Oplachová technika a zpracování odpadních vod
Ing. Lukáš Fuka, Ing. Tomáš Fuka,CSc. Techneco

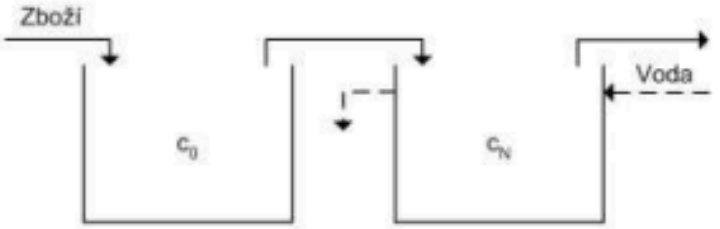
V linkách povrchových úprav jsou produkované odpadní vody zpracovávané v souladu s požadavky Vodního zákona v systému děleného vodního hospodářství. Produkované kapalné odpady se dělí jednak podle koncentrace na koncentráty a oplachy a jednak podle přítomných škodlivin. Toto dělení pak umožňuje zpracování jednotlivých znečišťujících složek za optimálních reakčních podmínek. Rozhodující ve všech případech je pak množství emitovaných škodlivin.
Pro snížení produkce škodlivin do odpadních vod, či jejich objemu je možno použít mimo přímých investičních zásahů spojených se zásahem do linky, či instalací pomocných zařízení i organizační opatření, která obvykle odstraní stereotypní návyky ve vedení procesů povrchových úprav, nebo čištění odpadních vod. Tato opatření ač se zdají triviální mnohdy přináší podstatné efekty a nevyžadují žádné náklady.
Mininamilazace produkce odpadů, tj. emise škodlivin do odpadních vod je jedním z nejefektivnějších zásahů z hlediska ekologického i ekonomického. Nelze samozřejmě provádět bez dodržení základních provozních požadavků na úkor kvality povrchových úprav, kdy musí být odstraněny veškeré nečistoty a zbytky lázní na úroveň požadovanou při přechodu z jedné operace do druhé. Lze se však zaměřit na efektivnější využití lázní a jejich regeneraci, snížení jejich ztrát výnosem a případně využití postupů,které neprodukují odpadní vody. Pozitivních efektů lze dosáhnout v následujících oblastech:

- **Kontrolní a řídící činnost** - mnohdy přináší podstatné efekty pouze zdokonalení technologické kázně a dodržování provozních postupů.V této oblasti hraje podstatnou úlohu pozornost věnovaná spotřebě oplachových vod nejen na celé lince, kdy vědomí obsluhy, že se jedná o sledovaný parametr vede k úsporám až 20% původní spotřeby oplachové vody. Stejně tak je nutno zkontrolovat rutijní činnost obsluhy linek povrchových úprav i na čistírně odpadních vod. K častým závadám patří dávkování příliš koncentrovaných činidel, kdy dochází k předávkovávání, chybná manipulace s příslušenstvím linky povrchových úprav, zejména u filtrů, kdy dochází mnohdy ke zbytečnému úniku větších objemů lázní a to v mnohých případech i mimo příslušnou sekci odpadních vod, což může působit značné problémy při zpracování aj..
- **Zásahy v oplachovém systému** – opatření v této oblasti musí respektovat požadavky na kvalitu oplachu v následném procesu povrchové úpravy, avšak i zde je možno provést smysluplné zásahy. Za procesy pracujícími za zvýšené teploty je možno instalovat ekonomický oplach, z něhož jsou doplňovány ztráty funkční lázně vzniklé odparem a výnosem. Na základě provedených provozních měření se ustaví rovnováha koncentrací v tomto systému tak, že ekonomický oplach dosahuje 10% funkční lázně. Z této bilance tedy plyne, že se takto podaří zachytit až 90 % vynášené lázně, což poskytuje jak ekonomický efekt, tak efekt v oblasti ekologické, kdy se o uvedené procento záchytu sníží produkce rozpuštěných anorganických solí v odpadních vodách. V případě lázní pracujících za studena obecně instalace ekonomického oplachu neposkytne tento efekt, pokud není ekonomický oplach jinak využíván, či nejsou regenerovány jeho složky. Další možností je využití koncentračních technik, kdy je ekonomický oplach zahuštěn na úroveň koncentrace lázně, či vyšší a je vracen do funkční vany.
  Instalací vícestupňových protiproudech oplachů se podstatně sníží objem produkované odpadní vody. Toto je možno posoudit z následujícího srovnání:
  Při použití metodiky výpočtu oplachů dle Kuschnerova vzorce $L = m \cdot (R)^{1/n}$ při běžném oplachovém kriteriu $R = C_0/C_n = 900$, kdy C_0 =koncentrace složky v lázni, C_n = koncentrace složky v posledním stupni oplachu V jednostupňovém oplachu (n=1) při výnosu lázně 0,1 l/m^{-2} činí spotřeba vody $L = m \cdot (R)^{1/n} = 0{,}1 \cdot 900 = 90\ l/m^{-2}$.*Poznámka: při výpočtu je nutno dbát na zachování stejného rozměru všech objemových vstupů a vyjádření ploch*
  Ve dvoustupňovém protiproudém oplachu pak $L = 0{,}1 \cdot (900)^{1/2} = 3\ l/m^{-2}$. V obou případech je zboží stejně kvalitně opláchnuto, ale v jednostupňovém oplachu je obsaženo 0,1 litru lázně v 90 litrech oplachové vody a v druhém případě pak jen ve 3 litrech oplachové vody.
  V systému dvojstupňového oplachu s zařazeným ekonomickým oplachem se při výpočtu vychází z koncentrace ekonomického oplachu, která je cca 10% oproti funkční lázni a oplachové kriterium pak má následující tvar:

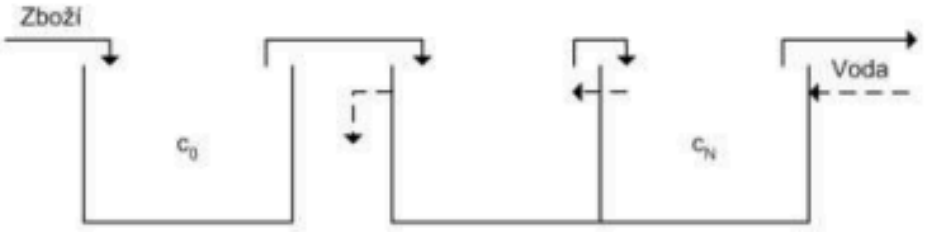
R= C_e/C_n=90, L = 0,1. $(90)^{1/2}$ = 0,95 l/m^{-2} . V tomto objemu odpadních vod je však pouze 10 ml funkční lázně v cca 1 litru oplachové vody, což dává lepší předpoklady pro čištění, případně pro násobné využití oplachové vody.
Schéma uvedeného uspořádání je uvedeno v následujícím obrázku č 1.

Obr č. 1 Schema variant oplachového systému

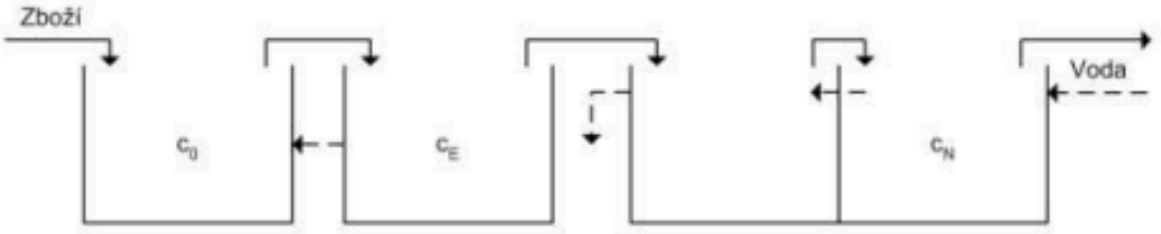
Jednostupňový protiproudý oplach



Dvoustupňový protiproudý oplach



Dvoustupňový protiproudý oplach s ekonomickým oplach



V následující tabulce je uvedena produkce odpadních vod při použití různých oplachových systémů.

Produkce oplachových vod v l/m^2 z linky produkujících 500m2upravené plochy za směnu				
Operace	R	Oplach n = 1	Oplach n = 2	Oplach EO + n = 2
Odmaštění	-	-	-	-
Oplach	900	90	3	0,94
Moření	-	-	-	-
Oplach	625	62,5	2,5	0,8
EL Odmaštění	-	-	-	-
Oplach	900	90	3	0,94
Dekap	-	-	-	-
Oplach	625	62,5	2,5	0,8

Zinkování kyselé	-	-	-	-
Oplach	900	90	3	0,94
Vyjasnění	-	-	-	-
Oplach	900	90	3	0,94
Chromátování	-	-	-	-
Oplach	2500	250	5	1,6
Sušení	-	-	-	-
Celkem l/m2	-	735	22	6,96
Za směnu m3	-	367,5	11	3,48

Uvedé schéma linky je hypotetické a slouží ke zdokumentování efektu oplachového systému na produkci odpadní vody. Z praktického a provozního hlediska nemá význam instalovat ekonomický oplach po procesu kyselého zinkování.

Jak je zřejmé, zařazení dvojstupňového oplachu má i rozhodující vliv na dimenzování čistírny a investiční náklady takto realizované v lince přináší větší efekt, než při jejich vynaložení na zvýšení objemové kapacity čistírny. Pokud je to vhodné a bude zařazen v tomto systému ekonomický oplach, sníží se obsah lázně v oplachových vodách minimálně o 80% až 90%. Pozitivní efekty přináší i kombinace ponorového a postřikového oplachu, kdy je zejména výhodnéaplikovat nátok čerstvé vody do oplachu jemným postřikem na zboží při vyjíždění z oplachu. Takto lze získat efekty v účinnosti oplachu blížící se až 60% jednoho oplachového stupně. Zde záleží na objemu přiváděné vody a uspořádání postřikových trysek, které musí mít dostatečný průtok pro účinný sestřik.

- **Údržba lázní**

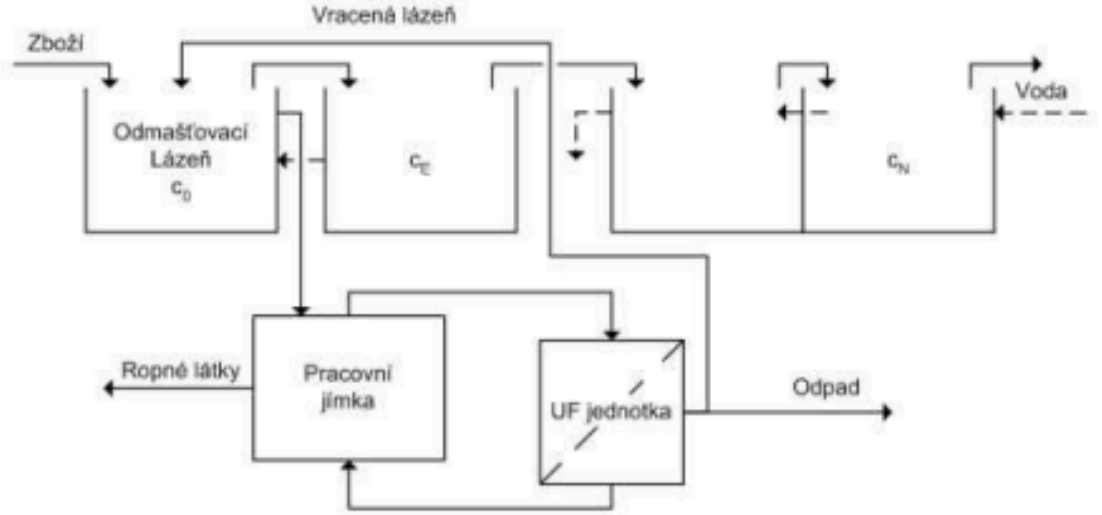
Je aktuální zejména u odmašťovacích lázní, neboť nové technologie poskytují ekonomicky dostupné procesy k výraznému prodloužení funkčního času těchto lázní. Postupy regenerace se vyvinuly od základních separačních postupů, které spočívají v separaci ropných látek pouze na základě jejich gravitačního oddělování, či vužití koalescenčních filtrů s následnou sedimentací až po současně nejpoužívanější tlakové membránové procesy, především se jedná o mikrofiltraci a ultrafiltraci, která se zapojuje do okruhu s klasickým oplachovým systémem. Přehled aplikačních možností tlakových membránových procesů je uveden v následující tabulce.ahrnuty jsou i procesy nanofiltrace, protože efektivně nahražují doposud hojně používané postupy změkčování s využitím katexů v sodíkové formě, které jsou velkým producentem RAS v případě jejich regenerace. Zde dochází ke změkčení na základě nepropustnosti membrány pro dvojmocné a trojmocné ionty, dochází tedy i k odželeznění, odmanganování a snížení obsahu síranů aj. A to bez produkce dalších škodlivin. Obdobně to platí i pro proces přípravy vody reverní osmozou.

Tab. č. 1 Charakteristika pracovních podmínek tlakových membránových procesů

Proces (zkratka)	velikost pórů v membráně [nm]	pracovní tlak [MPa]	aplikační rozsah
mikrofiltrace (MF)	50 – 1000	<0,2	zákal,mikroorganismy, koloidní částice, ropné látky
ultrafiltrace (UF)	3 – 50	0,1 – 0,5	rozpustné makromolekuly, organické látky, ropné látky, bakterie, viry
nanofiltrace (NF)	1 – 3	0,5 –3,5	vícemocné soli, změkčování
reverzní osmóza (RO)	Neporézní nebo pórovitá s póry <1	1,5 –15	Demineralizace, odsolování mořské vody

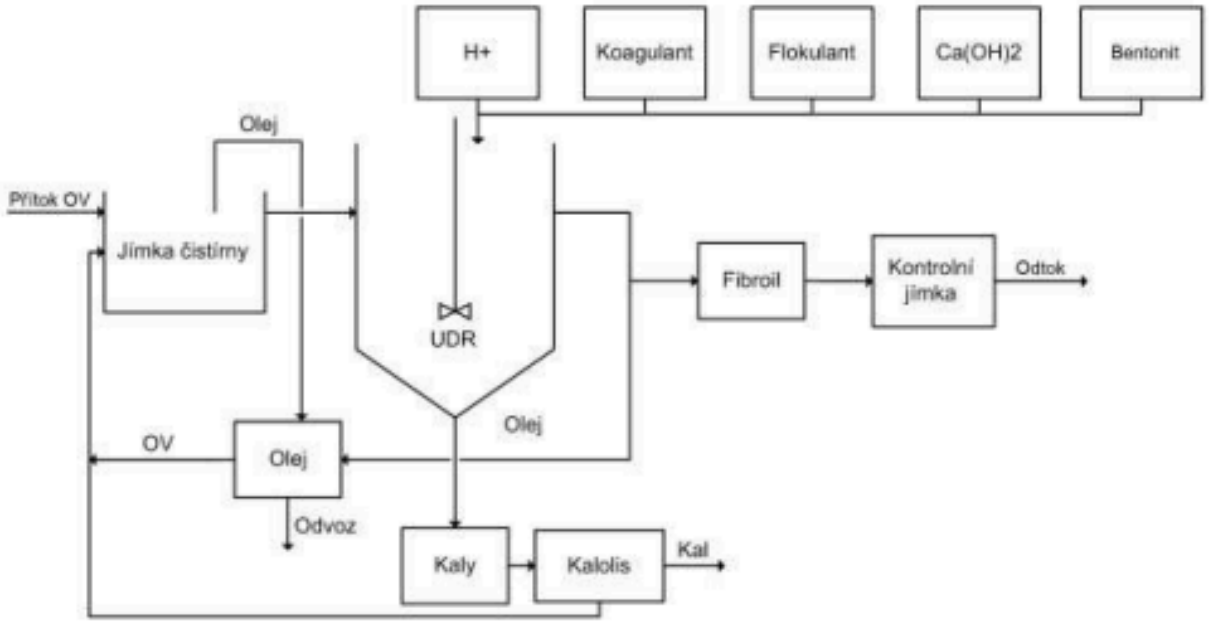
Technologické schéma zapojení regeneračního systému odmašťovací lázně je uvedeno na obr. č. 2. Z odmašťovací lázně se průběžně odebírá lázeň do pracovní jímky ultrafiltru (případně mikrofiltru), kde jsou zachyceny ropné látky a vyčištěná lázeň se vrací zpět do pracovní lázně. Zachycené ropné látky se koncentrují v pracovní jímce, odkud se odpouštějí do zásobníku, odkud se po sedimentaci odpouští případně oddělená lázeň, která se vrací zpět do pracovní jímky ultrafiltru a ropné látky se předají ke spálení koncesované firmě. Koncentrace takto separovaných ropných je cca 60% a více. Ve vratném proudu odmašťovací lázně je koncentrace ropných látek v rozmezí 5 – 20 mgl^{-1}, což udržuje odmašťovací lázeň v trvale provozuschopném stavu. Zároveň se musí do odmašťovací lázně doplňovat tenzidová složka, protože tenzory jsou částečně separovány s ropnými látkami, na které jsou navázány. Tímto postupem se daří prodloužit životnost odmašťovacích lázní na 20 – 50 ti násobek původní životnosti. Z toho plyne vysoký jak ekonomický, tak ekologický efekt v úspoře emitovaných rozpuštěných látek do prostředí. Zároveň se i zkvalitní a stabilizuje účinnost odmašťovacího procesu. Dalším pozitivním efektem je, že v případě nutnosti výměny lázně lze tuto zpracovat jako pouhý alkalický koncentrát, vzhledem k nízkému obsahu ropných látek. Taktéž oplachové vody lze zpracovávat ve větvi alkalicko kyselých vod a není tedy nutno na čistírně budovat větev vod s ropnými látkami.

Obr.č. 2 Technologické schéma regenerace odmašťovací lázně



Pro ilustraci provozních efektů je uvedeno technologické schema klasické deemulgační čistírny (obr č.3), ze kterého je zřejmý poměrně velký rozsah zařízení a složitý postup úpravy v porovnání např. s alaklicko kyselými vodami. Pokud uvážíme, že odmašťovací lázně obsahují 30 – 60 g/l alkalických solí, které je nutno před vypuštěním zneutralizovat a pro separaci ropných látek pak použít koagulant při nízkém pH, vychází produkce RAS z jednoho litru koncentrátu cca 80 – 150 g/l. V případě uvedeného prodlužení životnosti odmašťovací lázně je to rozhodující efekt. Dále pak je nezanedbatelná úspora v investičních a provozních nákladech u popsané běžně používané technologie.

Obr. č. 3 Technologické schéma čistírny vod s obsahem ropných látek



Mimo údržby nejčastěji provozovanýchodmašťovacích lázní lze dosáhnout podstatných efektů v prodloužení životnosti i uřady dalších funkčních lázní poměrně hodně známými a běžěn používanými postupy. Např. u chromových lázní odstraňováním dvoj a trojmocných kovů na iontoměniči, či dalšími technikami a snížení obsahu síranů sražením pomocí uhličitanu barnatého, separace železa ze zinkovacích lázní srážením, separace balastních iontů z chemické niklovací lázně pomocí elektrodialýzy aj.
Není nutno zdůrazňovat běžně používanou filtraci a sorpci, což jsou základní procesy sloužící pro provoz lázní.

- **Použití alternativních technologií** – tam kde je to možné použít např. místo moření tryskání, případně technologie snižující zamaštění výrobků již při jejich zpracování, vytváření alternativních povlaků se sníženou náročností v oblasti produkce odpadních vod
- **Technologičnost výrobku** – tento požadavek platí obecně ve všech povrchových úpravách na mokré cestě, kdy výrobky musí být konstruovány tak, aby byl minimalizován objem výnosů, nesmí mít polozavřené dutiny bez odtoku.
- **Závěsová technika a způsob zavěšování** – úzce souvisí s předchozím požadavkem, kdy musí být výrobky zavěšeny tak, aby byl umožněn co možná nejrychlejší odtok a odkap roztoků.Pozornost je nutno věnovat i stavu závěsové techniky, kdy může docházet k masivnímu výnosu lázní v prostorech pod porušenou povrchovou úpravou závěsu.
- **Použití nízkokoncentrovaných lázní** - snížení výnosu lze dosáhnout snížením viskozity, případně povrchového napětí lázně, současně pak při snížení koncentrace složek klesá i hmotnostní výnos do oplachových vod. Tento efekt je významný , neboť může podstatně přispět ke snižování obsahu anorganických rozpuštěných solí ve vyčištěné vodě.
- **Následné využití oplachové vody -** je možné u některých procesů, které produkují buď málo znečištěné oplachové vody, které neobsahují složky, které by negativně mohly ovlivnit mezioperační oplach ve kterém se využijí, jedná se např. o závěrečné oplachy demivodou, nebo o oplachy v analogických systémech, např. oplach po elektrolytickém odmaštění lze využit k oplachu po chemickém odmaštění, nebo oplach po dekapování v kyselině lze využít k oplachu po moření.
- **Násobné využití vody –** je možné opět u závěrečných oplachů v demivodě, kde se oplach udržuje na nízkém obsahu ras, s vodivostí nypř. 20 – 30 μs/cm, kdy je výhodnější tuto vodu použít jako vstupní do přípravy demivody, cožje výhodnější, než použít vodu pitnou, která může mít i řádě vyšší zasolení. Obdobně se dá udržovat i řada oplachů, kde je výhodné získávání některé složky z oplachových vod, především drahých kovů.
- **Použití šedé kůry mozkové** – je sice nejjednodušší, ale silně opomíjené, většinou je vedena filozofie vedení technologického procesu mottem: „vždy se to tak dělalo, tak proč to dělat

jinak.“ Zde však je třeba zohlednit vývoj v oblasti chemického složení přípravků a možností využití nových technik jak ve vedení procesů, tak k údržbě lázní a čištění odpadních vod. Nejen však tyto sofistikovanější zásahy vedou ke zlepšení stávajícího stavu. Mnohdy stačí např. nedávat již odmaštěné výrobky do nevymytých nádob v kterých byly k odmaštění dodány a v případě hromadného odmaštění malých dílců nevylévat steklý olej z přepravky do odmašťovací lázně při plnění bubnu.