

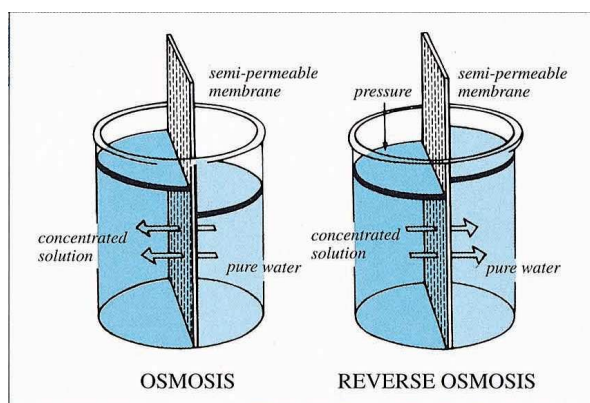
REVERZNÍ OSMÓZA – NEJEN PROBLÉMOVÁ TECHNOLOGIE ÚPRAVY PITNÉ VODY

Ing. Karel Slavík

Culligan Praha s.r.o., divize Průmyslové úpravy vod, K Šancím 50, 163 00 Praha 6 –
Řepy, praha@culligan.cz, www.culligan.cz

Reverzní osmóza (RO) jako technologie úpravy vody byla v poslední době zprofanována některými firmami, šířícími malé „stolní“ RO jednotky do domácností. V hladové honbě za ziskem byly (a jsou stále?) opomíjeny základní pravidla pro užití této technologie a možné dopady na zdraví uživatelů. Vzvedla se tak vlna oprávněné kritiky pracovníků orgánů hygienické služby i odborné veřejnosti a došlo k prezentaci názoru o naprosté škodlivosti RO jako takové. Tento negativní náhled však degraduje často RO u lokálních pracovišť hygienické služby a tím často připravuje některé provozovatele vodovodů a úpraven vody někdy i o jedinou možnost, jak získat kvalitní pitnou vodu, navíc i velmi ekologicky šetrným způsobem. Proto bychom chtěli takto předestřít alespoň základní minimum o této technologii, jejích výhodách i nevýhodách.

V krátkosti je princip RO založen na osmotickém jevu, který by se dal stručně demonstrovat tak, že rozdělíme nádobu hermeticky těsně na dvě části polopropustnou membránou (propouští jen molekuly rozpouštědla, nikoliv ionty rozpuštěných solí). Do jedné části vlijeme čisté rozpouštědlo (zde voda), do druhé části roztok rozpustné soli (obr. 1). Jelikož příroda má vždy snahu o dosažení rovnováhy, nastává pohyb molekul rozpouštědla přes membránu směrem do roztoku soli – vlastně snaha roztok zředit. V části roztoku začne narůstat tlak až do ustálení na hodnotu tzv. osmotického tlaku, který je dle známého fyzikálně – chemického vztahu úměrný počáteční koncentraci roztoku. Rovnováhu lze však zvrátit a překonáním rovnovážného osmotického tlaku se mechanismus jevu obrátí. Dojde k zahušťování roztoku soli.



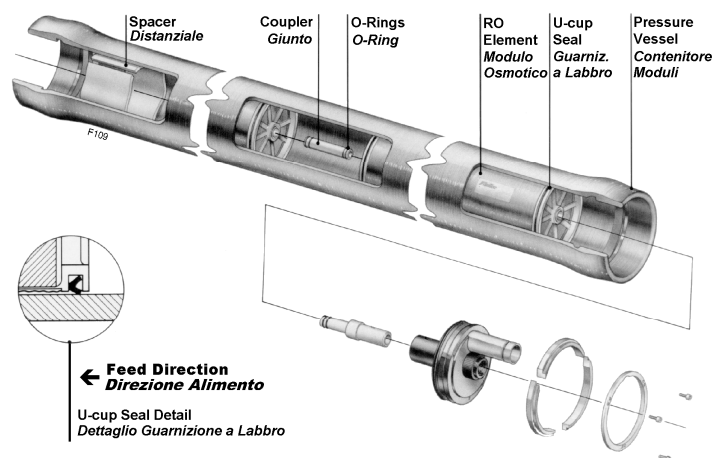
Obr. 1. Princip reverzní osmózy

Tuto informaci bychom chtěli zaměřit spíše na praktickou problematiku, teoretickými aspekty povahy fyzikálně-chemické se zde nebudeme dále zabývat.

Pro praktické využití byly léty výzkumů vyvinuty různé typy polopropustných membrán, Konstrukčně je lze rozdělit nejhruběji do dvou typů:

- 1) Dutá vlákna (princip vyvinutý fi. Du Pont)
- 2) Ploché membrány prokládané odvodňovací vložkou svinuté do svitků s obrovským vnitřním povrchem. Mechanickým uspořádáním při výrobě se tak střídají oddělené části

koncentrát – permeát (protlačená voda – produkt). Takto svinuté membránové moduly jsou zasunuty do tlakového pláště, do kterého je z jedné strany přiveden vstupní roztok o vysokém tlaku a z druhé strany se odvádí proud koncentrátu a proud permeátu (obr. 2).



Obr. 2. Membránový modul

RO modul se dá označit za „nejemnější sítko“, zcezuující rozpuštěné ionty. V dimenzích řádově mikrometry dochází při povrchu membrány k obrovskému nárůstu koncentrace daného roztoku. A zde je prapůvod provozních problémů při praktických aplikacích RO. Veškeré ionty solí, které při tomto zakoncentrování mohou přestoupit mez danou součinem rozpustnosti vypadnou na povrchu membrány nebo v jejím těle jako nerozpustný inkrust. Především se jedná o kationty Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} ; anionty CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , F^- . Všechny tyto ionty a sloučeniny mohou způsobit zanesení povrchu inkrustem a jeho mechanické ucpání. Především železité inkrusty mohou krystalovat uvnitř těla membrány a narušovat její vláknitou strukturu. Výsledkem je pak větší porozita RO membrány a propouštění většího množství iontů rozpuštěných solí. Dochází postupně k nevratnému ničení membrány. Velmi důležitý je i výskyt organických látek, především koloidního charakteru. Ty sedimentují a koagulují na povrchu membrány a vytvářejí nepropustný film, který blokuje průtočnost RO membrány a tak výkon celého zařízení. Strukturu RO membrány dále narušují silná oxidační činidla, především volný chlór. Z toho vyplývá nutnost pečlivé a účinné předúpravy vstupní vody. Pro spolehlivý provoz celé technologie RO je nutno předupravit vstupní vodu následujícími postupy:

- 1) Stabilizace vápenatouhličité rovnováhy – změkčením, úpravou pH dávkováním kyseliny nebo dávkováním sekvestračního přípravku (chemická stabilizace tvrdosti)
 - 2) Mikrofiltrace (alespoň s účinností 5 mikronů a vyšší)
 - 3) Dechlorace (filtrací přes aktivní uhlí, nebo dávkováním roztoku pyrosiřičitanu sodného)
 - 4) Odželeznění a odmanganování
 - 5) Koagulační filtrace nebo čiření + filtrace pro případ výskytu organických koloidů
- Důležitý je také obsah barya a křemíku.

Pro sledování a provoz technologie RO jsou důležité následující hodnoty:

- a) Stupeň konverze – udává defakto poměr mezi rozdělení množství mezi permeát a koncentrát (tj. vlastně zahuštění). Vyjadřuje se následovně:

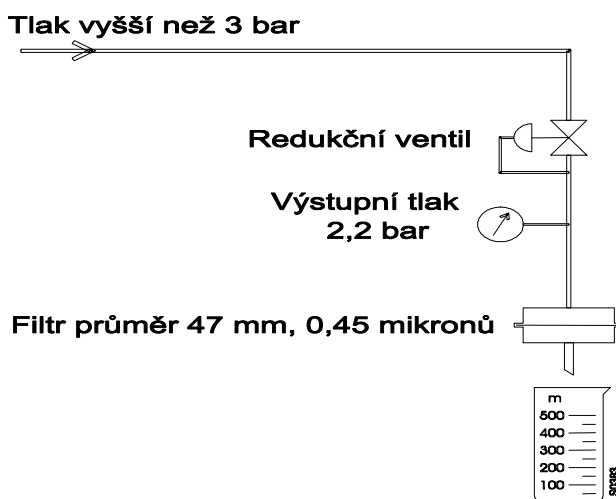
$$SK = \frac{\text{Množství permeátu}}{\text{Množství vstupní vody}} \times 100$$

Hodnoty SK se pohybují v praxi běžně v rozmezí 50 – 85%, nejčastěji 65 – 75% (značí tedy procento výtěžnosti permeátu).

- b) SDI index – ukazatel koloidního a mechanického znečištění vstupní vody. Stanovuje se na speciální soupravě, obsahující malý membránový mikrofiltr a redukční ventil (viz obr.3). Používá se nitrocelulózová filtrační membránka s porozitou 0,45 mikronu. Změří se čas, za který při přesném tlaku 2,2 bar nateče 500 ml filtrátu (T1). Poté se nechá volně protékat filtrem voda po dobu 15 minut (T). Pak se znovu změří čas, za který nateče 500 ml filtrátu (T2).

$$S.D.I. = \frac{1 - \frac{T_1}{T_2}}{T} \times 100$$

Provoz RO je bezpečný, je-li SDI maximálně 3,0.



Obr. 3. Souprava pro stanovení SDI

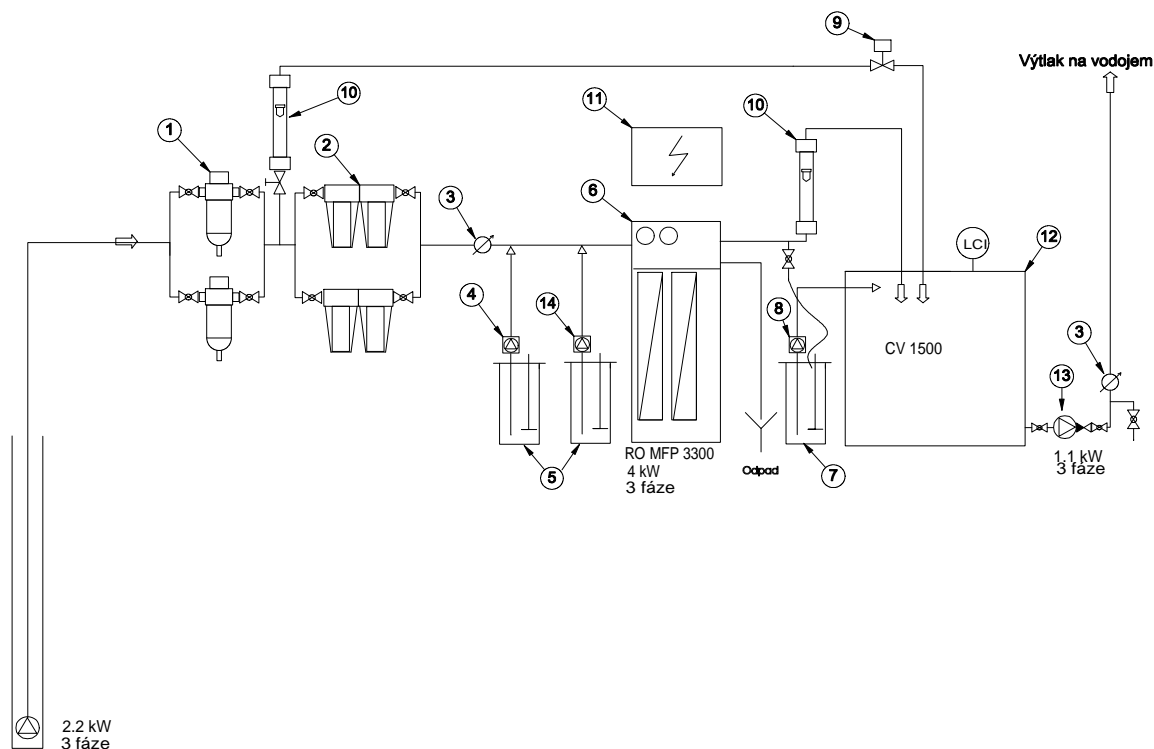
RO moduly se dosahuje odsolení 95 – 99% původní salinity. Obecně ionty s menším efektivním poloměrem pronikají do permeátu lépe (např. NH_4^+ , NO_3^- , ...).

Využití RO pro úpravy pitných vod

Právě stupeň odsolení, poskytující defakto destilovanou vodu trochu horších parametrů byl a je důvodem, proč nelze doporučit RO jako koncovou doúpravu jakéhokoliv zdroje vstupní vody k pitným účelům především malými domácími stolními RO. Zdravotní dopad takovéto vody byl zmapován a popsán pracovníky Státního zdravotního ústavu. Nicméně jsou však takové zdroje, kde vzhledem k celkovému zasolení atd. je tato metoda jedinou možnou pro získání vody příznivého složení. Kupříkladu jedná-li se o zdroj podzemní vody s vyšší solností, tvrdostí a vysoce nadlimitním obsahem dusičnanů, nelze většinou jednoduše aplikovat odstranění dusičnanů iontovou výměnou. V případě, že je iontoměnič provozován v chloridovém cyklu dojde v upravené vodě i při různých poměrech k překročení hodnoty 100 mg/l u chloridů. Jsou zde i možnosti použít ionexu v cyklu chlorido – hydrogenuhličitano – síranovém. To však je možné jen pro malý zdroj, nebo stolní filtr. Cena regenerantů a složitost provozu by pak posunula cenu vyrobené pitné vody do nereálných hodnot. Dalším kritériem pro volbu RO může

být malá kapacita recipientu pro vypouštění odpadních zasolených vod z regenerace ionexů. Často je u malých zdrojů úprava v místě, kde je recipient minimálního (až žádného) průtoku. A právě v takovýchto případech přichází RO jakožto nevhodnější technologie. Vždy je však třeba mít na paměti, že se bude mísit permeát z RO s neupravenou vodou na poměr, který splňuje veškeré požadavky Vyhl. 252/2004 a 409/2005.

Takovéto úpravy vod byly již v praxi realizovány, základním požadavkem orgánů hygienického dozoru pak bývá dodržení minimálně mezných hodnot obsahu vápníku a hořčíku. Pěkným příkladem může být například úprava vody pro obec Koldín ve východních Čechách. Schéma zapojení viz obr. 4, tabulky rozborů viz tab. 1.



Obr. 4. Technologické schéma

Legenda: 1 – samočisticí předfiltry, 2 – jemné filtry 5 mikronů a aktivní uhlí, 3 – impulsní vodoměr, 4 – dávkování sekvestrantu, 5 – zásobník, 6 – RO jednotka Culligan MFP 3300, 7 – zásobník NaOCl, 8 – dávkovač NaOCl, 9 – elektroventil, 10 – plovákový průtokoměr, 11 – rozvaděč, 12 – nádrž 1500 litrů, 13 – čerpadlo na vodojem, 14 – dávkování kyseliny

Z tohoto názorného příkladu a přiložených rozborů je vidět, že uživatel získal kvalitní pitnou vodu poměrně vyváženého složení. V místě byl k dispozici recipient s minimální průtočností Q_{355} . Koncentrát jen málo ovlivňuje svou solností jeho složení, provoz je tak v nejvyšší možné míře ekologický a cena upravené vody je velmi rozumná i přes počáteční vyšší investici.

Na tomto příkladu je možno jasně demonstrovat myšlenku a moto tohoto článku – reverzní osmóza není jen problémová technologie produkující zdraví ohrožující destilovanou vodu. V rukou odborníků na úpravy vod se stává výkonným pomocníkem s možnostmi, které jiné technologie buď nejsou schopny nabídnout, nebo za cenu drastických chemických postupů a spotřeb chemikálií (demineralizace na ionexech), defakto nevhodných pro pitné vody a značně neekologických.