

Technická specifikace

1. Název veřejné zakázky	
Modulární systém pro výuku dekontaminačních postupů	
2. Identifikační a kontaktní údaje dodavatele	
Obchodní firma / Název:	Amec Foster Wheeler Nuclear Slovakia s.r.o.
Právní forma:	Spoločnosť s ručením obmedzením
IČO:	31 413 668
Sídlo / místo podnikání:	Piešťanská 3, Trnava 910 01, Slovenská republika
Kontaktní osoba:	Ing. Marek Mečiar, Commercial Manager
E-mail:	Marek.meciar@woodplc.com
Tel./fax:	+421 33 324 96 02
	+421 914 388 002



PŘEDMĚT NABÍDKY

Předmětem nabídky je návrh a realizace dodávky malé laboratorní dekontaminační smyčky určené pro výuku a výzkum studentů v oboru dekontaminací. Smyčka se bude skládat z různých vzájemně propojitelných modulů. Základními požadavky jsou jednoduchost, vzájemná propojitelnost a kompatibilita, nahraditelnost jednotlivých modulů. Aparatura bude umístěna na laboratorním stole a senzory/ které obsahuje, budou logovatelné do PC.

SEZNAM ZÁKLADNÍCH KOMPONENT DEKONTAMINAČNÍHO OKRUHU

Název	Počet	Poznámka
Reaktor	2	Objem 1 a 3 litrů.
Elektrolytická vana	1	Objem 500 ml - 1 litr
Kolona na měnič iontů	4	Objem 20, 50, 100, 500 ml
Blok pro ohřev kolon	4	Průtoční chlazení/ ohřev kolony s vnějším blokem
Průtočný ohříváč	3	S čidlem teploty výstupního roztoku.
Termostat	1	Nahrazeno : Spirála 1.4 PTFE-Heating Rods GALMAFORM®
Pumpa	6	2 membránová čerpadla Verderair (VA-P08 a VA-P25) 4 peristaltické pumpy REGLO Digital (2x ISM831 a 2x ISM597)
Míchadlo s pohonem	2	Hřídlová míchadla AM20-D PRO dimenzovaná pro daný objem
Filtrační jednotka	2	Celkový objem 20 a 100 ml bez náplně
Elektrody a membrány	6	Příslušenství k elektrolytické vaně
Extrakční modul	2	K vývoji – viz obrázek v poslední kapitole
Promývací/kompenzační nádoba	2	Kompenzace změn objemu, volný objem roztoku
Senzor průtoku	4	Ultrazvukový senzor
Senzor pH	2	Trubkový segment s vyměnitelnou pH elektrodou.
Senzor teploty	4	Odporový senzor teploty
Senzor vodivosti	2	Standardní vodivostní měřící cela senzoru
Sběrnice pro připojení senzorů	1	USB připojení a napájení. Labview kompatibilní
Příprava pro NaI(Tl)	2	Průtočný adaptér pro vložení 2" NaI(Tl) detektoru.
Laboratorní stůl a záchytná vana	1	V provedení nerezová ocel s kulovým ventilem DN20 (nosnost 150 kg)
Laboratorní miniPC	1	Bez pohyblivých součástí, SSD, USB, pasivní chlazení
Pro připojení zařízení a senzorů k PC – použití standardních portů a kompatibilita s LabView.		



POPIS JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Reakční nádoba – reaktor (2 ks) s příslušenstvím

Základem dekontaminační smyčky je dekontaminační nádoba (reaktor), ve které bude probíhat kontakt kontaminovaného materiálu s dekontaminačním roztokem. Budou dodány 2 reaktory – reaktor o objemu 1 litr (ø11 cm x 11 cm) a větší reaktor o objemu 3 litry (ø16 cm x 15 cm), s tolerancí objemu méně než 10 %.

S ohledem na předpokládané teploty médií (max. 95°C) a charakter chemikálií a také s ohledem na mírný přetlak (do max. 5 % atmosférického tlaku) budou reaktorové nádoby vyrobeny z austenitické chrom-niklové nerezové ocele. Vzhledem k potřebě omyvatelnosti a dekontaminovatelnosti nádoby budou tyto nádoby zevnitř hladké bez výstupků a armatur. Vnější povrch obou reaktorových nádob bude opatřen tepelnou izolací, která bude mít také bezpečnostní funkci – ochrana před popálením.

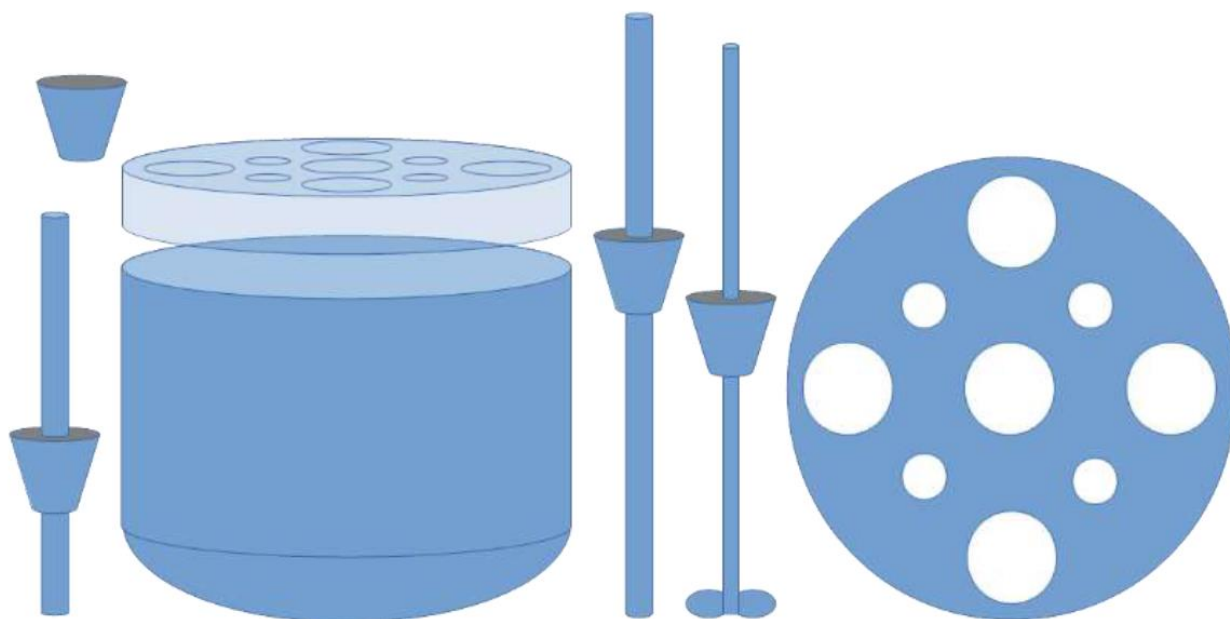
Dekontaminovat se budou kontaminované pevné kusové materiály (kovy, plasty, sklo, kamení, keramika, stavební materiál) a materiály práškové (písek, zemina, drcený kusový materiál).

Součástí příslušenství pro oba reaktory budou vnitřní nádoby přístupné pro dekontaminační roztok, ale zamezující volnému pohybu kusového materiálu nebo odplavení práškového materiálu – a to závěsný koš pro umístění kusových materiálů a nádoba s fritou pro práškové materiály.

Ohřev reaktorových nádob bude zabezpečen pomocí topné spirály 1.4 PTFE-Heating Rods GALMAFORM®, použitelné pro obě nádoby. Bude umožňovat kontrolu teploty díky zpětným vazbám na teplotní senzory umístěné do vhodného místa okruhu/reaktoru.

Technický list zařízení – příloha 1.

Míchání každého reaktoru bude zajišťovat hřídelová míchačka AM20-D PRO s dostatečným výkonem pro míchání daného objemu kapaliny i při významně vyšší viskozitě. Umožňuje nastavení a kontrolu otáček v rozsahu 50 až 2200 rpm s přesností 1 rpm. Zařízení má ochranu proti přetížení s funkcí AUTO-STOP. Řízení provozu bude možné také prostřednictvím ovládacího softwaru. Dodané zařízení (2 ks) má dostatečnou třídu odolnosti pro práci v chemické laboratoři. Technický list zařízení – příloha 2.



Obr 1: Vizualizace konstrukce dekontaminačního reaktoru

Víka reaktorů budou plynotěsné do 5 % nad atmosférický tlak, fixované svorkami a s ucpávkami pro nepoužívané vstupní otvory. V každém víku bude 5 vstupních otvorů o větším průměru a 4 vstupní otvory o menším průměru pro čidlo na měření pH, teplotní čidlo, pro odběry vzorků, dávkování roztoků, míchání, ohřev, atd. Otvory ve víku budou sloužit také k případnému zabezpečení cirkulace dekontaminačních roztoků pomocí níže specifikovaných cirkulačních čerpadel.

Technické listy reakčních nádob – příloha 3.

Elektrochemická vana

Nádoba elektrolytické/ elektroforetické vany bude vyrobena z teflonu (materiál EPDM). Vana bude mít obdélníkový půdorys (vnější rozměry 20 x 10 x 10 cm) se zakulacenými vnitřními hranami. Maximální pracovní objem bude 1 l elektrolytu. Stejně jako v případě reaktorů, vnitřní povrch nádoby bude – kromě vodicích lišt, které budou integrovány do těla nádoby – bez armatur, hladký a bez otvorů. Vodicí lišty budou sloužit pro vytvoření oddělených prostor s ekvivalentními objemy a to použitím přepážek. Přepážky, včetně sady náhradních, budou součástí dodávky, sada bude obsahovat 2 diafragmy, 2 kationtově selektivní membrány a 2 aniontově selektivní membrány ve formě rámečků tak, aby šly volitelně a těsně zasunovat do vodicích lišt a byly přístupné výměně.

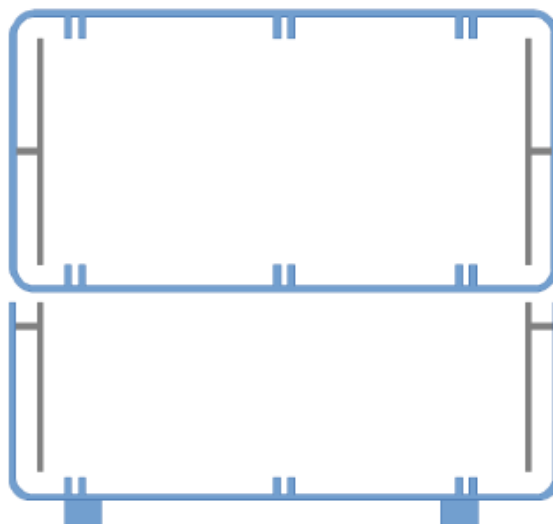
Technické listy membrán – příloha č. 4

Elektrody budou připojitelné do držáků na protilehlých kratších stěnách nádoby, u stěn krajních elektrodových prostor (viz obr. 2). Budou se používat minimálně dvě sady elektrod podle proudové hustoty a dalších podmínek – konkrétní rozměry dodaných elektrod budou odpovídat požadovaným parametrům (rozměrům elektrolytické vany naplněné 10% H₂SO₄). Jedna sada elektrod (2 Pt elektrody ve formě drátu o průměru 1-2 mm) svými rozměry umožní dosáhnout vyšších proudových hustot než 2 A/cm², druhá sada bude mít výrazně vyšší (>10x) plochu (2 Pt elektrody ve formě plechu o tloušťce 1 mm a rozměrech 8 x 8 cm). Navíc budou dodány nejméně 2 elektrody z nerezové síťoviny a kompaktního nerez o stejných rozměrech, tj. o tloušťce 1 mm a rozměrech 8 x 8 cm.

Svorky k elektrodám budou výměnné a odolné vůči korozi, s otvorem pro napájecí konektor.

Elektrochemická vana bude zakryta víky podle počtu dělicích přepážek a v každém víku budou zaslepitelné otvory pro odpouštění nebo odtah plynů (s kohoutem), odběr vzorků z daného prostoru, dávkování nebo měření teploty (nejméně 2), možnost dávkování a cirkulace (nejméně 2 otvory).

Víka zajistí oddělení plynů vznikajících v anodovém a katodovém prostoru, a to tak, aby bylo zabráněno kontaktu vyvíjených plynů z prostoru katody a anody (bezpečnostní opatření).



Obr 2: Vizualizace (nárys a půdorys, bez víka) možné konstrukce elektrolytické vany s rozdělením třemi přepážkami.



K vaně bude dodán (spolu s nezbytnou kabeláží) stejnoseměrný laboratorní zdroj s jedním regulovatelným výstupem. Zobrazuje aktuální hodnoty na regulovatelném výstupu pomocí velkého LCD displeje - zobrazení U, I, P. Zdroj umí komunikovat s počítačem přes RS-485 a umožňuje přímé zadávání hodnot pomocí klávesnice. Výstupní parametry:

Regulovatelný kanál: 1...40V/5A

Max. výstupní výkon: 200 W

Rozměry: 193 x 98 x 215 mm

Hmotnost: 3 kg

Další technické detaily – Technický list elektrolytické vany – příloha č. 5

Do vany bude možné vložit nerozový koš na vzorky, který bude pracovat jako jedna z elektrod. Koš se bude vkládat asymetricky vždy k jedné straně elektrolytické cely tak, aby byl přichycen do vodicích lišt a mohl být zakryt víkem. Víka a přepážky zajistí nemísitelnost plyných zplodin elektrolýzy uvnitř v nádobě.

Kolony

Kolony budou částí systému, kde bude docházet k odstranění rozpuštěných kontaminantů na sorpčních materiálech a měničích iontů. Budou dodány a podle podmínek budou používány kolony o objemech 20, 50, 100 a 500 ml s poměry průměru a výšky 1:3 – 1:8. Kolony budou nejméně z jedné strany rozebíratelné a z obou stran zakončeny fritami. Optimální konstrukce je ponechána na dodavateli, nicméně je preferován inertní průhledný materiál, aby bylo do kolony vidět a mohl by tak být vizuálně sledován její stav. Ohřev/chlazení kolony budou realizovány pomocí vnějšího bloku a pro kontrolu teploty budou dodané teplotní čidla do hlavy kolony. Ohřev/chlazení budou realizované průtočně, univerzálně pro všechny typy kolon, přes thermostat zařazený před vstupem na kolonu.

Ohřev bude možné řídit z PC.

Průtočný ohřivač

Součástí dodávky budou 3 bloky průtočného ohřevu zapojitelné do dekontaminačního okruhu například před prvky okruhu, které pracují při zvýšené teplotě. Ohřivače budou kompenzovat změny teploty roztoku, ke kterým dojde při cirkulaci celým okruhem (ztráty v okruhu, chlazení před kolonou, dopouštění z kompenzační nádoby...), před návratem roztoku do reaktoru. Bloky průtočného ohřevu budou mít malý průtočný objem s topným elementem, kontrolu teploty na výstupu a přípravu na připojení a řízení z PC.

Pumpy a čerpadla

Budou dodány 2 čerpadla pro cirkulaci roztoku a 4 pumpy pro dávkování a odběr vzorků. Všechny dodaná čerpadla budou připojitelná k PC a softwarově říditelná

Pro cirkulaci dekontaminačního roztoku budou dodané 2 membránová čerpadla Verderair – VA-P08 a (VA-P25, která jsou určena k provozu s těžšími kapalinami jako např. silné kyseliny a jsou dostatečně chemicky odolná proti všem činidlům uváděným v technickém zadání, úroveň krytí IP 30.

Výhodou je bezúdržbovost čerpadla a možnost chodu nasucho. Průtok je nastavitelný v celém rozsahu čerpacích rychlostí pumpy (0 - max). Požadované provozní parametry a ovládání (start, stop, směr čerpání, průtok) je možné nastavit samostatně na čerpadle, ale zároveň je možná plná komunikace (řízení, logování) s PC. Čerpadla disponují adekvátním výkonem k celkovému objemu smyčky. Rozsahem průtoku se liší přibližně 10 x, přičemž výkonnější čerpadlo (VA-P25) je schopné přečerpat při maximálním průtoku celkový objem smyčky v několika minutách. Měření přečerpaného objemu bude zabezpečeno extra dodanými průtokoměry.

Technické listy – příloha 6

Pro dávkování činidel a odběr vzorků budou dodané 4 kusy peristaltických pump REGLO s výměnnými čerpacími hadičkami, dostatečně chemicky odolná proti všem činidlům uváděným v technickém zadání,



úroveň krytí IP 30. Výhodou je bezúdržbovost čerpadla a možnost chodu nasucho Průtok je nastavitelný v celém rozsahu (0 - max). Požadované provozní parametry a ovládání (start, stop, směr čerpání, průtok) je možné nastavit samostatně na čerpadle, ale zároveň je možná plná komunikace (řízení, logování) s PC.

2 pumpy budou výkonnější umožňující průtok $50-60 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ (ISM831) a 2 pumpy budou méně výkonné umožňující průtok do $20 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ (ISM597) s dělením až 0,1 %.

Jedna výkonná a jedna méně výkonná pumpa bude umožňovat paralelní, synchronní čerpání 2 roztoků.

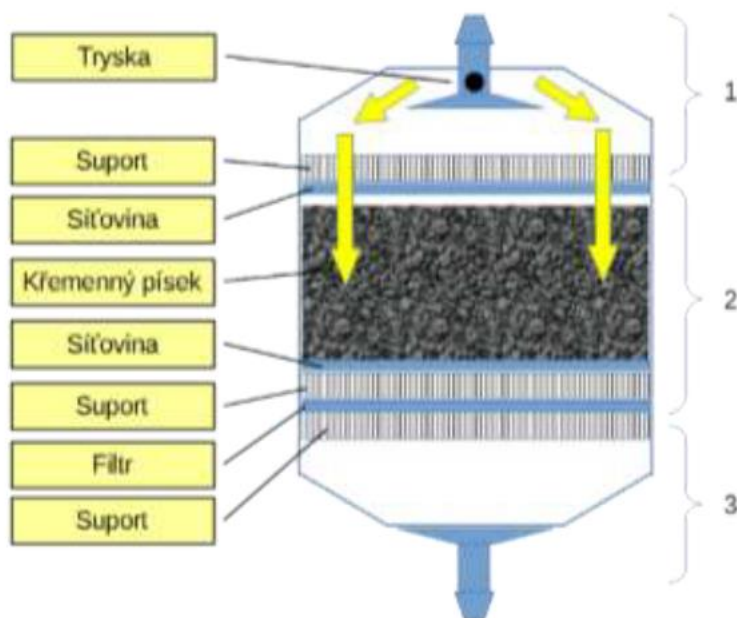
Součástí dodávky bude také sada náhradních čerpacích hadiček z chemicky a mechanicky odolného materiálu o 3 různých průměrech, 5 kusů od každého průměru.

Technické listy – příloha 7

Filtrační jednotka

Budou dodány 2 průtoční filtrační jednotky s objemem 40 a 100 ml. Tělesa filtračních jednotek budou zhotoveny z průhledného materiálu s dostatečnou mechanickou pevností a základní chemickou odolností.

Filtrační jednotka je určena jako zábrana proti proniknutí částic z různých komponent okruhu do separační kolony, extraktoru nebo i pumpy.



Obr 3: Vizualizace konstrukce filtrační kolony při plnění pískovým ložem (1 - vstupní část, 2 -prostřední měnitelná část, 3 - výstupní část).

Filtrační jednotka bude schopna zachytit hrubé i jemnější nečistoty, aniž by došlo k výraznému snížení průtoku nebo nárůstu tlaku v systému. Vzhledem k potřebě modifikace a čištění bude rozebíratelná na jednotlivé komponenty. Vstupní část bude obsahovat vtokovou trysku s kuželem, který rozprostře přítokový proud do „pístového“ toku, a odvzdušňovací ventil.

Jednotlivé části budou k sobě šroubovací a mezi dosedacími plochami bude těsnění (O-kroužek). Prostřední část se bude skládat z několika na sebe šroubovatelných částí, každá na jedné straně se závitem vnitřním, na druhé vnějším. Jako suport může být použita skleněná plastová frit (S1, S2), pokud bude použita síťovina, tak vyměnitelná nerezová (podle chemické odolnosti). Jejím hlavním účelem je oddělení sypkého filtračního materiálu od supportu a tato funkce může být vyřešena modifikacemi – např. jinou konstrukcí, jinou porozitou suportů a dodáním dostatečného množství výměnných suportů.



Výše uvedené platí pro obě dodávané kolony s objemem 40 a 100 ml, kde menší je určena pro boční smyčky a menší průtoky. Objemy reprezentují vnitřní objem složené kolony bez náplně a mohou být změněny na základě požadavků na průtok a zapojení do smyčky až o 25 %. Výška filtrující části kolony bude přibližně odpovídat jejímu poloměru.

Spojovací materiál

Jako spojovací materiál budou přednostně použity bezodkapové rychlospojky s chemicky odolným těsněním (Viton apod.), jejichž tělo bude vyrobeno z chemicky a mechanicky odolného plastu. Tam, kde to bude z hlediska bezpečnosti provozu vhodnější, budou použity šroubované spoje nebo rychlospojky LuerLock v dostatečném průměru.

Konektory pro všechna elektrická zapojení budou splňovat podmínky dostatečného krytí a chemické odolnosti jejich povrchu, jejich zapojení bude pevné, jištěné proti vypadnutí (šroubovací pojistka) a s pojistkou proti vytržení kabelu z konektoru.

Pro spoje pomocí tuhých trubek (sklo, plast) bude dodané kromě přímých trubek navíc 60 % množství trubek typu T a ohybů 90°, v případě ohebných spojovacích trubek pak odpovídající množství přímých a T a 90° spojek.

Množství přímých trubek bude počtem odpovídat alespoň 1,6-násobku počtu, který bude potřeba na propojení všech modulů.

Senzory

Senzory, které jsou součástí některého z modulů (teplota v reaktoru, průtočný ohříváč, řízení průtoku vestavěné v pumpách a čerpadlech apod.) se do celkového počtu senzorů nezahrnují.

Kromě nich budou dodány:

4 senzory průtoku,

2 senzory pH,

4 senzory teploty

2 senzory vodivosti,

kteří budou ve formě krátkých průtočných segmentů připojitelných kamkoliv mezi jednotlivé moduly. U senzorů teploty a pH postačuje napěťová odezva (mV), obdobně u senzorů vodivosti bude zapojení takové, aby mohl být čten odpor mezi elektrodami.

U senzorů průtoku bude zajištěn výstup v jednotkách průtoku nebo dostupná kalibrace. Rozsah senzorů průtoku bude s používanými průtoky - 1 x měření do 20 ml.min⁻¹, 1 x měření do 100 ml.min⁻¹, zbývající dva pokrývající rozsah cirkulačních čerpadel. Senzory průtoku budou vhodné pro měření uvedených typů kapalin a budou provozovány bez přímého kontaktu s roztokem. Měření průtoků bude realizováno s použitím příložného ultrazvukového průtokoměru který nemá elektrody ve styku s měřeným médiem. Měření probíhá v rozsahu teplot média do 200°C, při teplotě okolí do 65 °C. Montáž průtokového snímače je realizována na vnější část potrubí bez zásahu do samotného potrubí systémem „clamp-on“. Minimální světlost potrubí je DN15. Budou dodány 2 přístroje.

Technické listy – příloha 8

Pro měření pH se použije přenosný pH / ORP metr pH70+ DHS s parametry:

Rozsah -2,00 až 16,00 pH

Rozlišení 0,1/0,01 pH

Přesnost ±0,01 pH + 1 LSD (opslední platná číslice))

Kalibrace 3 bodová automatická (pufre USA, NIST)



Senzor BNC konektor – připojení různých typů elektrod

ORP

Rozsah -1 000 až +1 900 mV

Rozlišení +0,1 mV (± 200 mV)/1 mV (v rozsahu vyšším)

Přesnost $\pm 1\%$ z celého rozsahu + 1 LSD (poslední platná číslice)

Teplota

Rozsah -10 až 110,0°C

Rozlišení 0,1°C

Přesnost $\pm 0,5^\circ\text{C}$

K měření pH ale i konduktivity budou ve smyčce připraveny měřící body sestávající z malých průtočných nádržek s objemem 50-100 ml integrovaných ve smyčce (v případě, že nebudou použity, bude možné je těsně uzavřít). pH i konduktivita se může dle potřeby měřit také v modulech smyčky (reaktory, elektrolytické cely).

Navržené typy pH metrů slouží zároveň k měření teploty. Budou dodány 2 přístroje.

Technické listy pH metrů – příloha 9

K měření teploty budou kromě toho dodány další 2 senzory (spolu s výše uvedenými bude tak splněn požadavek zadání 4 ks). Použité odporové snímače teploty mají závitové připojení, svařovanou vícedílnou válcovou jímku (typu 2G) s nastavkem. Tento snímač teploty pro běžné aplikace je možno zašroubovat přímo do procesního potrubí nebo nádrže. Je vhodný pro měření teploty kapalin a plynů do +600°C. Materiál jímky: korozivzd. ocel 1.4404 / 316L nebo 1.4571 / 316Ti.

Pro měření konduktivity se použije přenosný konduktometr WTW Cond 3310, s možností přenosu neměřených dat do PC pomocí USB rozhraní s následovnými parametry:

Technické údaje

Typ	Cond 3310
Konduktivita	0,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 1000 mS/cm
Salinita	0,0 – 70,0 (podle IOT)
TDS	0 – 1999 mg/l, 0 – 199,9 g/l
Teplota	-5,0 – 105,0 °C $\pm 0,1$ °C
Přesnost	$\pm 0,5\%$
Napájení	4x 1,5 V AA nebo 4 x 1,2 V NiMH

Kompenzační nádoby

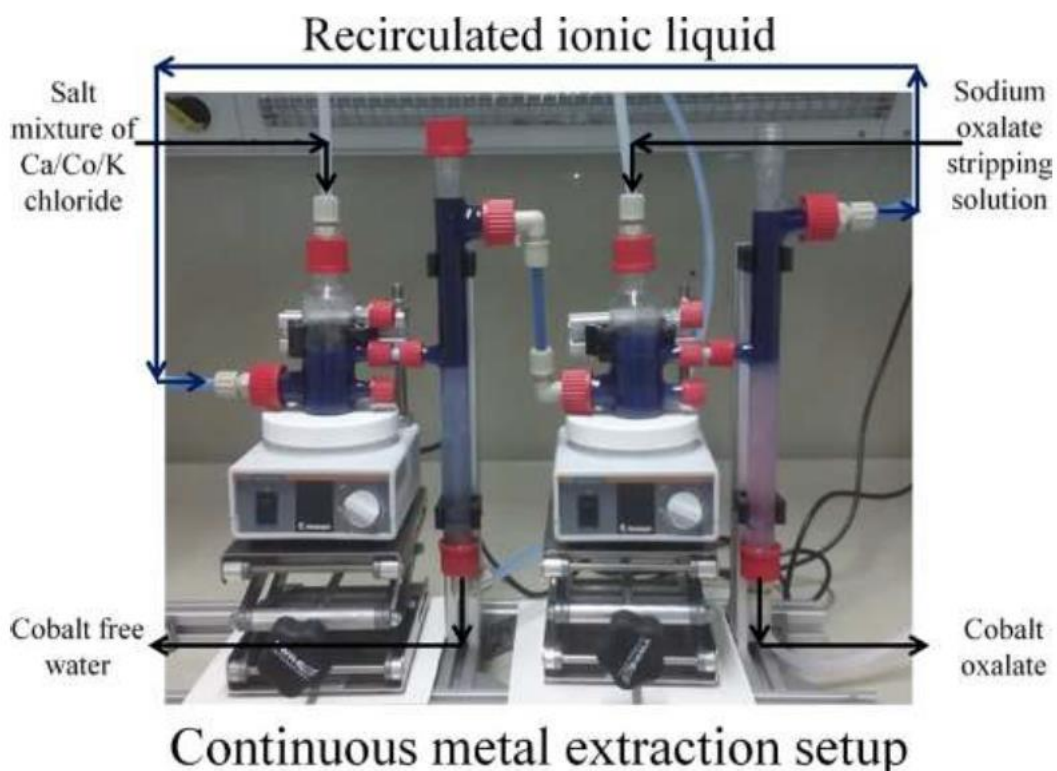
Nádoby budou vyrobeny z nerez a budou připojitelné přes kohout na dně nádoby k trubkovému segmentu typu T. Hlava kompenzační nádoby bude obsahovat kohout pro spojení s atmosférickým tlakem. Objem nádoby bude odpovídat objemu reaktoru – dodávka bude obsahovat 2 nádoby o objemu 1 a 3 litry.

Extrakční modul

Extrakční modul se skládá z mísicí nádoby (extraktor) a separační trubice (separátoru), které musí být z chemicky odolného materiálu i pro běžná organická rozpouštědla (aceton, kerosen, alifatické alkoholy od methanolu po dekanol, benzen, toluen, chloroform, diethylether) – optimálně sklo, neboť bude možné sledovat průběh extrakčního procesu. Míchání magnetické zvnějšku, samostatný okruh pro organickou fázi s čerpáním. Náhled na uspořádání extraktorů je na obrázku, ukazuje i možné řešení celé aparatury.



Součástí dodávky budou 2 extrakční moduly, každý o objemu extraktoru 50 – 100 ml a se separační trubici o polovičním objemu.



Obr 4: Konstrukce extrakční aparatury se dvěma extraktory (mísící nádoba a separační trubice) a ukázka možného propojení skleněných trubic.

Příprava pro detektor

Průtočný segment s otvorem pro 2“x 2“ NaI(Tl) detektor. Otvor pro detektor bude obtékán roztokem, tloušťka stěny mezi detektorem a roztokem nebude větší než 1 mm. Vnitřní geometrie segmentu nebude obsahovat ostré hrany a nebude bránit volnému proudění kapaliny. Měřená vrstva kapaliny o tloušťce 1-1,5 cm. Segment bude rozebíratelný, aby bylo možné ho čistit. Zároveň musí dobře těsnit – O-kroužky na dosedacích plochách. Segment bude stíněn nejméně 1 cm olova nebo jeho ekvivalentem (nerezový blok).

Sběrnice a PC

Sběrnice bude schopna připojení všech senzorů a ovládacích portů připojených zařízení, podle potřeby je možné použít 2-3 sběrnice vybavené analogovými a digitálními I/O porty. Z pohledu požadavku dalšího zpracování signálu v prostředí LabView mohou být s výhodou využity zařízení od National Instruments nebo kompatibilní.

Dodaný počítač bude třídy miniPC (například varianty HP 260 G2 DM, rozměry max. 20 x 20 cm) bez pohyblivých součástí a plně pasivní (chlazení povrchem, pokud možno uzavřená skříň), výkonově na úrovni Core i3, nejméně 500 GB SSD, USB 3.1, Windows 10, Wi-Fi, RJ-45. Použití jiného operačního systému musí být zdůvodněno. Bude předvedena funkčnost všech knihoven nezbytných k provozování dekontaminační smyčky a čtení dat. Součástí dodávky bude monitor (FullHD, 24“, odezva < 4ms, LED, pozorovací úhly >178° ve všech směrech, VESA kompatibilní).



Software

Součástí dodávky bude jednoduchý software - rozhraní, který sdruží ovládání všech komponent a prokáže jejich funkčnost (spouštění a ovládání komponent, čtení a logování hodnot). Součástí bude grafické uživatelské rozhraní.

Program bude otevřený pro modifikace, k dodání se zdrojovým kódem pod GPL nebo ekvivalentním typem licence a se všemi nezbytnými SW knihovnami.

Laboratorní stůl a sběrná vana

Celou dekontaminační smyčka bude možné umístit na speciální laboratorní stůl, který je součástí dodávky. Stůl bude mít rozměry 100 x 160 cm a výšku 96 cm (včetně stěny vany o výšce 5 cm). Vrchní deska stolu bude mít povrch ze snadno dekontaminovatelného materiálu (leštěná nerez) ve formě vany s okrajem zdviženým o 5 cm nad rovinu desky (zádržný objem vany 80 l) a s odtokovým kohoutem s vnitřním průměrem 1,5 – 2,5 cm. Povrch vydrží teploty až 100°C bez měknutí a je chemicky odolný k níže uvedeným prostředím a vůči mechanickému poškození. Pod každý ze samostatně stojících modulů budou dodány nevodivé (gumové apod.) podložky.

Ke stolu nad úroveň vany bude možné připevnit vertikální mříž o rozměrech 160 x 60 cm s velikostí ok 10 x 10 cm, která bude vyrobena z nerez. Připojení mříže ke stolu bude možné na obou delších stranách stolu a uprostřed kratších stran stolu, kdy bude mříž půlit stůl po délce. Připojení každé strany mříže bude nejméně 2 bodové a rozebíratelné, kdy upevňovací trn/tyč bude dlouhý alespoň polovinu výšky mříže (60 cm) a vzdálenost mezi úchytkami ke konstrukci stolu bude alespoň 20 cm.

Pod vrchní deskou bude ve vzdálenosti 30 – 40 cm odkládací plocha v rozměrech vrchní desky, která bude sloužit k umístění zdrojů, některých pump, zásobních lahví apod.

Další plochou bude pojízdný, běžně dostupný komerční stolek pro počítač s monitorem dle daného popisu, jeho delší hrana bude odpovídat šířce stolu s dekontaminační smyčkou a hloubka stolku bude 60 cm. U stolku bude možné sedět, kolečka budou mít brzdy.

Oba stoly budou svařeny z lakovaných ocelových profilů, odkládací povrchy z materiálů používaných na povrchy v chemických laboratořích (lamino).

Technické listy – příloha 10

KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY

Vzhledem k předpokládaným teplotám a použití různých typů agresivních roztoků pro různé způsoby dekontaminace je třeba použít teplotně stabilní a chemicky odolné materiály. Předpokládaná činidla:

- Středně koncentrovaná HCl, HNO₃, H₂SO₄ a H₃PO₄, (do cca 15-20 %)
- Zásady – hydroxidy alkalických kovů a kovů alkalických zemin, hydroxid amonný, (cca 15-20%)
- Oxidační činidla – H₂O₂, KMnO₄, K₂S₂O₈, Ce(IV), chloritany, chloristany
- Redukční činidla – hydrazin, hydroxylamin, KI

Nepředpokládá se použití organických činidel (kromě extrakční smyčky) a kyseliny fluorovodíkové. Po otestování je možné použití HBF₄ (tetrafluoroboritá kyselina).

Průhlednost aparatury je velkou výhodou. Je nutné si uvědomit, že aparatura bude primárně sloužit k výuce a k laboratorním experimentům studentského výzkumu k ročníkovým pracím a je proto důležité, aby studenti/operátoři viděli, jak každá část aparatury funguje.

Díky zapojení elektrochemických částí je preferován nevodivý konstrukční materiál a to jak z bezpečnostních, tak technologických důvodů (bludné proudy, zkratky...)



Nepředpokládají se žádné silové rázy technologického původu (čerpadla, ventily apod.), použitá čerpadla musí být chemicky odolná pro čerpání výše zmíněných roztoků. Jejich vnější konstrukce musí být vhodná pro radiochemickou laboratoř – dostatečné krytí vzhledem k účelu a dekontaminovatelnost povrchu.

Materiál pro ohřev. Pokud bude ohřev roztoku realizován „přímo“ tzn. topným elementem ponořeným přímo do roztoku, musí být topný element odolný výše uvedeným chemickým látkám za zvýšené teploty, kterou bude mít jeho povrch v kontaktu s roztokem (240°C +) – keramické spirály, platinová nebo křemenná topná tělíska apod. Povrch těchto elementů by měl být hladký a chemicky inertní, aby nedocházelo k obtížně odstranitelným depozitům zadržujícím radionuklidy. Jinak je nutné ohřívat systém přes výměník nebo termostatem přes dvouplášťové stěny nádob.

Povrchová úprava

Je ke zvážení a spíše se bez dobrého důvodu nedoporučuje použití kovových částí aparatury pokrytých nějakým odolným povrchovým materiálem. U velkých částí (reaktor, elektrolytická vana) může docházet během operací k narušení povrchu tvrdými předměty (např. kusem oceli určeným k dekontaminaci, elektrodou, upevňovacím nástrojem...). Může být obtížné zajistit, aby nedošlo k mechanickému narušení povrchové vrstvy a následné korozi materiálu pod ní, která nakonec povede například k odloupení vrstvy nebo ke kontaminaci radionuklidy pod touto vrstvou. Pokud je použití krycí vrstvy nezbytné, její tloušťka by měla být nejméně 1 mm.

Doporučené materiály:

- Reaktory: sklo.
- Elektrolytická cela: sklo nebo chemicky odolný plast (PP, PTFE nebo ekvivalent), průhlednost není podmínkou)
- Spojovací trubky: sklo - odolný materiál pro průhledné a přímé spojení modulů; FEP nebo PTFE. FEP má výhodu průhlednosti i mírné pružnosti, je otázka výrobitelnosti trubek o potřebném rozměru. Nebo jiný ekvivalentní odolný fluorovaný kopolymer.
- Nátrubky a spojovací materiál: nerez pro mechanicky odolné části, PTFE nebo PP pro chemicky namáhané části – podle mechanické odolnosti – nebo jiný ekvivalentní odolný polymer. Sklo se závity a PTFE kohouty (viz obrázek).
- Materiál míchadla – sklo nebo PA66 + GF30 nebo jiný chemicky stálý a mechanicky odolný plast.

