

# Zero Liquid Discharge nejen v povrchových úpravách

Ing. Pavel Kovanda jr., Ing. Marie Šťastná, KOVOFINIŠ s.r.o.

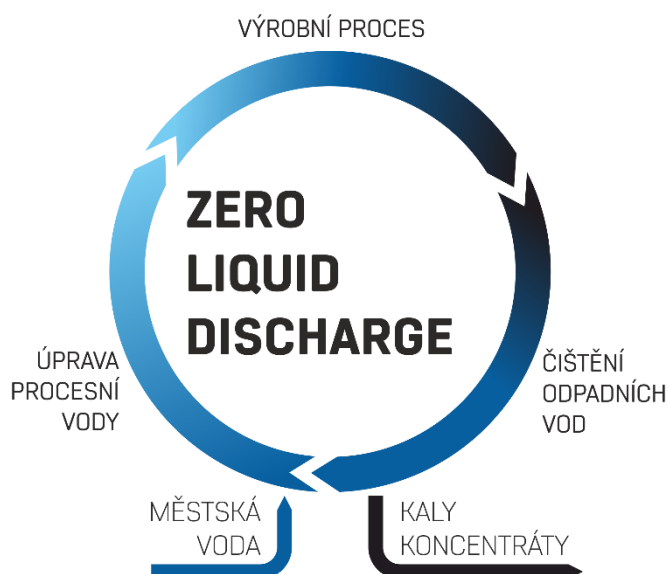
[www.kovofinis.cz](http://www.kovofinis.cz)

## Souhrn

V textu seznamujeme čtenáře s konceptem uzavřených systémů odpadních vod (Zero Liquid Discharge). Popisujeme výhody využití uzavřeného systému a způsob jakým se systém navrhuje. V závěru popisujeme systém jako celek a jeho jednotlivé komponenty.

## Zero Liquid Discharge nejen v povrchových úpravách

Novým trendem v oblasti zpracování odpadních vod jsou uzavřené systémy procesní vody označované zkratkou ZLD (Zero Liquid Discharge). Systém ZLD můžeme obecně definovat, jako proces maximálního opětovného získání procesní vody z odpadní vody. Znečištění z odpadní vody je zakoncentrováno do co nejmenšího množství odpadu a získaná čistá voda je využita zpět do výrobního procesu.



Systém ZLD dává ekonomický a ekologický smysl především tam:

- kde se používají velké objemy procesní vody vysoké kvality
- kde je nedostatek zdrojové vody
- kde je problém s vypouštěním odpadní vody
- kde se zakoncentrovaný odpad stává surovinou a lze jeho obsah plně nebo částečně recyklovat.

Příkladem úspěšné aplikace ZLD systému může být odvětví povrchových úprav, tam se používá demineralizovaná voda pro přípravu lázní a pro oplachy zboží. Příprava demineralizované vody je finančně nákladná. A již při přípravě demineralizované vody vzniká odpadní voda. Demineralizovaná voda se vyrábí např. pomocí iontoměničů nebo reverzní osmózy.

Ve výrobním procesu se procesní voda používá k různým účelům a působí na ní celá řada vlivů, které ji znečišťují. Při dosažení určitého stupně znečištění se procesní voda stane nevhodnou pro další použití. Taková voda se stává odpadní vodou, kterou je nutné před vypouštěním vyčistit. Pokud zvolíme na čištění této odpadní vody technologii, která má jako výstup demineralizovanou vodu, můžeme tento výsledný produkt vrátet zpět do výrobního procesu a tím vytvořit uzavřený okruh.

V uzavřeném okruhu dochází ke ztrátám vody, které je třeba doplňovat. Ztráty vody v systému jsou způsobeny

- Přirozeným odpařováním z otevřených nádrží
- Úkapy
- Zbytkovou vlhkostí v odpadu, který ze systému vychází

Objem doplňované vody je ale nesrovnatelně nižší než v „otevřeném“ systému bez recyklace. V „otevřeném“ systému se veškerá procesní voda připravuje pouze z čerstvé zdrojové vody. A zároveň se veškerá odpadní voda vypouští do kanalizace nebo do povrchové vody.

### Důvody pro realizaci ZLD systémů:

- **ZLD předchází problémům s vypouštěním odpadních vod**  
Dodržení stále se zpřísnujících limitů pro vypouštění odpadní vody  
Realizace výrobních závodů i v místech, kde není možnost odpadní vodu vypouštět  
Eliminace placení poplatků za vypouštění odpadní vody nebo její externí likvidaci
- **Úspora spotřebované vody – recyklace procesní vody**  
V posledních letech je poměrně aktuální téma sucha a nedostatku vody. Pomocí ZLD se snižuje množství spotřebované pro výrobní proces. Do výrobního procesu se pouze doplňují ztráty, které vznikají přirozeným odpařováním, zbytkovým obsahem vody v likvidovaném koncentrátu a zbytkovou vlhkostí v odpadu.  
V případě otevřeného systému se voda, která projde výrobním procesem všechna vypustí a musí se napouštět a upravovat na požadovanou kvalitu čerstvá voda. V případě procesu, který je náročný na spotřebu vody je otevřený systém neefektivní.
- **Ekologická a společenská odpovědnost**  
Nikdo nechce být producentem odpadu a znečišťovatelem v místě podnikání. To si začínají uvědomovat i firmy v ČR. Nálepka znečišťovatele značně poškozují image firmy a značně komplikuje budoucí podnikání, zejména ve vztahu k obyvatelstvu a místní samosprávě.  
Zvětšování měst vede k tomu, že historické průmyslové areály, které se dříve nacházely na krajích měst, „zarůstají“ do městské zástavby. To vytváří tlak na ekologickou nezávadnost areálu. Průmyslové firmy proto musí hledat nová řešení, jak svůj negativní vliv na okolí zmírnit nebo úplně eliminovat. Nejedná se přitom pouze o produkci odpadní vody, ale například také o kvalitu ovzduší, zápach, hluk, nebo zvýšený dopravní provoz.
- **Získání cenných produktů ze zakoncentrovaného proudu**  
Při zavedení ZLD je možné znovuzískat některé cenné látky a znovu je využít zpět ve výrobním procesu. „Odpad“ ze systému ZLD (tj. zakoncentrované roztoky solí a kaly) jsou potenciálním zdrojem surovin. Tato možnost je vždy

závislá na druhu výrobního procesu a typu recyklované sloučeniny. Při zvažování této varianty je samozřejmě nutné vyhodnotit ekonomické aspekty.

Jedná se například o sloučeniny zlata, niklu, anorganických solí atd.

### **Nevýhody ZLD:**

- **Vysoké nároky na dodavatele technologie**  
Návrh ZLD systému je poměrně komplexní záležitost, kterou v ČR spolehlivě zvládá pouze několik dodavatelů, nemluvě o kvalitě výsledného zařízení a úrovni servisu.
- **Investičně nákladnější**  
V porovnání se standardní technologií čištění odpadních vod je uzavřený systém v počáteční investici nákladnější. Z dlouhodobého hlediska ale může být výhodnější, protože předchází problémům spojených se zvyšujícími se legislativními nároky na vypouštění odpadních vod.
- **Vyšší spotřeba energie**  
Oproti otevřenému systému odpadních vod je nutné využít více technologických zařízení na čištění odpadních vod, které jsou energeticky náročnější. Energetická náročnost je však částečně vykoupena snížením spotřeby vody. Ta je podstatně nižší a může být redukována až o 90 %.

### **Návrh uzavřeného cyklu**

Systému ZLD lze dosáhnout různými způsoby. Není zde jeden model, který se hodí pro všechny. Při technologickém návrhu systému ZLD, je nutné přesně nadefinovat:

- Požadovaný výkon čistírny odpadních vod
- Požadovanou kvalitu výstupní vody
- Typ a stupeň znečištění všech proudů vstupní vody
- Dostupné energie a jejich cena
- Prostor pro instalaci

Cílem smysluplného návrhu technologie ZLD je

- Spolehlivý a bezpečný provoz
- Eliminace vypouštění vody
- Minimalizace hmotnosti odpadu
- Minimalizace pořizovacích a provozních nákladů
- Minimalizace spotřeby energie.

Při návrhu ZLD systému je třeba také počítat s určitou flexibilitou. V průběhu provozu totiž zcela určitě nebude stále konstantní kvalita a množství čištěné vody. S těmito výkyvy si musí dobře navržený ZLD systém bez větších problémů poradit.

Obecně lze říci, že ZLD systém je sestaven ze tří technologických bloků:

- Předúprava a kondicionace odpadní vody
- Prvotní zakoncentrování znečištění a získání prvního podílu demineralizované vody
- Finální zahuštění znečištění a získání zbytkového podílu vody

## Předúprava a kondicionace odpadní vody

Odpadní vodu vzniklou ve výrobním procesu je ve většině případů nutné nejprve chemicky upravit. Předúpravu představují fyzikálně chemické procesy pro odstranění všech látek, které by mohly potenciálně dělat problémy v následujících technologických krocích. Z odpadní vody se odstraňují těžké kovy, snižuje se celková tvrdost vody, sráží se křemičitany.

Minimálně se jedná o neutralizaci, v některých případech je třeba provést i složitější chemické procesy jako je redukce či oxidace. To vše se odvíjí od typu znečištění. Je zřejmé, že podrobná chemická analýza odpadní vody je pro návrh systému ZLD naprosto zásadní.

Minimální rozsah analýzy odpadní vody obsahuje tyto ukazatele znečištění.

Sodík	Chloridy
Draslík	Fluoridy
Vápník	Sírany
Hořčík	Dusičnany
Stroncium	Fosfáty
Křemičitany	Amoniak
Celkové rozpuštěné pevné látky	Oleje a mastnoty
CHSK	pH

Na základě hodnot koncentrací těchto ukazatelů se navrhuje technologie chemického čištění. Pokud není dokonale zmapované složení odpadní vody, může se stát, že nebudou podchyceny všechny parametry znečištění. Čistírna nebude schopna eliminovat určitý typ znečištění, které pak může čistírnou částečně nebo úplně procházet zpět do vyčištěné procesní vody. V systému ZLD bude znečišťující látka narůstat až do takové úrovně, že voda bude pro výrobní proces nepoužitelná.

Cílem chemické předúpravy je také udržení stabilního výkonu zařízení, eliminace zanášení systému usazeninami nerozpustných solí, biologického znečištění a ochrana před korozním napadením.

V neposlední řadě předúpravou lze snížit klasifikaci nebezpečnosti zakoncentrovaného odpadu nebo minimalizovat jeho množství.

Většina kroků předúpravy odpadní vody v ZLD bývá obdobná nebo shodná s otevřenými systémy. Použité typy chemikálií se ale mohou lišit. Například neutralizační činidlo vápenný hydrát se často nahrazuje louhem sodným.

## Prvotní zakoncentrování znečištění a získání prvního podílu demineralizované vody

Druhým krokem v ZLD systému jsou membránové procesy. Používají se hlavně tehdy, když pracujeme s velkým objemem odpadní vody a nízkou koncentrací znečištění. Správně zvolenou technologií můžeme v tomto kroku získat zpět 60-80 % demineralizované vody. Limitujícím faktorem je rozpustnost znečišťujících látek.

Zakoncentrovávat membránovými procesy je možné pouze do té míry, dokud znečištění zůstane bezpečně v rozpuštěné formě. Nerozpustné látky by zanášely zařízení a následovala by jeho odstávka a chemické čištění. Chemické čištění je sice běžným způsobem jeho údržby, ale jeho četnost je třeba minimalizovat. Každé chemické čištění představuje zátěž pro materiál membrány, urychluje její stárnutí a snižuje kvalitu produkované vody. Nemluvě o ztrátě výkonu systému po dobu čištění.

## Finální zahuštění znečištění a získání zbytkového podílu vody

Třetím krokem jsou procesy odpařování a krystalizace. Tyto procesy produkují odpad ve formě silně zakoncentrovaného roztoku solí nebo krystalické kaše. Při tomto kroku samozřejmě získáme i určitý podíl procesní vody.

Finální fáze čištění bývá investičně a energeticky nejnáročnější. Odpadní voda se totiž musí zahřát a nechat odpařit. Ohřev velkých objemů vody téměř na teplotu bodu varu je energeticky velmi náročné. Proto se hledají stále nové způsoby, jak tuto technologii udělat co nejefektivnější. Trendem poslední doby jsou vakuové odparky a krystalizátory. V těchto zařízeních var probíhá za sníženého tlaku, a proto je bod varu vody podstatně nižší. Díky tomu je možné využít levnějšího zdroje tepla nebo odpadního tepla z jiného procesu.

Posledním krokem uzavřeného systému je skladování vyrobené procesní vody. Tato voda je velmi náchylná k nárůstu mikrobiálního znečištění. Je tedy nutné ji ošetřit. Jako velmi šetrný způsob dezinfekce se využívá UV záření eventuálně dávkování vhodného biocidu.

Při návrhu systému ZLD je nutné podrobně zmapovat celý výrobní proces produkující odpadní vody. Často realizaci systému ZLD předchází pilotní testy. Tyto testy pomohou odhalit možné problémy a úskalí, která by se projevila při zkušebním nebo řádném provozu.

### **Příklad uzavřeného systému odpadních vod**

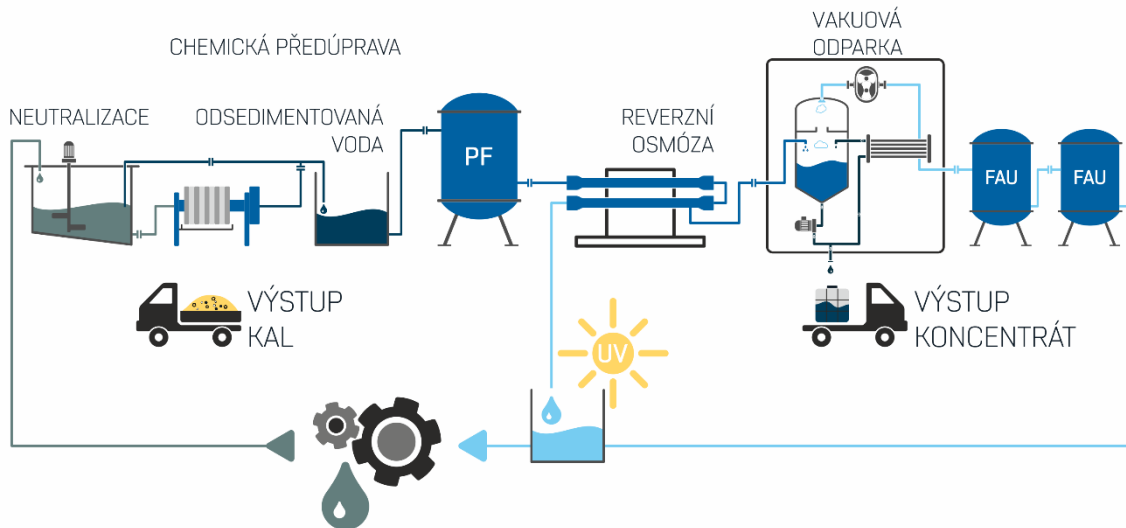
Z technologického hlediska se ZLD systém skládá nejprve ze sběrných nádrží, kde jsou vody děleny podle typu a koncentrace znečištění. Z těchto nádrží jsou vody vedeny do série míchaných nádrží - reaktorů, kam jsou dávkovány různé druhy chemikálií pro eliminaci problematického znečištění. Například probíhá neutralizace volných kyselin a zásad, dochází k srážení znečištění ve formě nerozpustných látek. Pro zlepšení separace vysráženého podílu jsou dávkovány koagulanty a flokulanty. Vytvořené vločky kalů se oddělují od čiré vody v usazovacích, a kal je odfiltrován např. pomocí kalolisu.

Čirá voda zbavená problematického znečištění je dále vedena na proces odsolování. Pro velké objemy málo zasolené čiré vody bývají v tomto bodě systému ZLD umístěny membránové procesy. Jedná se o procesy jako je ultrafiltrace a reverzní osmóza. Ultrafiltrace z odpadní vody odfiltruje zbytky jemných kalových částic, odstraní některé organické sloučeniny a koloidy.

Následuje další membránový proces - reverzní osmóza, kterou se voda odsoluje. Proces reverzní osmózy může být jedno nebo vícestupňový. Procesem reverzní osmózy vyrobíme demineralizovanou vodu a velmi efektivně zakoncentrujeme rozpuštěné soli. Pro vody s problematickým složením lze na zakoncentrování použít elektro-membránový proces - reverzní elektrodialýzu. Zařízení elektrodialýzy je méně náchylné k zanášení a rozšiřuje možnosti aplikace membránových procesů.

Jako finální proces zahušťování zasolených roztoků se provádí odpařování v odparkách a krystalizátorech, které umožňují odpaření zbytkové vody až do vytvoření krystalické kaše.

Odsolená voda získaná procesem reverzní osmózy (permeát) a voda z odpařování (destilát) jsou jímány v zásobní nádrži a musí být ošetřeny proti biologickému napadení. Z této nádrže jsou vedeny zpět do výrobního procesu.



## Závěr

Uzavřené systémy odpadních vod jsou budoucností v oblasti vodního hospodářství. Pro jejich nasazení hovoří stále více faktorů. Jednak jsou to stále přísnější změny v legislativě v oblasti nakládání s odpadními vodami, které budou investora tlačit ke snižování produkce odpadní vody a limitovat ho v možnostech vypouštění. Dalším důvodem budou rostoucí problémy se zásobováním kvalitní vodou. A v neposlední řadě také zdokonalování technologií pro znovuzískání cenných surovin z dnešních odpadů.