



RECYKLACE ODPADNÍCH VOD Z POVRCHOVÝCH ÚPRAV na příkladu linky zinkování



Vít Holoubek

- nabývá v poslední době na významu
- důvody
 - vysoké ceny za odběr anebo vypouštění vody
 - nedostatek vody
 - chybějící možnost vypouštět odpadní vody
 - přísné limity pro vypouštění odpadních vod
- recyklace veškeré vody (zcela uzavřený okruh)
 - bez produkce odpadních vod - Zero Liquid Discharge (ZLD)
- aby mohla být voda recyklována, musí z ní být odstraněny v podstatě veškeré látky, čehož nelze dosáhnout „tradičními“ technologiemi
 - moderní technologie
(membránové procesy, vakuové odpařování, krystalizace)

- uživatel: ZF Automotive Czech
výrobce brzdových systémů pro přední
světové automobilky
- záměr: nová linka pro pokovování litinových dílů brzd
(třmeny, držáky) povlaky Zn a Zn-Ni
- místo realizace: Rychnov u Jablonce nad Nisou



- problém: nemožnost odběru vody z městské sítě
nemožnost vypouštět odpadní vody
- řešení: recyklace odpadních vod
- rozsah dodávky: linka pokovování povlaky Zn a Zn-Ni
Zero Liquid Discharge (ZLD) systém
pro čištění a recyklaci odpadních vod
- uvedení do provozu: 2025



- typ linky: závěsová automatická 2-řadá
- rozměry závěsů: 2730 x 200 x 1450 mm (l x š x v)
- max. plocha vsázky: 8 m²
- takt linky: 4 min
- výkon:
15 vsázek/h, max. 120 m²/h
~ 5,1 mil. třmenů + ~ 1,3 mil. držáků / rok

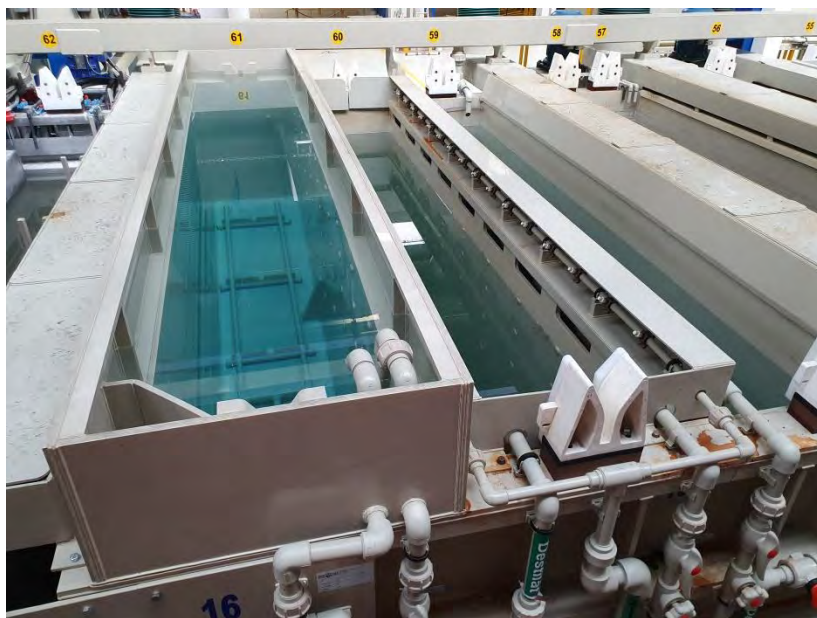


- typ linky: závěsová automatická 2-řadá
- rozměry závěsů: 2730 x 200 x 1450 mm (l x š x v)
- max. plocha vsázky: 8 m²
- takt linky: 4 min
- výkon:
15 vsázek/h, max. 120 m²/h
~ 5,1 mil. třmenů + ~ 1,3 mil. držáků / rok

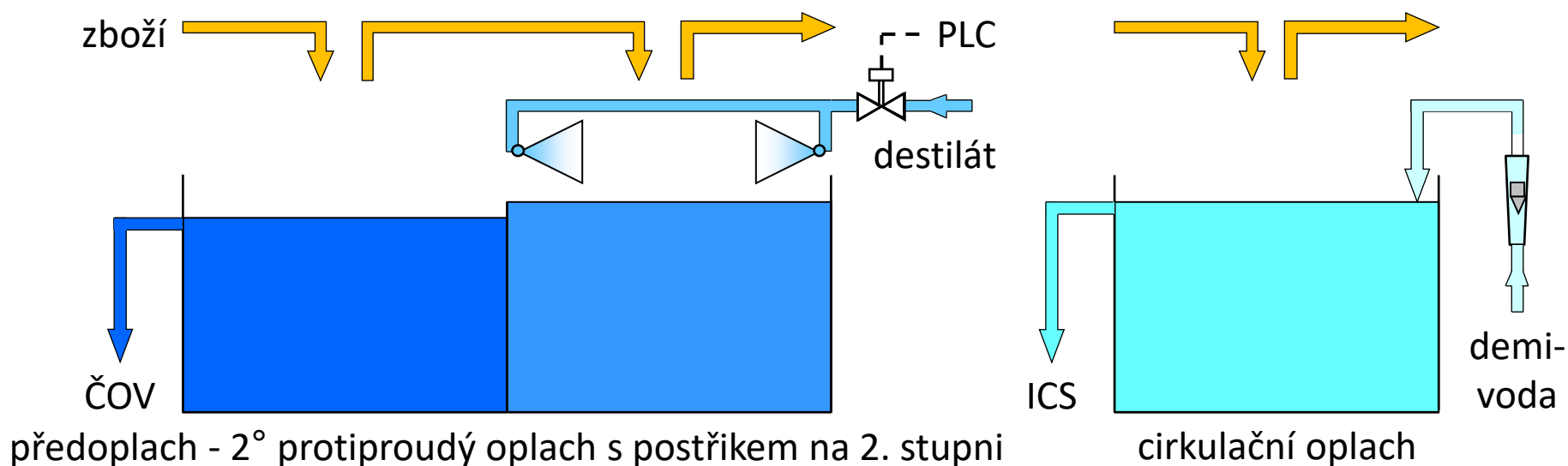


- chemické odmaštění (NaOH, KOH, K_2SiO_3 , Na_3PO_4 , tenzidy, oleje, mechanické nečistoty)
- moření (HCl, tenzidy, $Fe^{2+/3+}$, grafit)
- ultrazvukové odmaštění (viz chem. odmaštění)
- elektrolytické odmaštění (NaOH, Na_2SiO_3 , $NaNO_3$, tenzidy)
- aktivace (dekapování) (HCl, $Fe^{2+/3+}$)
- Zn / (KCl, $ZnCl_2$, (H_3BO_3) , aditiva)
- Zn-Ni kyselý (KCl, $ZnCl_2$, $NiCl_2$, komplexy, aditiva)
- vyjasnění (HNO_3 , Zn^{2+} , Ni^{2+})
- pasivace Zn / ($Cr(NO_3)_3$, $CrCl_3$, $Co(NO_3)_2$, NH_4NO_3 ,
Zn-Ni povlaku NH_4HF_2 , NH_4Cl , $NaNO_3$, HF, Zn^{2+} , Ni^{2+})
- utěsnění (anorganické) ($Li_2O \cdot xSiO_2$)
- mezi jednotlivými technologickými kroky oplachy

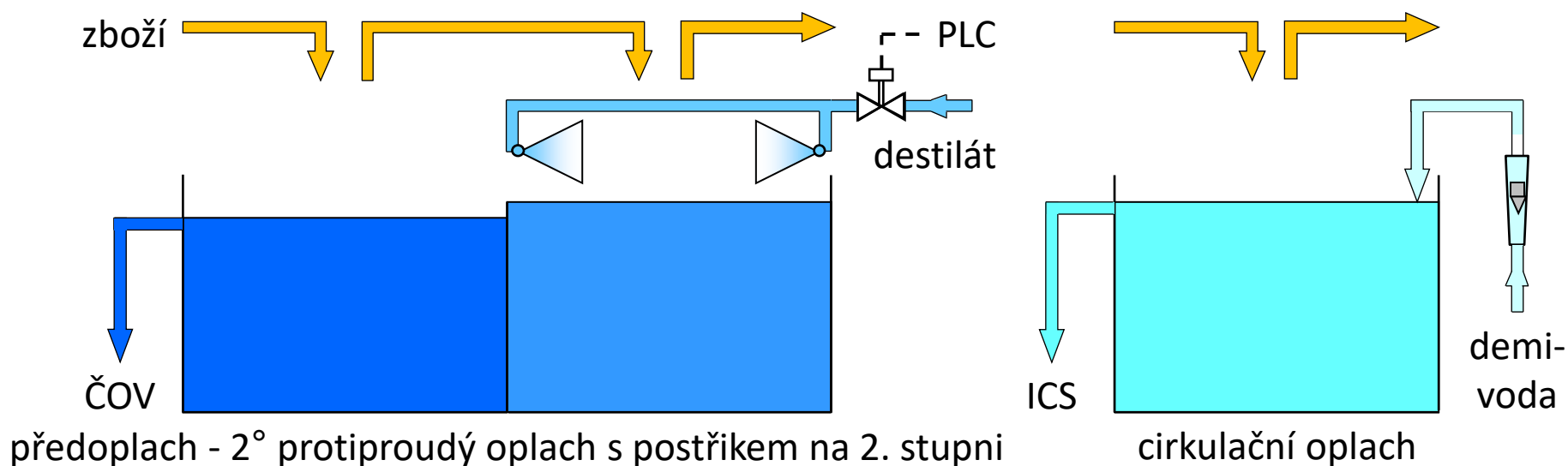
- za účelem snížení objemu odpadních vod pro recyklaci
- zejména pomocí cirkulace oplachových vod přes ionexy
 - této koncepci podřízen návrh oplachového systému v lince
 - oplachový systém zařazený za funkční lázní se skládá z:
 - předoplachu
 - cirkulačního oplachu



- cirkulace oplachových vod přes ionexy - oplachový systém
 - předoplach
 - malým množstvím vody
 - snížení vnosu kationtů a aniontů obsažených ve funkční lázni do cirkulačního oplachu → snížení zatížení ionexů
 - většinou 2-stupňový protiproudý ponorový oplach s postřikem na 2. stupni



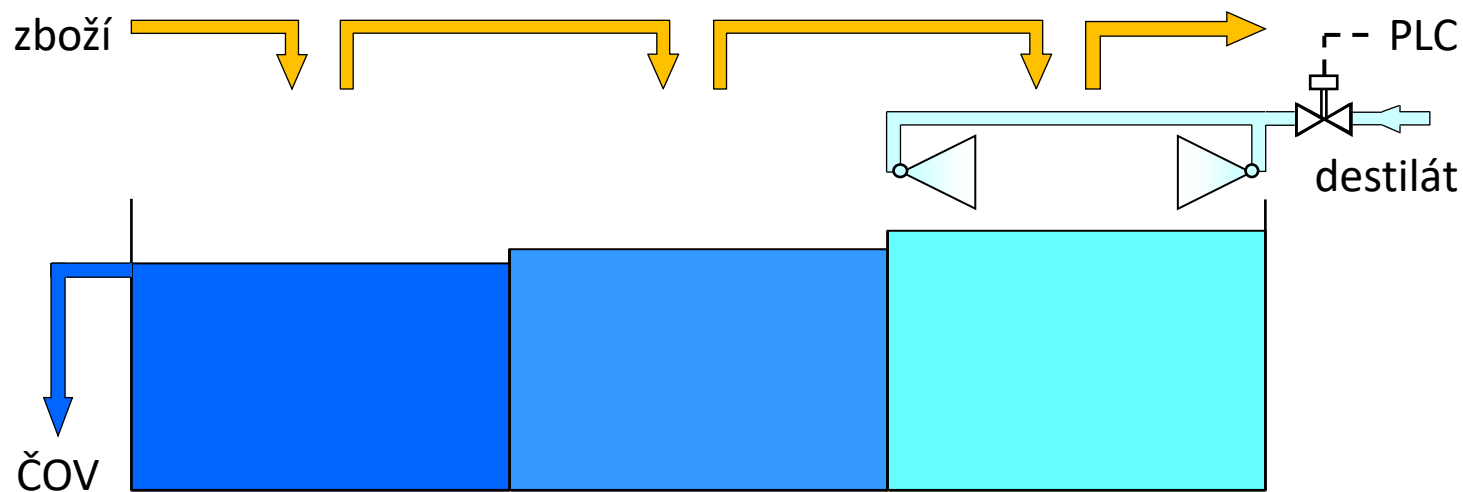
- cirkulace oplachových vod přes ionexy - oplachový systém
 - cirkulační oplach
 - velkým množstvím demineralizované vody
 - oplachová voda je z něj kontinuálně čerpána na ionexovou cirkulační stanici, je v ní vyčištěna a po vyčištění se vrací zpět do cirkulačního oplachu
 - velmi kvalitní opláchnutí dílů



- ne všechny oplachové vody lze nebo je smysluplné cirkulovat přes ionexy - jsou to např.:
 - oplachové vody s příliš vysokou koncentrací iontů
 - oplachové vody obsahující látky, které ionexy nezachytí, poškozují ionexy nebo se váží na ionexy ireverzibilně
 - povrchově aktivní látky (tenzidy)
 - ropné látky (oleje)
 - jiné organické látky
 - silné oxidační látky
 - komplexy nebo komplexotvorné látky



- po některých operacích 3-stupňové protiproudé ponorové oplachy (s postřikem na 3. stupni)



- zpětné využití vody z oplachů:
doplňování odparu a výnosu do všech odmašťovacích lázní
- manipulátory pro přenos dílů s odkapovou vaničkou:
okap lázní z dílů je zachycen v odkapové vaničce
a sveden přímo na čistírnu odpadních vod
→ nižší vnos lázní do oplachů
→ snížená spotřeba oplachové vody



- pomocí regenerace odmašťovacích lázní
→ prodloužení životnosti odmašťovacích lázní
- odlučovače oleje
 - gravitačně-koalascenční
 - odstraňování neemulgovaného oleje
- magnetický separátor - s permanentním magnetem
 - odstraňování magnetických částic

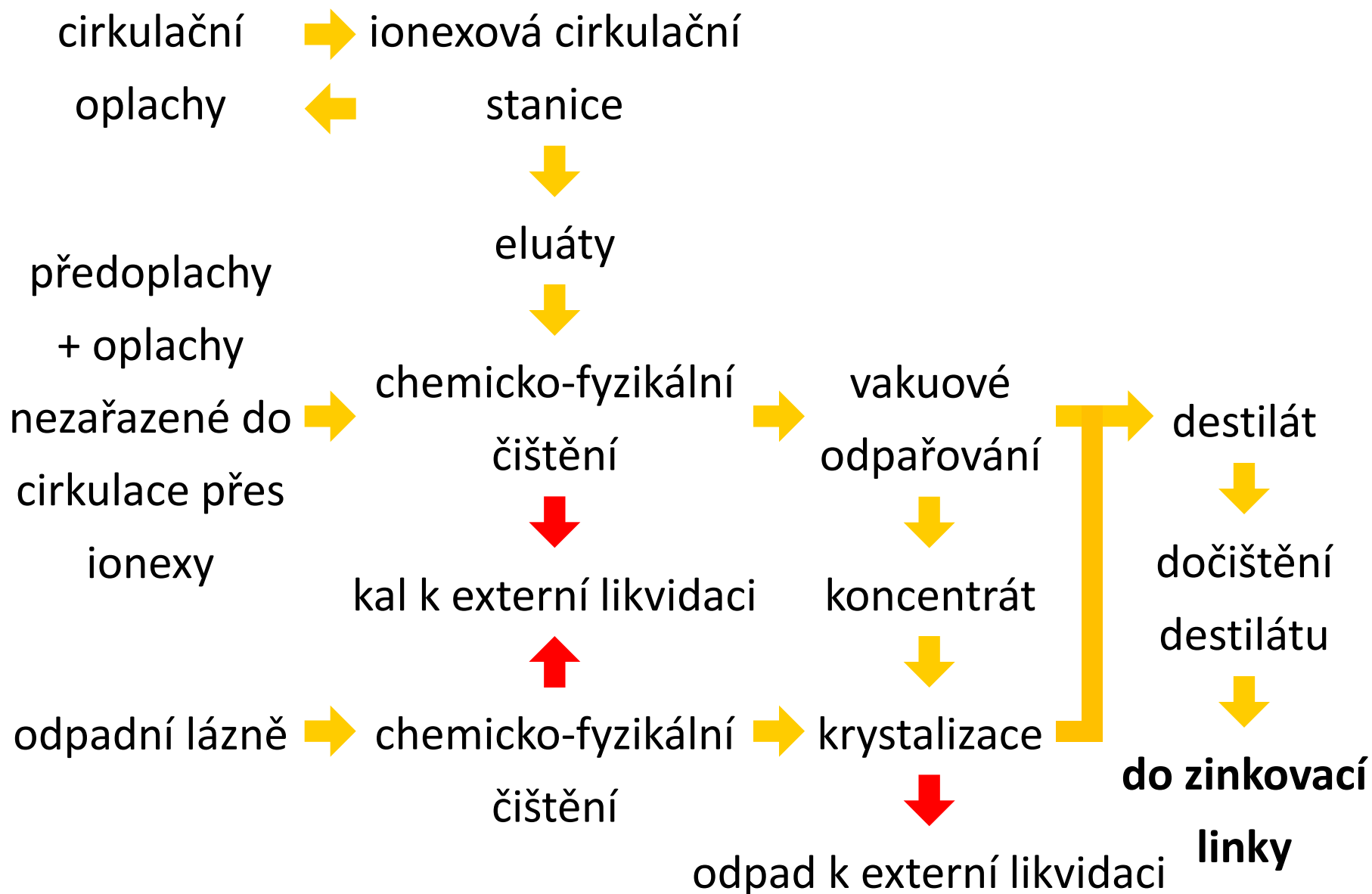


- Zero Liquid Discharge (ZLD) systém
 - založen na kombinaci cirkulace oplachových vod přes ionexy, chemicko-fyzikálního čištění, vakuového odpařování a krystalizace
 - veškerá vyčištěná voda je recyklována zpět do linky a nejsou produkovány žádné odpadní vody



- odpadní vody jsou rozděleny na následující druhy:
 - oplachové vody (předoplachy, oplachy nezařazené do cirkulace přes ionexy)
 - eluáty z ionexů (eluáty z katexů a anexů)
 - alkalické koncentráty (odmašťovací lázně)
 - kyselé koncentráty (mořící, aktivační a pasivační lázně)

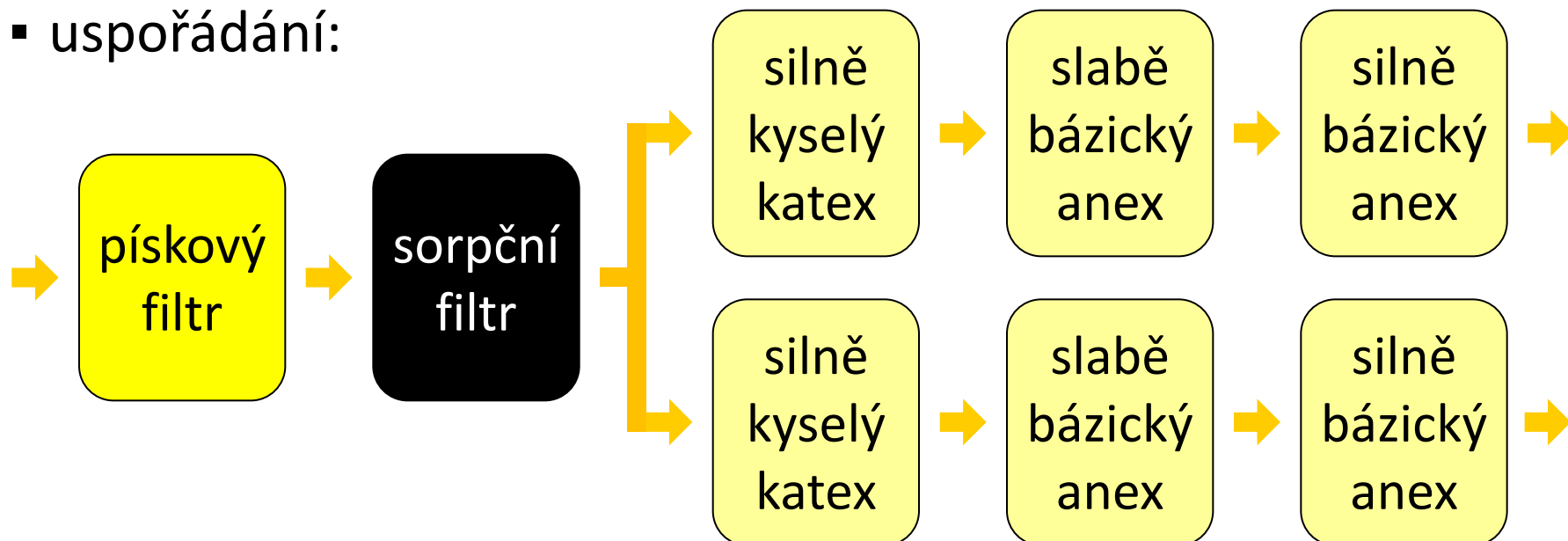




- přečerpávání znečištěné cirkulační vody od zinkovací linky
- zásobní nádrž znečištěné cirkulační vody
- ionexová cirkulační stanice
- zásobní nádrž demineralizované vody
- cirkulující množství: 7000 l/h



- uspořádání:



- pískový filtr - odfiltrování mechanických nečistot / kalů
- sorpční filtr (s aktivní uhlím) - záchyt organických látek
- zdvojená (duplexní) - 2 paralelní ionexové linky - jedna v provozu, druhá se regeneruje / je připravena → provoz 24/7
- s protiproudou regenerací → úspora regeneračních chemikálií
- ionexová cirkulační stanice AQUAREG ICS 7500

- vybaveny systémem pro úsporu vody na proplach po regeneraci (minimalizaci množství odpadních vod)

Typ	Výkon [l/h]
AQUAREG ICS 1250	1250
AQUAREG ICS 1850	1850
AQUAREG ICS 2500	2500
AQUAREG ICS 3100	3100
AQUAREG ICS 4350	4350
AQUAREG ICS 5000	5000
AQUAREG ICS 7500	7500
AQUAREG ICS 12500	12500
AQUAREG ICS 17500	17500
AQUAREG ICS 23500	23500
AQUAREG ICS 31000	31000

- verze se slabě i silně bazickými anexy vybaveny systémem pro úsporu NaOH pro regeneraci



- separátně oplachové vody + eluáty z ionexů a odpadní lázně - z důvodu vysoké koncentrace v lázních obsažených látek
- koagulace, neutralizace, flokulace, sedimentace (odstavné reaktory)
- separace kalu (kalolisy)
- filtrace upravené vody (pískové filtry)



- vakuová odparka s mechanickou rekompresí par (MVR)
- produkce destilátu max. 30000 l/den
- včetně: dávkování odpěňovače
automatického čištění odparky (cleaning in place, CIP)
chlazení destilátu
- vakuová odparka AQUADEST D 30000



- s mechanickou rekompresí par (MVR)
- var při $\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\sim 70\text{ kPa}$
- pro provoz potřebují pouze elektrickou energii
- nízká spotřeba elektrické energie: $\sim 50\text{ kWh/m}^3$ destilátu

Typ	Produkce destilátu [l/den]	Spotřeba [kW]
AQUADEST D 6000	6000	12,5
AQUADEST D 10000	10000	21
AQUADEST D 15000	15000	31
AQUADEST D 22000	22000	45
AQUADEST D 30000	30000	63
AQUADEST D 45000	45000	93
AQUADEST D 60000	60000	125

- krystalizace odpařováním
- krystalizační vakuové odparky s tepelným čerpadlem
- produkce destilátu max. 8000 l/den
- včetně dávkování odpěňovače
- zkoncentrování do formy krystalové kaše
- 2 krystalizační vakuové odparky AQUADEST KR 4000



- s tepelným čerpadlem
- var při 35-40 °C, 6-7 kPa
- pro provoz potřebují pouze elektrickou energii
- nízká spotřeba elektrické energie: ~ 200 kWh/m³ destilátu
- motorická škrabka pro míchání/stírání varné komory

Typ	Produkce destilátu [l/den]	Spotřeba [kW]
AQUADEST KR 250	250	3
AQUADEST KR 500	500	5
AQUADEST KR 1000	1000	9
AQUADEST KR 2000	2000	17
AQUADEST KR 3000	3000	25
AQUADEST KR 4000	4000	34
AQUADEST KR 6000	6000	51

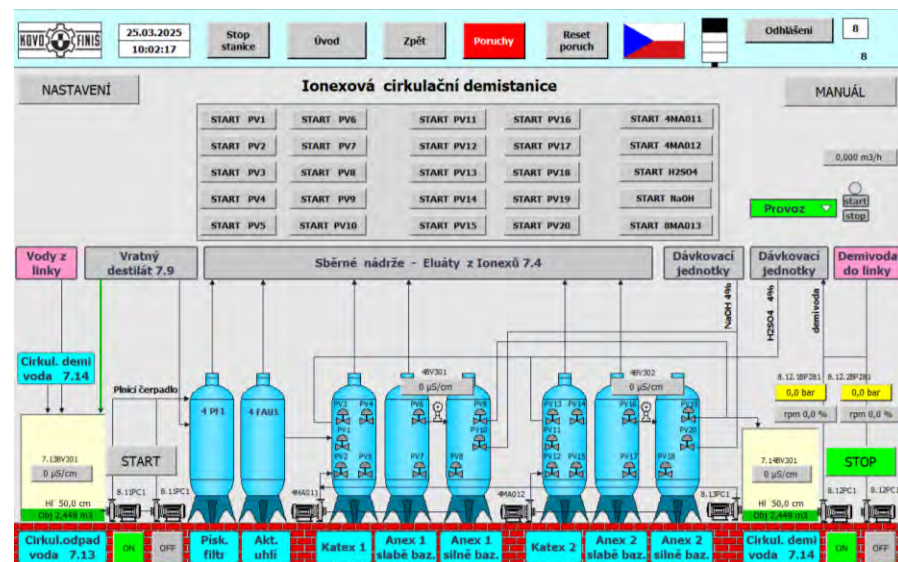
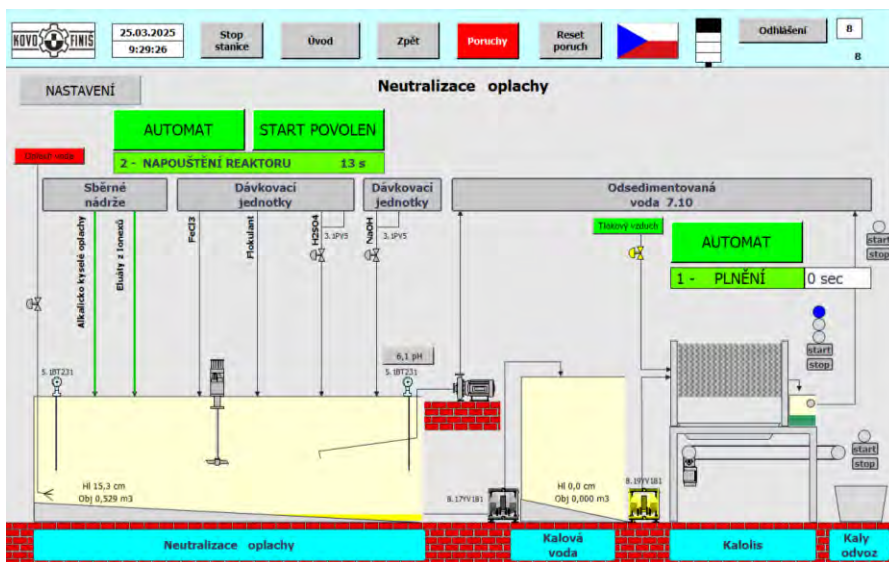
- odvodnění koncentráту z krystalizačních odparek
 - filtrace přes big-bag
 - téměř tuhý odpad
 - matečný roztok veden zpět do krystalizačních odparek



- adsorpce organických látek na aktivním uhlí
- desinfekce: dávkování biocidu
UV záření
- dočištěný a ošetřený destilát do zinkovací linky



- řídicí systém Siemens Simatic S7-1500, řízení z PLC (ne z PC)
- vizualizace na PC ve velíně a na dotykovém panelu v ČOV
- archivace
 - technologických parametrů - pH, vodivosti, průtoky
 - poruch
- řídicí a vizualizační programy (Kovofiniš) v prostředí TIA Portal



- voda vyčištěná ionexy: $\sim 168 \text{ m}^3/\text{den}$
- odpadní vody z linky: $\sim 24 \text{ m}^3/\text{den}$
- kal z kalolisu: $\sim 0,27 \text{ t/den}$
 $\sim 35 \text{ \% sušiny}$
($\text{Fe(OH)}_{2/3}$, $\text{Zn(OH)}_2 > \text{Ni(OH)}_2 > \text{Cr(OH)}_3$, Co(OH)_2 , další látky)
- odpad z krystalizace: $\sim 0,73 \text{ t/den}$
 $\sim 90 \text{ \% sušiny}$
($\text{NaCl} \gg \text{KCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaNO}_3 > \text{další látky}$)



$\sim 99 \text{ \%}$ odpadní vody
 $\sim 23,7 \text{ m}^3/\text{den}$ recyklováno



Děkuji za Váš čas a pozornost



Vít Holoubek

Seminář Čištění průmyslových odpadních vod | Prušánky – Nechory | 23. - 24. září 2026