerpadlo zpětného proplachu;
- dávkovací čerpadla chemického proplachu a dmychadlo pracího vzduchu;
- trubní rozvody; a
- měření, řízení a elektroinstalace.

Schéma zapojení všech komponent jednotky je uvedeno na následujícím obrázku (obr. 1).

Čerpadlo odpadní vody slouží k čerpání biologicky vyčištěné odpadní vody ze železobetonové zásobní jímky automatické tlakové stanice užitkové vody. Je dimenzováno na maximální průtok nejméně 3  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$  a maximální výtlak rovný nejméně geodetické výšce (cca 3,5 m) zvětšené o hydraulické ztráty ve výtlaku (max 4 m), tzn. celkem 7,5 m. Čerpadlo odpadní vody je ponorné a je osazeno v jímce s biologicky vyčištěnou odpadní vodou. Pro zabránění poškození některých komponent pilotní jednotky je čerpadlo osazeno do sacího koše. Čerpadlo je v litinovém provedení a mechanickou SiC/SiC ucpávkou. Výtlak čerpadla je pohyblivým výtlakem veden do kontaktní nádrže. Čerpadlo je řízeno frekvenčním měničem z PLC umožňující nastavit požadovanou hladinu vody v kontaktní nádrži.



**obr. 1 Schéma pilotní ultrafiltrační jednotky**

V reakční nádrži dochází k reakci aktivního uhlí se znečištěním (tzn. k adsorpci) a tím snížením jeho koncentrace. Hydraulická doba zdržení v reakční nádrži je závislá na nastavené výšce hladiny a na průtoku vody v režimu filtrace. Při průtoku vody  $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  a maximální náplni reakční nádrže je hydraulická doba zdržení v reakční nádrži cca 50 minut.



**obr. 2 Reakční nádrž s míchadlem**

Do reakční nádrže vyrobené z nerezové oceli je vyústěn výtlač čerpadla odpadní vody a výtlačky dávkovacích čerpadel uhlé suspenze a chloridu železitého. V nádrži je dále



umístěno čerpadlo filtrace, plovákové spínače, hydrostatický hladinoměr a míchadlo umístěné na nosné lávce. Z vnitřní části stěny nádrže jsou umístěny tři rozrážeče proudu sloužící k zajištění lepšího promísení objemu nádrže. Výtlak čerpadla odpadní vody je zaústěn v úrovni hrany nádrže tak, aby nedocházelo ke zpětnému proudění vody při zastaveném čerpadle.

Dávkovací čerpadlo koagulantu složí k dávkování chloridu železitého do reakční nádrže za účelem zlepšení filtračních vlastností membránového modulu a dále za účelem podpory odstraňování znečištění.

Přípravná nádrž uhelné suspenze je vyrobena z polypropylenu s výztuží z nerezového čtvercového profilu na horní hraně nádrže. Je kruhového půdorysu a je nepřetržitě míchána turbínovým míchadlem. Na nosné konstrukci míchadla je umístěn rozrážeč. K dávkování uhelné suspenze je použito hadicové čerpadlo.

Čerpadlo filtrace je umístěno v reakční nádrži a slouží primárně k dopravě směsi biologicky vyčištěné odpadní vody s aktivním uhlím a koagulantem do membránových modulů. Vlivem přetlaku je voda filtrována přes membránu a odtéká do nádrže permeátu. V režimu praní membrán vodou čerpadlo slouží zároveň jako čerpadlo prací vody. Čerpadlo je dimenzováno na průtok minimálně  $3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a dopravní výšku danou odporem membrány (max. 9 m v. sl.). Čerpadlo je řízeno frekvenčním měničem z PLC dle provozního programu.



**obr. 3 Rám ultrafiltrace: pohled na skříň rozvaděče (vlevo) a membránové moduly (vpravo)**

Trubní rozvody v pilotní jednotce slouží především k dopravě vody, ale i k dopravě stlačeného vzduchu. Chemikálie (roztok chloridu železitého, kyseliny citronové, chlornanu sodného a uhelná suspenze) jsou v pilotní jednotce rozvedeny hadičkami z PVC (pro uhelnou suspenzi a chlornan sodný) a hadičkami z VMQ silikonu (ostatní chemikálie).



**obr. 4 Rám ultrafiltrace: pohled na nádrž permeátu (vlevo) a na rozvody a armatury (vpravo)**

V pilotní jednotce je měřeno několik veličin (výšky hladiny, průtoky a tlaky na vybraných místech). Veškeré měřené veličiny jsou sledovány PLC a ve zvoleném časovém intervalu jsou ukládány do paměti. Z důvodu vyhodnocení ekonomiky provozu je monitorována spotřeba elektrické energie celé pilotní jednotky a zvláště pak i spotřeba čerpadla odpadní vody.

V rámci měření je dále v pilotní jednotce instalován automatický odběrač vzorků. První odběrač je instalován u jímky s ponorným čerpadlem, ze které je odebírán vstupní vzorek. Druhý odběrač odebírá vzorek z výstupu pilotní jednotky.

Chod všech strojů a zařízení je řízen pomocí PLC na základě programu v něm uloženém. V rámci programu je definován automatický a ruční provoz. V automatickém provozu je definováno celkem pět po sobě jdoucích fází:

- fáze plnění: nastává při prvním spuštění, nebo po zpětném proplachu s dávkováním chemikálií a slouží buď jako časová rezerva k zaplnění membránového modulu, nebo k reakci chemikálií.
- fáze filtrace: během této fáze dochází k čerpání směsi z reakční nádrže přes membrány do nádrže permeátu;
- fáze praní vzduchem: během této fáze dochází ke vhánění vzduchu do membránového modulu a k uvolnění nečistot na povrchu vláken;
- fáze praní vodou: v této fázi jsou proudem vody odstraněny další nečistoty a odvedeny nečistoty uvolněné během fáze praní vzduchem;
- fáze zpětného proplachu: během fáze dochází k čerpání permeátu zpět do reakční nádrže přes membránové moduly.

U každé fáze je možné nastavit dobu jejího trvání, maximální tlaky na membráně, průtoky jednotlivých vody ve vybraných uzlech, dávky chemikálií, atd.

Pilotní jednotka je celá napájena z centrálního rozvaděče, který obsahuje měření elektrické spotřeby, jištění jednotlivých komponent, frekvenční měniče vybraných pohonů, PLC a další obvody potřebné pro zajištění chodu pilotní jednotky.

### **3. ZÁVĚR**

Tato zpráva je souhrnem výstupu B3d1 projektu LIFE2Water (LIFE13 ENV/CZ/000475, Ověření a vyhodnocení technologií pro terciární dočištění komunálních odpadních vod). Ve zprávě je popsána pilotní ultrafiltrační jednotka a její komponenty. Pilotní ultrafiltrační byla vyrobena a zprovozněna v lokalitě ČOV Brno-Modřice. Pro více informací o projektu a jeho výstupech kontaktujte prosím příjemce projektu.