

# Ozonizace vody - výhody současných technických řešení

Ing. Petr Hořava, Ing. Jiří Beneš

DISA v.o.s. Brno

---

## Úvod

Ozonizace vody je jedna z nejstarších dezinfekčních metod a počátkem 20. stol. byla před nástupem průmyslové výroby chlóru dokonce nejrozšířenější metodou dezinfekce pitné vody. Ozon jako silné oxidační činidlo je využíván nejen pro své schopnosti oxidace organických a anorganických sloučenin, ale i pro svoje výborné dezinfekční vlastnosti. Ve světě se do popředí stále více dostávají pokročilé oxidační procesy (AOP), při kterých dochází k produkci volných OH radikálů, což jsou oxidační činidla s nejvyšší mírou reaktivity vůbec. Jedním ze způsobů jak tyto radikály generovat je např. kombinace ozonu s peroxidem vodíku, nebo ozonizovanou vodu osvítit UV paprsky (254 nm).

Ozon je vyráběn z pracovních plynů obsahujících kyslík v generátorech ozonu pracujících na bázi tichého elektrického výboje. Pracovním plynem může být vzduch, kyslík dodávaný ze zásobníku kyslíku, nebo kyslík vyráběný namísto pomocí generátorů kyslíku. Z důvodu své chemické nestability nemůže být ozon skladován, a proto je nutno jej vyrábět přímo na místě spotřeby.

Systémy ozonizace vody prošly za období posledních let určitým vývojem, což přineslo změny zejména v následujících oblastech:

## Generátory ozonu

Současný trend vývoje systémů ozonizace vody směřuje k používání generátorů vyrábějících ozon z kyslíku. Zatímco v minulosti byla převážná většina instalovaných generátorů v provedení „vzduchovém“, tj. že vyráběly ozon ze stlačeného a dále upravovaného vzduchu, v posledních letech je zcela zřejmý odklon od tohoto trendu a převládají generátory vyrábějící ozon z kyslíku. Konstrukce vysokonapětových elektrod těchto generátorů byla optimalizována s cílem dosažení co nejvyšší koncentrace ozonu v pracovním plynu (a tím i nejvyšší výtěžnosti procesu generování ozonu) za současného snížení spotřeby elektrické energie potřebné k procesu generování ozonu. Zatímco u vzduchových verzí generátorů se typická koncentrace ozonu ve vyráběném plynu pohybuje na úrovni 2-3 hmot. %, u nejmodernějších kyslíkových verzí generátorů je to 10-13 % hmot. Následující tabulka ukazuje porovnání základních parametrů procesu generování ozonu.

Parametr	Vzduchové generátory	Kyslíkové generátory
Typická koncentrace ozonu v plynu	2 – 3 hm. %	10 – 13 hm. %
Spotřeba el. energie na 1 kg ozonu	15 – 20 kWh	6 – 12 kWh

Moderní vysokonapěťové elektrody současných generátorů používají různé konstrukce elektrod, jejichž výsledkem je:

- a) snížení rizika průrazu dielektrika a menší elektrické namáhání elektrod
- b) běžně dosahované koncentrace ozonu v kyslíku 10 – 13 hm. %
- c) snížení specifické spotřeby elektrické energie
- d) prodloužení životnosti elektrod

V důsledku toho existují generátory, které nabízí uživatelům plnou záruku na vysokonapěťové elektrody v délce trvání 10 let.

Z pohledu uživatelů přináší současný trend používání systémů s generátory vyrábějícími ozon o vysoké koncentraci následující výhody:

1. Zjednodušila se údržba a obsluha systémů, systémy neobsahují technicky náročné zařízení na výrobu a úpravu stlačeného vzduchu
2. Technicky náročná zařízení na výrobu a úpravu stlačeného vzduchu byla nahrazena „bezúdržbovými“ zásobníky kapalného kyslíku
3. Celý proces je čistší
4. Celý proces je tišší
5. Došlo k výraznému zmenšení jednotlivých zařízení
6. Dochází k výrazným úsporám provozních nákladů, zejména nákladů na elektrickou energii, náhradní díly a opravy
7. Veškeré rozvody jak už pracovního plynu, tak i vyráběné směsi plynů jsou menší
8. Navazující zařízení, jako vnos ozonu do vody, destruktory a potrubní trasy k nim jsou menší a energeticky výrazně méně náročné

### **Navazující zařízení**

U systémů ozonizace vody se jedná vždy o určitý druh průmyslového systému, jehož základem je generátor ozonu. Tento systém bývá doplněn o určité „periferie“, což jsou zařízení, která jsou generátorem ozonu řízena a slouží ke komplexnímu zajištění procesu úpravy vody od přípravy pracovního plynu, přes rozpouštění ozonu ve vodě až po měření, regulaci a zajištění bezpečnosti provozu a obsluhy. Kromě vlastních generátorů ozonu prochází určitým vývojem i tato zařízení.

Typickým příkladem takovýchto „periferií“ systému ozonizace jsou:

- a) zařízení na přípravu pracovního plynu
- b) chladiče uzavřených chladících okruhů generátorů ozonu
- c) analyzátory ozonu v plynu
- d) moduly automatického řízení dávky ozonu
- e) systémy distribuce ozonu do více míst
- f) zařízení pro vnos ozonu do vody
- g) destruktory ozonu
- h) analyzátory ozonu ve vodě
- i) bezpečnostní zařízení
- j) speciální kontejnery aj.

U ozonizací se vždy jedná o systém, ale každý systém je jiný z pohledu konfigurace, specifik dané úpravy, požadavků na řízení, regulaci, zálohování zařízení a dalších. Zatímco v minulosti byly tyto systémy sestavovány na „míru“ ze zařízení víceméně prototypového (s výjimkou generátoru ozonu) charakteru, současné systémy, jejichž základ tvoří generátory ozonu, jsou vytvářeny na bázi sériově vyráběných zařízení renomovaných specializovaných výrobců.

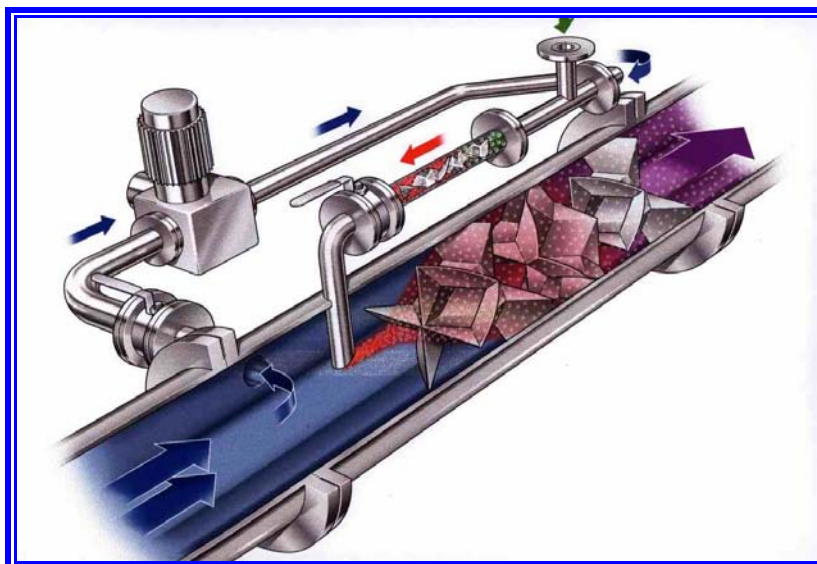
Z tohoto pohledu se jedná o určitý přechod k modulárnímu řešení. To přináší projektantům a uživatelům následující výhody:

1. Jsou k dispozici základní technické údaje zařízení již v počáteční fázi projektů
2. U většiny zařízení je možno v předstihu poskytnout výkresy, nebo katalogové listy
3. Zkracují se průběžné doby výroby a dodání
4. Existují databáze doporučených náhradních dílů pro 2, nebo víceletý provoz
5. Rozhodující parametry zařízení jsou známa a garantovaná
6. Zvyšuje se spolehlivost zařízení

### Účinnost současných systémů ozonizace

V pohledu na hodnocení účinnosti nastal posun. Vlastní proces generování ozonu je díky současným technologiím dostatečně zvládnutý a jeho účinnost je v porovnání s minulostí na vysoké úrovni. Do popředí se tak dostává otázka spolehlivosti, nákladů na výrobu zejména ve vazbě na optimální variantu volby pracovního plynu a v poslední době pak hodnocení účinnosti využití vyrobeného ozonu, tj. účinnost procesu rozpouštění ozonu ve vodě. Jednoduše řečeno, nestačí již pouze ozon vyrobit, je potřeba jej vyrábět při optimálních nákladech, ale hlavně je potřeba jej maximálně využít.

Zásadní změnu účinnosti využití ozonu představují systémy pro rozpouštění plynů v kapalinách na bázi statických mísičů.



**Obrázek 1** ilustrační schéma systému pro rozpouštění plynů v kapalinách na bázi statických mísičů

Přestože první takový systém byl u nás použit pro rozpouštění ozonu teprve před čtyřmi roky, tato zařízení již začínají představovat určitý nový standard v koncepci systémů ozonizace. Výhodou těchto zařízení, kromě jejich jednoduchosti a nenáročnosti z pohledu obsluhy a údržby jsou zejména nízké provozní náklady a hlavně jejich garantovaná účinnost. Ta se běžně pohybuje na úrovni 95 %\*, jsou zaznamenány aplikace s dosahovanou účinností vyšší než 99 %\*. V praxi to znamená, že maximálně 5 % vyrobeného a do vody nadávkovaného ozonu je destruováno v destruktorech zbytkového ozonu likvidujících nerozpuštěný ozon z reakčních nádrží ozonizace.

\*) Tyto hodnoty účinnosti jsou výsledkem výpočtů na základě hodnot naměřených provozními analyzátory a průtokoměry plynů

### **Ovládání a řízení systémů ozonizace**

Současným trendem je snaha uživatelů a projektantů o maximální začlenění systémů ozonizace do ASŘ úpraven a technologických procesů. Dá se říct, že pokud ze strany uživatele a projektanta

- a) existuje jasná představa o způsobu řízení a nastavování klíčových parametrů
- b) jsou včas a správně definovány požadavky na systém ozonizace
- c) je správně nedefinována konfigurace datové linky pro přenos dat a ovládání systému

potom je dosahováno poměrně vysokého stupně uživatelského komfortu.

K běžnému současnému standardu v požadavcích na monitorování, řízení a ovládání systémů ozonizace patří:

- plně automatické řízení dávky na základě externího signálu od průtoku vody
- řízení dávky na konstantní koncentraci ozonu v plynu
- řízení dávky na konstantní průtok plynu
- plynulá regulace dávkování ozonu do dvou a více míst
- deregulace od zbytkového ozonu
- regulace autonomního chování uzavřeného ozonizačního okruhu
- přenos parametrů a provozních hlášení ozonizace (pro vizualizaci)
- přenos poruchových hlášení
- ovládání ozonizace z velína

Běžným standardem u současných systémů je rovněž zadávání hodnot a komunikace se systémem v českém jazyce, ať již přímo z dotykového panelu zařízení, nebo z velína úpraven prostřednictvím datové linky.

### **Spolehlivost systémů ozonizace**

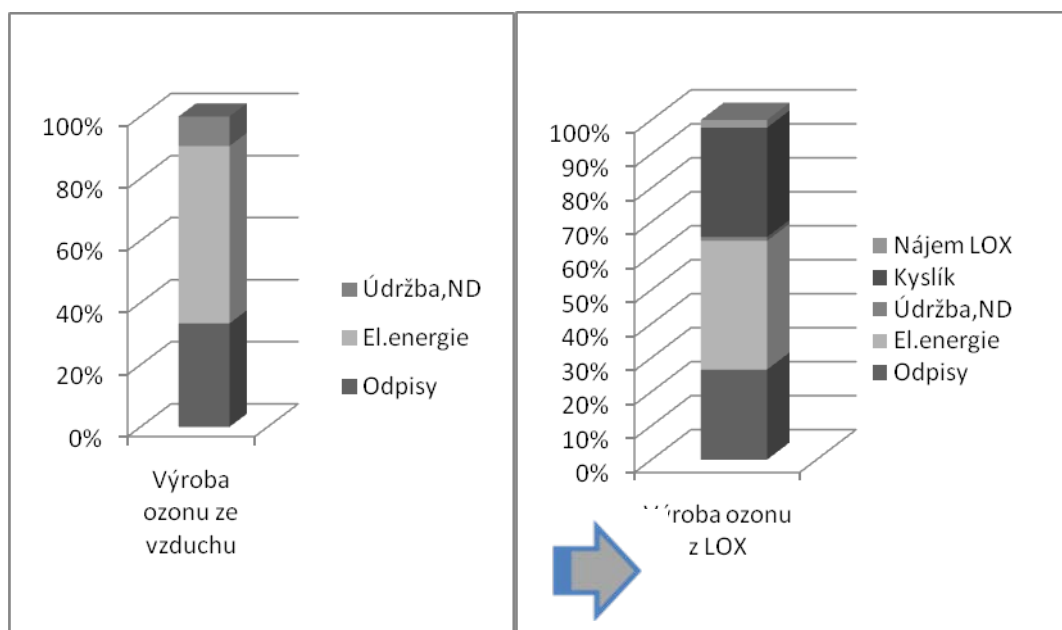
Hlavní zdroje nespolehlivosti u starších systémů, byly především:

- kompresory, jejich rotující a pohybující se části
- sušičky a chladiče stlačeného vzduchu
- problémy s rosným bodem pracovního plynu
- problém s díly přicházejícími do styku s ozonem vyráběným z recyklovaného kyslíku

U nově instalovaných systémů z velké části zcela odpadá náročná údržba a opravy zařízení pro výrobu a úpravu stlačeného vzduchu. Zjednodušeně řečeno, namísto permanentní péče o hlučná a poměrně složitá zařízení dnes obsluha velína pouze sleduje stav kapalného kyslíku v zásobnících. Dochází ke zjevnému posunu od oprav po poruchách k provádění preventivní údržby na základě dlouhodobých plánů technické péče. K vyšší spolehlivosti současných systémů rovněž přispívá náhrada problematických a na častou údržbu náročných vnosů ozonu s difuzory podstatně jednoduššími systémy pro rozpouštění plynů v kapalinách na bázi statických mísičů.

### Náklady na provoz ozonizace

Následující obrázek ukazuje vývoj typické struktury provozních nákladů u starších a nových systémů:

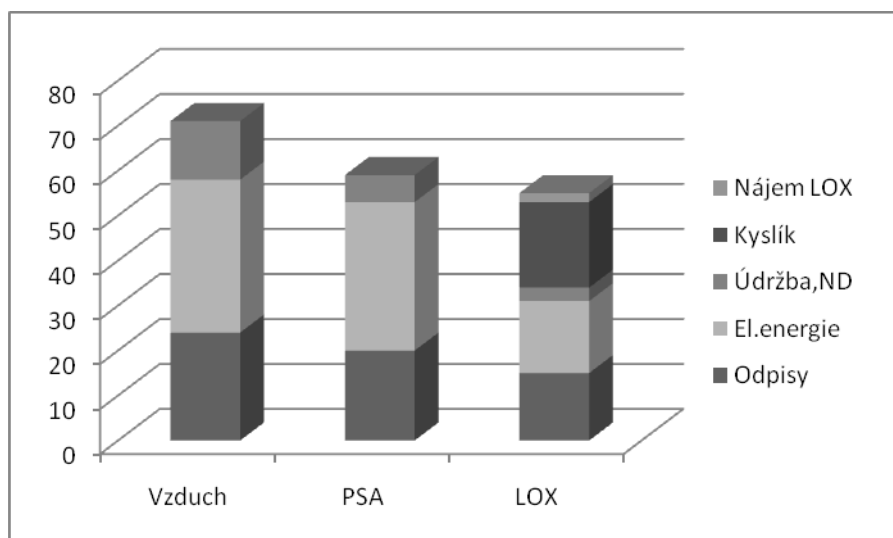


**Obrázek 2** vývoj struktury provozních nákladů (příklad)

Z uvedeného obrázku vyplývá, že typická struktura nákladů u novějších systémů se vyvíjí směrem k nižší závislosti na vývoji cen za elektrickou energii a snižuje se podíl nákladů na údržbu a náhradní díly. U nových systémů je naopak zjevná závislost na vývoji cen kapalného kyslíku.

Pro budoucí uživatele je při jejich rozhodování kromě výše investičních nákladů důležitá také absolutní výše provozních nákladů na výrobu ozonu. Niže uvedený graf ukazuje typické porovnání specifických nákladů na výrobu 1 kg ozonu mezi jednotlivými variantami systémů.

Poznámka: “Vzduch“ - výroba ozonu ze vzduchu, “PSA“ - výroba ozonu z kyslíku vyráběného namísto, “LOX“ - výroba ozonu z kapalného kyslíku ze zásobníku



**Obrázek 3** vývoj výše provozních nákladů v Kč / kg ozonu  
(příklad vycházející z posledních realizovaných systémů a skutečných nákladů v místě aplikace)

Z výše uvedeného grafu je patrné, že nákladově nejpříznivější variantou systému ozonizace je varianta výroby ozonu z pronajatého zásobníku kapalného kyslíku. Volba této varianty kromě již výše zmiňovaných výhod přináší navíc úsporu provozních nákladů ve srovnání se staršími „vzduchovými“ variantami systémů. Současně je potřeba konstatovat, že výše nákladů je velmi závislá na velikosti ozonového generátoru a dále na poměru cen el. energie vs. kapalný kyslík.

### Závěr

V současné době jsou ve světě stále vyráběny a používány systémy ozonizace s využitím generátorů vyrábějících ozon ze vzduchu a i v budoucnu tato technologie bude mít v některých případech svoje opodstatnění.

Nicméně je zřejmé, že současné „kyslíkové“ systémy ozonizace s moderním rozpouštěním ozonu ve vodě jsou ve srovnání se staršími „vzduchovými“ systémy zejména v kombinaci s difuzorovými vnosy menší, čistší, nákladově výhodnější, ale hlavně jsou podstatně účinnější. Další jejich výhodou je vyšší spolehlivost a menší nároky na údržbu.



### Kontakt

[info@disa.cz](mailto:info@disa.cz)