

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mapování stavu výuky membránových procesů na technických vysokých školách v České republice

2012

OBSAH

1.	Úvod	3
2.	Rozvoj vzdělávání v oblasti membránových procesů	3
3.	Středoškolské vzdělávání v oblasti membránových procesů	4
4.	Terciární vzdělávání v oblasti membránových procesů	5
4.1	Stupně studia	5
4.1.1	Bakalářský stupeň studia	5
4.1.2	Magisterský stupeň studia	5
4.1.3	Doktorský stupeň studia	6
5.	Přehled technických a přírodovědných vysokých škol v ČR	6
5.1	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze	6
5.2	Univerzita Pardubice	22
5.2.1	Fakulta chemicko-technologická – Ústav environmentálního a chemického inženýrství	22
5.3	Technická univerzita v Liberci	28
5.4	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava	31
5.5	Západočeská univerzita v Plzni	32
5.5.1	Nové technologie – výzkumné centrum	32
5.6	Vysoké učení technické v Brně	34
5.7	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně	38
6.	Ostatní vysoké školy	39
7.	Závěr	39

1. Úvod

Česká republika se v současné době potýká s nedostatkem vysoce kvalifikované pracovní síly, a to především ve vazbě na strukturu české ekonomiky v technicky a přírodovědně orientovaných oborech. Rozvinuté terciární vzdělávání ve všech jeho stupních představuje základní nezbytnou podmínku rozvoje jakéhokoli průmyslového odvětví. Tento požadavek vystupuje dále do popředí v případě vysoce technologicky vyspělých, někdy též populárně nazývaných „high-tech“ technologií s vysokou přidanou hodnotou produkce. Tyto technologie tvoří páteř ekonomiky průmyslově rozvinutých států. Membránové procesy rozhodně patří do této skupiny technologií. Úroveň a typ vzdělávání v této oblasti je navázán na způsob jejich uplatnění a stupeň rozšíření v průmyslové praxi.

Z detailního průzkumu situace mezi jednotlivými vzdělávacími institucemi v ČR vyplynulo, že v tomto okamžiku lze vzdělávání charakterizovat jako značně nesourodé. Charakteristická je absence uceleného systému a cílené strategie, která by posluchačům poskytla odpovídající teoretický základ, na který by navázaly detailní informace v jednotlivých specifických směrech tohoto širokého multidisciplinárního oboru. Tato situace představuje jednu z významných překážek dalšího rychlého rozvoje tohoto mladého dynamického oboru s velkou perspektivou řešení řady problémů naší technologicky vyspělé společnosti. Proto Česká membránová platforma o.s., která si klade za cíl rozšiřování a propagaci membránových procesů v rámci České republiky, tomuto problému věnuje zaslouženou pozornost.

2. Rozvoj vzdělávání v oblasti membránových procesů

Role CZEMP v oblasti vzdělávání je významná a zasahuje do řady oblastí. Nelze očekávat, že by platforma přímo suplovala roli vzdělávacích zařízení na různých úrovních, ale může jim poskytnout podporu a koordinovat jejich aktivity. Největší přímou roli platformy lze spatřovat v oblasti propagace, popularizace oboru a celoživotního vzdělávání, které rozšíří základní informaci o roli membránových procesů v rozvoji technicky vyspělých společností a o perspektivě uplatnění absolventů tohoto konkrétního oboru v praxi. Další významná role platformy v budoucnu spočívá v poskytování podpory tomuto vzdělávacímu oboru ve smyslu vzdělávacích materiálů, které vznikají v rámci jejich širších aktivit a ve zprostředkování případných přednášejících pro specializované přednášky, či výukové moduly. Jsou plánovány informační návštěvy a semináře na středních školách, orgánech státní a komunální správy a u vhodných podnikatelských subjektů. Na vhodně zvolená témata budou rovněž organizovány pravidelné odborné semináře, workshopy jak pro laickou veřejnost, tak i pro konkrétní subjekty. Ty by se v budoucnu měly stát základním mechanismem zvyšování kvalifikace pracovníků formou celoživotního vzdělávání. Vedle těchto aktivit však bude i nadále poskytovat podporu institucím terciárního vzdělávání v oblasti zprostředkování studijních materiálů, odborných praxí a stáží. Přímou podporou těchto aktivit je projekt spolufinancovaný Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky pod názvem „*Akcelarace rozvoje membránových procesů prostřednictvím spolupráce v tematicky orientované síti*“ (ARoMem), řešený v rámci OP VK, Prioritní osa 2 – Terciární vzdělávání, výzkum a vývoj; Oblast podpory 2.4 – Partnerství a sítě (vyhlášeno MŠMT). Projekt je realizován v období 2011 – 2014.

3. Středoškolské vzdělávání v oblasti membránových procesů

Středoškolský stupeň vzdělání je zdánlivě vzdálen od přípravy specialistů pro membránové procesy, ale není tomu tak. Pokud chceme získat dostatečný počet zájemců o studium tohoto oboru, je zapotřebí motivovat perspektivní středoškolské studenty pro tuto problematiku co nejdříve. To umožní ovlivnit výběr jejich maturitních předmětů a rovněž volbu vysoké školy, na které budou absolvovat své navazující studium, stejně tak jako studijní program, který si pro své studium zvolí. Této skutečnosti jsou si vědomy jak jednotlivé vysoké školy, tak CZEMP. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (VŠCHT), stejně jako další vysoké školy poskytující vzdělání v oblasti chemie, chemické technologie a materiálového inženýrství, přistupuje k této problematice aktivně již delší dobu a organizuje řadu propagačních akcí napříč středními školami v regionu i v rámci celé ČR.

VŠCHT realizuje tyto aktivity např. prostřednictvím projektu POPUCH, který je financován z prostředků Evropského sociálního fondu prostřednictvím Operačního programu Praha Adaptabilita a státního rozpočtu České republiky. Cílem projektu je popularizace vědy a techniky na pražských středních školách, motivace žáků středních škol ke studiu technických či přírodovědných oborů. Konkrétně se jedná o popularizaci chemie a chemických oborů a o přiblížení vědy srozumitelným způsobem žákům středních škol. Formy popularizace jsou různé s cílem přiblížení chemie způsobem, který je atraktivní, zábavný, přitom vysoce účinný a bez něhož se neobejde náš každodenní život. Jedná se např. o „Hodiny moderní chemie I.-III.“, se kterými vyjíždějí studenti a doktorandi z VŠCHT Praha do škol a předvádějí studentům SŠ chemii zábavnou formou. Více informací je uvedeno v příloze č.1. Dále jsou to prakticky zaměřené aktivity jako např. „Chemie pro středoškolské chemiky“ a „Středoškolští žáci v roli výzkumníků“. Více informací je na www.vscht.cz/popuch.

Další významnou částí projektu je podpora středoškolských učitelů chemie, kteří během vzdělávacích akcí svých žáků získají nové kontakty s pracovníky VŠCHT Praha, inspiraci pro svoji další výuku a řadu nových materiálů, které budou moci využít při výuce. Akce nese název Letní škola středoškolských profesorů a studentů – CHEMIE PRO ŽIVOT a je pořádána v na konci letních prázdnin.

Všechny výše uvedené aktivity jsou však akce obecné, které sice zahrnují rovněž ukázky vybraných membránových procesů, ale nezdůrazňují jejich význam. To je logické, neboť jednotlivé vysoké školy univerzitního typu nezbytně propagují veškeré studijní programy, které zajišťují a nezaměřují se obvykle specificky na propagaci jednoho z nich. V této oblasti je tedy prostor pro aktivity CZEMP, a to zejména formou propagačních seminářů na středních školách jak pro studenty, tak pro pedagogické pracovníky. První propagační semináře na vybraných středních školách proběhly v roce 2011 a prokázaly jak zájem středních škol o tento typ aktivity, tak živý zájem vlastních studentů. To je povzbudivé zjištění, které je jednoznačně motivační do budoucna. Pro tento typ aktivit však CZEMP postrádá odpovídající typ informačních materiálů, které musejí být v nejbližším období postupně doplněny.

V blízké budoucnosti bude snahou CZEMP rozšířit tento typ aktivit na co nejrozsáhlejší soubor středních škol, preferenčně ve spolupráci nejen s univerzitami, ale zejména i s průmyslovými partnery, kteří mohou studenty informovat o potenciálu jejich profesního uplatnění po ukončení studia.

4. Terciární vzdělávání v oblasti membránových procesů

Jak plyne z odborného zaměření veřejných vysokých škol v ČR, jsou k dané problematice nejbližší *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze a Fakulta chemicko-technologická Univerzity Pardubice*. Obě tyto školy ve svých studijních a výzkumných programech pokrývají oblast materiálového i procesního inženýrství. Výuka membránové problematiky však probíhá v omezené míře také na dalších technických a přírodovědných vysokých školách. Přehled technických vysokých škol je uveden dále v textu.

4.1 Stupně studia

4.1.1 Bakalářský stupeň studia

Bakalářské studium představuje velice významnou složku vysokoškolského studia. Posluchači poskytují obecné základy dané oblasti, pro kterou se při volbě vysoké školy a studijního programu rozhodl. Ať již se v navazujícím magisterském studiu rozhodne pro jakoukoliv užší specializaci, ta bude vždy stavět na základech získaných v průběhu tohoto prvního stupně studia. Proto je kvalita a volba těchto základů rozhodující pro výchovu kvalitního a úspěšného specialisty. Z uvedeného tedy opět zdánlivě vyplývá, že v oblasti chemické technologie a chemického inženýrství nezbyvá prostor pro specializaci na užší oblast membránových procesů. To je však pravda pouze částečně, a to zejména z jednoho základního důvodu. Předpokladem úspěšného membránového procesu je vedle dobře navržené, zoptimalizované a zkonstruované technologie zejména dostupnost a volba optimální membrány. Stejně tak v případě výchovy membránového technologa je nezbytný kvalitní multidisciplinární základ jeho vzdělání. Na rozdíl od klasického chemického technologa nebo materiálového inženýra má toto vzdělání silně multidisciplinární charakter a to je nezbytné při výchově těchto specialistů zohlednit.

Prvním krokem pro zlepšení výše uvedené situace bylo v roce 2010 podání žádosti VŠCHT Praha o rozšíření akreditace bakalářského studijního programu „*Aplikovaná chemie a materiály*“ (akreditováno na Fakultě chemické technologie) o studijní obor „*Vodíkové a membránové technologie*“. Akreditace byla udělena v prvním čtvrtletí roku 2011. Nabízený studijní obor pojímá jako jediný problematiku vodíkových a membránových technologií komplexně na základě odpovídajícího interdisciplinárního přístupu. Více informací o tomto studijním oboru je uvedeno v kapitole 5.1.

4.1.2 Magisterský stupeň studia

V magisterském stupni studia je již situace do jisté míry odlišná, a to jak vzhledem ke stávající situaci, tak k předpokladům zavedení specializovaného studijního oboru.

V magisterském stupni studia již dochází ve výuce k posunu ke konkrétním specializacím a v souvislosti s tím k užšímu provázání jednotlivých přednášených předmětů s výzkumným profilem každého konkrétního pracoviště. Vzhledem k tomu, že membránové procesy jsou součástí výzkumných programů řady laboratoří VŠCHT Praha i Univerzity Pardubice, nezbytně nalézají svůj odraz i v odborných předmětech jimi zajišťovaných. Vesměs se však dosud jedná o útržkovité informace zaměřené na konkrétní problémy, které postrádají systematický přístup a hlubší pochopení celé problematiky. Jistou výjimku představuje předmět *Membránové procesy* přednášený na VŠCHT Praha. Avšak i tento předmět se zaměřuje více či méně na konkrétní typy procesů, ale do značné míry opomíjí jejich materiálový základ a

hlubší souvislosti mezi strukturou materiálu membrány a její využitelností pro konkrétní aplikaci.

V současné době bohužel v ČR neexistuje žádný cíleně zaměřený magisterský studijní program nebo obor, který by poskytoval ucelené a logicky uspořádané vzdělání v membránovém oboru. Velice významná je v tomto směru aktivita VŠCHT Praha, kdy je připravována akreditace nového studijního oboru v návaznosti na stupeň bakalářský (Vodíkové a membránové technologie).

4.1.3 Doktorský stupeň studia

Nejvyšší ze stupňů vysokoškolského vzdělávání pokračuje v trendu předchozích dvou stupňů. Důraz vlastního studia se přesouvá primárně na výchovu ke schopnosti samostatné vědecké práce a rozhodující úsilí jak studenta, tak vedoucího jeho práce, se upírá k řešení vlastního výzkumného projektu. Zkoušky z odborných předmětů slouží zejména k posílení teoretických znalostí studenta v oblasti jeho práce, popř. ke zvýšení jeho předpokladů vyřešit úkoly stanovené definovanými cíli jeho disertační práce. Tato situace je významným způsobem odlišná od předchozích dvou stupňů vzdělávání a vyplývá z ní jedna zásadní konsekvence. V tomto stupni studia není nezbytně nutné v tomto okamžiku zavádět samostatný studijní obor a tímto způsobem soustřeďovat výuku doktorandů v této oblasti na omezený počet pracovišť. Tato otázka se může stát potenciálně významnou v okamžiku, kdy dojde k nárůstu počtu posluchačů předchozích dvou stupňů studia na úroveň, kdy zabezpečí dostatečné obsazení specializovaného doktorského studijního oboru. Ovšem i v takovém případě bude takový studijní obor pokrývat pouze omezené procento disertačních prací zaměřených na problematiku membránových procesů. Jejich značná, a lze předpokládat, že dominantní část, bude i nadále probíhat v rámci zavedených tradičních studijních oborů. To však nemá žádný výraznější negativní dopad na úroveň disertačních prací a přípravy absolventů.

5. Přehled technických a přírodovědných vysokých škol v ČR

5.1 Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Adresa: Technická 5, Praha 6
www.vscht.cz

Součástí této školy jsou následující fakulty:

- Fakulta chemické technologie
- Fakulta chemicko-inženýrská
- Fakulta potravinářské a biochemické technologie
- Fakulta technologie ochrany prostředí

Na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze (VŠCHT Praha) neprobíhá vzdělávání v problematice membránových procesů cíleně a zcela koordinovaně. Díky svému narůstajícímu významu pro průmyslovou praxi je součástí celé řady učebních programů a jednotlivých předmětů, avšak v žádném z uvedených případů není tematika sledována komplexně. V několika předmětech jsou membrány příležitostně uvedeny jako příklad

materiálu, ale nelze je uvést jako předmět systematického zájmu. Jako příklad lze jmenovat předmět „*Produktové inženýrství I*“. Tato skutečnost logicky vyplývá z cílů bakalářského stupně studia, které se zaměřuje zejména na seznámení posluchačů se základními informacemi daného oboru a v omezeném časovém rozsahu neumožňuje věnovat se hlouběji pokročilým technologiím.

Výjimku představuje nový bakalářský obor „*Vodíkové a membránové technologie*“ nabízený od akademického roku 2012/2013 v rámci studijního programu „*Aplikovaná chemie a materiály*“ na Fakultě chemické technologie. Nabízený obor vychází z přirozených chemických a fyzikálních základů chemických věd a materiálového inženýrství. Věnuje odpovídající pozornost jak vlastním procesům, jejich vývoji, optimalizaci a provozu, tak i materiálům membrán, jejich výrobě a charakterizaci s ohledem na předpokládané využití. Poskytuje rovněž základní úvod do problematiky aplikací membránových procesů, a to včetně oblasti vodíkových technologií v energetice. Představuje vhodnou volbu pro studenty se zájmem o dynamicky se rozvíjející oblast membránových procesů nalézajících dnes široké průmyslové uplatnění zejména v oblasti čištění odpadních vod a procesních roztoků, separace plynů, zpracování potravin a perspektivně, zejména prostřednictvím vodíkových technologií, rovněž v energetice.

Základem studia tohoto oboru jsou aplikované teoretické předměty umožňující získání odpovídajícího teoretického základu zejména v chemických, chemicko-inženýrských a materiálových vědních disciplínách. Ty jsou vhodně doplněné výukou prakticky zaměřených předmětů. Předkládané studium je výrazně mezioborové a jedinečným způsobem spojuje základy materiálového a procesního inženýrství. Získané teoretické znalosti mohou studenti dále rozvinout v oblasti výroby a charakterizace membrán a vývoje a provozu membránových technologií, stejně tak jako v oblasti energetiky a vodíkových technologií. Studenti získají praktické zkušenosti v týmové práci při řešení výzkumných projektů zaměřených na odpovídající technologie a s nimi související aspekty. V průběhu studia se posluchači profilují v rámci volitelných předmětů a práce v laboratořích v oblastech orientovaných na membránové procesy a vodíkové technologie pro energetiku. Předpokládá se, že absolventi bakalářského studia mohou pokračovat v dalším studiu v obdobně zaměřených magisterských studijních programech na českých i zahraničních univerzitách, nebo mohou nastoupit přímo do praxe, kde naleznou odpovídající uplatnění v některé z výše uvedených oblastí. Bližší informace o tomto studijním oboru jsou uvedeny v příloze č. 2.

Značně odlišná situace nastává v případě magisterského stupně studia, které poskytuje již významně větší prostor pro specializaci posluchačů a z toho důvodu i pro hlubší studium pokročilejších technologií, včetně membránových procesů. Tento fakt již na první pohled odráží počet studijních programů zahrnujících některé aspekty membránových procesů. Jako hlavní z nich lze uvést programy Chemie a chemické technologie; Chemie materiálů a materiálové inženýrství; Biochemie a biotechnologie; Technologie potravin; Technická fyzikální a analytická chemie a Chemické inženýrství, bioinženýrství a matematické modelování procesů. Z uvedeného seznamu magisterských studijních programů je zcela zřejmé, že v rámci VŠCHT Praha se setkáváme s jednou velmi silnou výhodou a zároveň nevýhodou vzdělávání v oblasti membránových procesů. Za klíčovou výhodu lze považovat nesmírně široký rozsah problematik pokrývaných pracovníky školy. Ten sahá od základních principů výroby a charakterizace materiálů až po detailní studium vysoce specializovaných membránových separačních technologií. Tato širší odborných tematik je ale zároveň hlavní příčinou nejzávažnějšího současného nedostatku vzdělávání na poli membránových procesů v rámci VŠCHT Praha, kterou je absence významnější koordinace a cílené orientace výuky.

V rámci jednotlivých studijních programů jsou informace o membránových procesech prezentovány především v rámci předmětů zaměřených na specifické problémy chemické a biochemické technologie a inženýrství. Membránový proces je pojmán jako používaný nástroj, popř. jako předmět výzkumu prostřednictvím prezentované techniky. Výjimku představuje předmět nazvaný shodně s Univerzitou Pardubice *Membránové procesy*, který je zaměřený výhradně na tento typ chemických a chemicko-inženýrských problémů. Konkrétní struktura magisterského studia se základními údaji o jeho cílech a o profilu absolventa jsou uvedeny v příloze č. 3.

V rámci doktorských studijních programů se situace stává z vnějšího pohledu ještě méně přehlednou. Příčinou je zejména vysoká specializace témat řešených prací, z nichž pouze malá část se zaměří na zkoumání principů a materiálů pro membránové procesy. Rozhodující část tyto techniky využívá spíše jako nástroje, popř. k vývoji a optimalizaci procesů. Obdobná situace panuje v předmětech nabízených v rámci teoretické části doktorského studia.

Lze tedy konstatovat, že v současnosti je v rámci VŠCHT Praha věnována problematice membránových procesů značná pozornost na magisterské a doktorské úrovni studia, stejně tak jako v rámci výzkumných projektů. Tyto aktivity však do značné míry trpí právě roztržitostí jednotlivých aktivit. To se týká jak vzdělávání, tak výzkumu. Ve vzdělávání lze hlavní nevýhody roztržitosti aktivit spatřovat v již zmíněné skutečnosti, že posluchači jsou seznamováni s membránovým procesem či procesy pouze z jistého úhlu pohledu bez hlubšího pochopení vzájemných souvislostí. Jejich vzdělání v této oblasti je tedy pouze jednostranné. Je tím omezena jejich schopnost nalezení optimální cesty řešení problému v případě odchylky z pole původní specializace. Dílčí problémy lze spatřovat také v terminologii používané v rámci vývoje i popisu tohoto typu procesů. Může to nadále komplikovat komunikaci uvnitř vlastní komunity. Právě tato situace se ještě více prohlubuje díky značné šíři problematik pokrytých v rámci VŠCHT Praha. Shodná situace panuje v celonárodním měřítku. Přirozenou cestou však v minulosti došlo k separaci zaměření obou institucí. Zatímco Univerzita Pardubice se primárně zaměřuje na problematiku charakterizace membrán, tlakové membránové separační procesy a difúzní dialýzu, VŠCHT Praha je aktivní zejména v oblasti přípravy polymerních a anorganických membrán, jejich charakterizaci a potenciální uplatnění v chemickém a potravinářském průmyslu a v ochraně životního prostředí. Zároveň se intenzivně zaměřuje na elektromembránové separační procesy včetně elektrodialýzy, na problematiku palivových článků a membránové elektrolyzy. Aktivity obou pracovišť však probíhají prakticky odděleně.

V níže uvedených tabulkách č.1 a 2 je uveden souhrn výuky předmětů a závěrečných prací zahrnujících problematiku membránových procesů na VŠCHT.

Název předmětu	Bc./Mgr./Ph.D. studium	Rozsah výuky	Typ výuky	Sylaby	Počet studentů	Další info
P=povinný V= volitelný		hodin/týden	P= přednáška S= seminář L= laboratoř		průměr za 5 let	
V -Transportní děje a membránové separační procesy	Ph.D.	2	P	- Opakování základů termodynamiky izolovaných a uzavřených soustav - Termodynamika vícesložkových soustav - Bilanční rovnice (obecná rovnice kontinuity), bilance hmoty, bilance entropie - Základy lineární nevratné termodynamiky (princip lokální rovnováhy, lineární závislost zobecněných toků na zobecněných silách, Onsagerův teorém reciprocity, minimální produkce entropie v ustáleném stavu) - Saxenovy vztahy, elektrokinetické jevy - Transportní děje v roztocích elektrolytů (difúze, migrace, konvekce) - Nernstův-Donnanův potenciál, potenciál kapalinového rozhraní - Membránové rovnováhy. Osmotická rovnováha (reverzní osmóza), Donnanova rovnováha (Donnanova dialýza) - Sedimentační rovnováhy - Difúze – 1. a 2. Fickův zákon, difúze ve vícesložkových soustavách - Řešení 2.Fickova zákona, metody stanovení difuzních koeficientů - Membránové separační procesy (mikrofiltrace, ultrafiltrace, reverzní osmóza, dialýza, elektrodialýza, dělení směsí plynů a par, pervaporace).	5	čeština/ Doc.Ing.Milan Šípek CSc.
V - Fyzikální chemie pro technologickou praxi	Ph.D.	2	P	- Úvod. - Historie membránových procesů a základní definice - Materiály a materiálové vlastnosti membrán - Příprava syntetických membrán - Charakterizace membrán - Membránové procesy: - Tlakově řízené - Koncentračně řízené - Teplotně řízené - Řízené elektrickým polem - Membránové reaktory a bioreaktory - Koncentrační polarizace a procesní problémy u membránových procesů - Membránové moduly a optimalizace procesů - Průmyslové využití membránových procesů a jejich potenciál dnes a zítra	6	čeština/ Ing.Pavel Izák Ph.D.

P - Membránové procesy	Mgr.	2	P	1. Basic membrane types and their preparation 2. Characteristic properties of membranes, methods of testing 3. Membrane separation processes – classification according to the driving forces 4. Membrane separation processes based on the concentration gradient - osmosis, dialysis 5. Pressure membrane processes – reverse osmosis, ultrafiltration, microfiltration, nanofiltration 6. Electromembrane processes – electrodialysis, electrodeionization 7. Ion exchange membranes as solid electrolyte – “zero-gap” membrane electrolysis 8. Utilization of ion exchange membranes in fuel cells 9. Micro- and mezzo- porous membranes for gas and liquid separation 10. Mechanism of mass transfer in membranes 11. Utilization of membranes in separation technologies, industrial applications 12. Membrane reactors for homogeneous reactions 13. Membrane reactors for heterogeneous catalytic reactions 14. Membrane technologies in chemical industry, directions of development	10	angličtina/ Prof.Dr.Ing.Karel Bouzek 7 kreditů
P - Membránové procesy	Mgr.	1	S		10	angličtina/ Ing.V.Fíla, Ph.D.
P - Separace v biotechnologiích	Mgr.	2	P	1. Biotechnologická výroba jako sekvence operací - od substrátu k produktu 2. Charakter separovaných materiálů a bioproduktů a jejich vlastnosti. Volba separačního procesu 3. Membránové procesy, membrány, moduly - základní charakteristiky 4. Mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza 5. Membránová destilace, pervaporace, permeace plynů a par 6. Elektrodialýza, membránová elektrolýza 7. Kapalně membrány, pertrakce, reaktivní membrány 8. Elektromigrační procesy, elektroforetické metody 9. Extrakce superkritickými kapalinami, vodné dvoufázové systémy, extrakce biopolymérů, 10. Preparativní chromatografické metody - princip, nosiče a uspořádání; adsorpční chromatografie, chromatografie na molekulárních sítích 11. Chromatografie na iontoměničích 12. Chromatografie s hydrofóbní interakcí, chromatografie na reverzní fázi, afinitní chromatografie - biospecifické interakce 13. Integrace bioproduktu s up- a down-stream" technikami. Membránové bioreaktory. Průmyslové aplikace.	11	čeština/ Prof.Ing.K.Melzoch, Ph.D. 4 kredity

				14. Strategie a ekonomika při volbě separační techniky a purifikační sekvence		
V - Speciální separační metody v úpravě vody	Mgr.	3	P	1. Technická, ekonomická a ekologická vhodnost různých desalinačních postupů 2. Srážecí procesy 3. Elektrolytické vylučování kovů 4. Membránové procesy - princip, charakteristika, použitelnost. Elektrodialýza 5. Reverzní osmóza 6. Iontová výměna, vlastnosti ionexů 7. Rovnováha, selektivita, kinetika a kolonová dynamika iontové výměny 8. Provoz ionexové kolony - sorpce, praní, regenerace, vymytí 9. Ionexové postupy - změkčování dekarbonizace, deionizace, demineralizace 10. Příprava ultra-čisté vody, elektrodeionizace 11. Selektivní sorpce a separace kovů iontovou výměnou; chelatující ionexy 12. Úprava pitné vody ionexy 13. Odstranění organických látek z vody; čiření, sorpční anexy, neionogenní sorbenty 14. Selektivní sorpce aniontů. Anorganické sorbenty - vlastnosti a použití	15	čestina/ Ing.H. Parschová, Ph.D. 5 kreditů
V - Membránové a sorpční procesy v úpravě vody	Ph.D.	3	P	1. Destilace 2. Srážecí procesy 3. Elektrochemické procesy 4. Membránové procesy - princip, charakteristika, použitelnost 5. Elektromembránové procesy – elektrodialýza, elektrodeionizace 6. Tlakové membránové procesy - reverzní osmóza, nanofiltrace, ultrafiltrace, mikrofiltrace 7. Iontová výměna, vlastnosti ionexů, rovnováha, selektivita, kinetika a kolonová dynamika iontové výměny 8. Provoz ionexové kolony - sorpce, praní, regenerace, vymytí 9. Ionexové postupy – změkčování, dekarbonizace, deionizace, demineralizace 10. Selektivní sorpce a separace kovů iontovou výměnou; chelatující ionexy 11. Selektivní sorpce aniontů. Anorganické sorbenty - vlastnosti a použití 12. Odstranění organických látek z vody; čiření, sorpční anexy, neionogenní sorbenty 13. Příprava ultračisté vody, úprava pitné vody ionexy 14. Kombinované procesy	5	čeština/ Doc.Ing.L.Jelínek + Ing.H.Parschová, Ph.D.

P - Separální procesy v biotechnologiích	Mgr.	2	P	1. Přehled a třídění separačních procesů. Fázové rovnováhy, pojem rovnovážného stupně. 2. Kapalinová extrakce, superkritická extrakce, vyluhování, pertrakce. 3. Destilace a rektifikace. 4. Adsorpční metody, iontová výměna, chromatografie. 5. Protiproudé adsorpční metody. Technika simulovaného protiproudého lože. 6. Gelová chromatografie, afinitní chromatografie. 7. Filtrace a centrifugace. 8. Membránové dělicí procesy: mikro- a ultrafiltrace, reversní osmosa, dialýsa. 9. Membránová destilace a pervaporace. 10. Membránové dělení plynů. Kapalně membrány. 11. Elektro-membránové separační procesy, elektrodialýza. 12. Elektroforesa a isoelektrická fokusace. 13. Sušení a mrazová sublimace. 14. Srážení a vysolování, krystalizace.	18	čeština/ Prof.Ing.P.Hasal,Ph.D 4 kredity
Separální procesy v biotechnologiích	Mgr.	1			18	čeština/ doc.Ing.M.Příbyl, Ph.D.
P - Separální procesy	Mgr.	2	P	1. Úvod, charakteristika předmětu Specifická úloha of technologií malého měřítka v chemickém průmyslu, rysy farmaceutických procesů, zvětšování měřítka farmaceutických procesů, návrh a optimalizace vsádkových procesů, složitější případy vývoje procesů 2. Bilance, rovnovážné patro, fázové rovnováhy Pravidla pro formulaci bilancí, odvozování rovnic, typický aparát - kolona s protiproudým tokem fází, řešení rovnic. 3. Extrakce kapalina - kapalina Výběr rozpouštědla (extrakčního činidla), typy extraktorů, návrh procesu, hmotnostní bilance, příklad výpočtu 4. Extrakce tuhá fáze - kapalina (vyluhování) Definice (mechanismus, procesní metody), příklady aplikací, typy extraktorů, návrh procesu, hmotnostní bilance, numerické řešení nelineárních rovnic, řízení procesu, příklad výpočtu 5. Superkritická extrakce Definice, termodynamický základ, typy extraktorů, návrh procesu, řízení procesu, průmyslové aplikace 6. Kapalinová chromatografie Úvod a definice, klasifikace, metody, vybavení, stacionární and mobilní fáze 7. Adsorpce Definice a základní veličiny, Gibbsova adsorpční izoterma,	15	čeština/ Doc.P.Čapek,Ph.D. 5 kreditů

				modely adsorpčních izoterem, vícesložkové adsorpční izotermy, odhad parametrů izoterem 8. Preparativní kapalinová chromatografie Modely chromatografických kolon, návrh procesu, sběr rovnovážných dat 9. Adsorpční procesy Mikropórovité adsorbenty, základní charakteristika procesů, cyklické vsádkové systémy (CBS), desorpční (regenerační) metody pro CBS, kontinuální protiproudé systémy (CCS), simulované pohyblivé lože (SMB) 10. Mrazové sušení (lyofilizace) Úvod, výhody, zmrazení, vlastní sušení, rychlosti sušení, aparáty 11. Membrany a přenos hmoty Úvod, základy přenosu hmoty v membránách, principy membránových separací, typy membrán 12. Membránové separační procesy Typy membránových procesů, konstrukce a výroba membránových modulů, koncentrační polarizace a zanášení membrán 13. Krystalizace Základní definice, fázová rovnováha, základní bilance, tvorba zárodků, kinetika růstu krystalů, hydrodynamické vlastnosti suspenzí, řízení tvaru krystalů, vlastnosti produktu, metody krystalizace sublimace a desublimace 14. Krystalizátory klasifikace a návrh krystalizátorů		
P - Separální procesy	Mgr.	2	S		15	čeština/ Doc.P.Čapek,Ph.D.
P - potravinářské inženýrství a bioinženýrství	Bc.	3	P	1. Základy mechaniky tekutin. Newtonské a neneutonské tekutiny. Proudění v potrubí. 2. Dispersní soustavy. Filtrace, mikrofiltrace a ultrafiltrace. Usazování. Odstředivky. 3. Sdílení tepla vedením a prouděním, var, kondensace, chlazení. Výměníky. Sálání. 4. Sdílení hmoty konvekci a difusí. Koncentrační pole. Mezifázová výměna hmoty. 5. Výměníky hmoty. Výška výplně, převod. jednotky, rovnovážné stupně. Zahlcení. 6. Destilace binárních a vícesložkových směsí. Rektifikace, počet pater, poměr zpětného toku. 7. Adsorpce a chromatografie. Kolony, adsorbenty, rovnováhy. Krystalizace z roztoků. 8. Sušení pevných materiálů a plynů, lyofilizace. Kinetika sušení. Bilancování. Typy sušení. 9. Membránové procesy, Plynová permeace, reversní osmosa, pervaporace,	18	čeština/ Prof.P.Hasal,Ph.D. 6 kreditů

				elektrodialýza. 10. Bilancování v biologických procesech. Stechiometrie biologických procesů. 11. Kinetika enzymových reakcí, základní kinetické vztahy. Kinetika růstu buněčných populací. 12. Vsádková a kontinuální kultivace mikroorganismů. Popis dynamiky a ustálených stavů. 13. Technologická realizace kultivace mikroorganismů, kultivace v kapalně a pevné fázi. 14. Sdílení tepla a hmoty mezi fázemi (l-g, l-s) při biologických procesech. Řídící děj.		
P - potravinářské inženýrství a bioinženýrství	Bc.	2	S		18	čeština/ Ing.L.Schreiberová, Ph.D.
P - Základy membránových a vodíkových procesů	Bc.	2	P	1. Přehled základních typů membrán 2. Iontově selektivní membrány a jejich charakterizace 3. Mechanismy přenosu hmoty v membránách 4. Rozdělení membránových procesů podle hnací síly 5. Procesy využívající koncentračního gradientu - osmóza, dialýza. 6. Procesy využívající gradientu tlaku - reverzní osmóza 7. Procesy využívající gradientu tlaku - ultrafiltrace, mikrofiltrace, nanofiltrace 8. Procesy využívající gradientu elektrického pole – elektrodialýza, elektrodeionizace 9. Separace plynů. 10. Membránové reaktory 11. Membránové procesy ve výrobě vodíku 12. Vodíkové palivové články využívající jako elektrolytu polymerní membránu 13. Vodíkové palivové články využívající jako elektrolytu keramickou membránu 14. Separace kapalin a par	10	čeština/ Prof.Ing.K.Bouzek, Ph.D. 3 kredity
P - Polymerní membrány a jejich transportní vlastnost	Bc.	2	P	1. Membránové materiály 2. Polymerní materiály pro přípravu membrán 3. Vztah složení a struktury polymeru k jejich transportním vlastnostem 4. Odolnost membránotvorných polymerních materiálů 5. Příprava polymerních membrán 6. Vícekomponentní membrány na bázi polymeru	10	čeština/ Doc.Ing.P.Sysel, Ph.D. + Doc.Ing.J.Kosek,Ph. D. 4 kredity

				7. Polymerní membrány v praxi 8. Fyzikální morfologie hetero-fázových membrán 9. Mechanismy transportu hmoty membránami-permeace a difúze 10. Metody pro charakterizaci transportních vlastností membrán 11. Vybrané membránové separační metody. 12. Transport světla membránami a jeho charakterizace 13. Vliv povrchové modifikace na transportní a další vlastnosti. 14. Reálné aplikace membrán využívající transportní vlastnosti		
P - Polymerní membrány a jejich transportní vlastnost	Bc.	1	S		10	čeština/ Doc.Ing.P.Sysel, Ph.D. + Doc.Ing.J.Kosek, PhD

Tab.1 – přehled výuky membránových procesů na VŠCHT

Instituce	Rok	Název diplomové práce	Autor/ vedoucí DP	Název disertační práce	Autor/ vedoucí DP
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2002			Stanovení transportních parametrů par organických látek a jejich směsí v polymerních membránách	Ing.Karel Friess/ Doc.Ing.M.Šípek, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2002			Pervaporation of liquid organic mixtures	Ing.Pavel Izák/ Doc.Ing.M.Šípek, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2006			Studium transportních jevů v polymerní membráně při pervaporaci a permeaci par	Ing.Kateřina Fialová/ Ing.Petr Uchytíl, CSc (UCHP AV ČR)
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2009			Sorpce organických látek v polymerních membránách	Ing.Jaroslava Morávková- Machková/ Doc.Ing.M.Šípek, CSc.

VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2011			Difúzní koeficienty organických látek a jejich směsí v polymerech	Ing.Ondřej Vopička/ Ing.V.Hynek, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2011			Studium interakcí mezi polymerní membránou a kapalným prostředím	Ing.Alena Randová/ Doc.Ing.L.Bartovská, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2007	Interakce membrány Nařion s čistými kapalinami a kapalnými roztoky	Alena Randová/ Doc.Ing.L.Bartovská, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2007	Stanovení koeficientů propustnosti směsí par skrze polymerní membrány spojením permeamtru s hmotnostním spektrometrem	Ondřej Vopička/ Ing.V. Hynek, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2008	Metody výpočtu difúzních koeficientů plynů a par v polymerních membránách	Miroslav Zgařar/ Doc.Ing.M.Šípek,CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2009	Transportní parametry par organických látek v polymerních membránách	Bc.Václav Frýdl/ Ing.V.Hynek, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2009	Stanovení transportních parametrů plynů a par v perfluorovaných polymerech	Bc.Barbora Černochová/ Ing.K.Friess, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav fyzikální chemie	2011	Transportní parametry látek a jejich směsí v nanostrukturovaných polymerech	Bc.Kryštof Pilnáček/ Ing.O.Vopička, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2006			Efektivní transportní vlastnosti rekonstruovaných porézních systémů	Ing.Gabriela Salejová /Doc.Dr.Ing.J.Kosek a Prof.Ing.M.Marek, Dr.Sc.
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2006			Studium multifunkčních aspektů elektro-membránových a elektro- chemických reaktorů	Ing.Růžena Penížková/ Prof.Ing.P.Hasal, CSc.

VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2005			Katalytická polymerace olefinů. Sorpční a transportní procesy	Ing. Antonín Novák/ Doc. Dr. Ing. J. Kosek
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2007			Transport Processes in Heterogeneous Catalytic Polymerization of Olefins	Ing. Marek Bobák/ Doc. Dr. Ing. J. Kosek a Prof. Ing. M. Marek, DrSc.
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2005			Souhrn a popis neolitické kompozitní membrány	Ing. Pavel Hrabánek/ Doc. Ing. B. Bernauer, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2006			Modifikace iontově selektivní membrány vodivým polymerem pro aplikaci v palivových článcích typu PEM	Ing. Sabina Moravcová/ Prof. Dr. Ing. K. Bouzek
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav skla a keramiky	2004			Membránové sušené vrstvy gelu	Ing. Robert Šimek/ Doc. Ing. J. Havrda, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav skla a keramiky	2008			Příprava a charakterizace mikroporézních a mezoporézních membránových anorganických materiálů pro aplikace v separačních technologiích a katalýze	Ing. Klára Kovandová/ Doc. Ing. V. Hulínský, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav polymerů	2008			Kompozitní membrány na bázi modifikovaného polyimidu a anorganických plniv	Ing. Marie Fryčová/ Doc. Ing. P. Sysel, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav polymerů	2010			Příprava a charakterizace polymerních a kompozitních membrán pro separaci plynů	Ing. Jakub Peter/ Ing. M. Bleha, CSc., (ÚMCH AV ČR)
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav organické technologie	2006			Vícesložková difúze v pórech a platnost Grahamova zákona	Ing. Karel Soukup/ Ing. O. Šolcová, CSc. (ÚCHP AV ČR)
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2011			Použití membránových separačních procesů pro čištění kontaminovaných lokalit	Ing. Martin Podhola/ Doc. Ing. M. Kukal, Ph.D.

VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav technologie vody a prostředí	2011			Studium biologických procesů při čištění odpadních vod v membránových reaktorech	Ing.Lukáš Dvořák/ Ing.I.Růžicková, Ph.D.
VŠCHT,Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2011			Využití reverzní osmózy při čištění skládkového výluhu	Ing.Tomáš Patočka/ Doc.Ing.M.Kukal,Ph.D.
VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav konzertace potravin a technologie masa	2005			Studium vlastností obalových materiálů s aktivní antimikrobiální funkcí	Ing.Kamila Klaudisová/ Doc.Ing.J.Dobiáš,CSc.
VŠCHT,Praha/ FPBT, Ústav kvasné chemie a bioinženýrství	2009			Aplikace membránových separačních technik při zpracování odpadů z potravinářského průmyslu a zemědělství	Ing.Kateřina Lapišová/ Prof.Ing.K.Melzoch, CSc.
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2008	Matematické modelování biofiltru pro odbourávání organických barviv v odpadních vodách	Tereza Skybová/ Prof.Ing.P.Hasal, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2009	Experimentální studium biofiltrů pro odstraňování organických barviv z odpadních vod	Bc.Ondřej Knotek/ Prof.Ing.P.Hasal, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2009	Experimentální studium biologických palivových článků	Bc.Zuzana Nováková/ Prof.Ing.P.Hasalk, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2009	Matematické modelování elektrodialyzéru:prostorově dvourozměrný po částech pseudospojitý model ustáleného stavu	Bc.Jiří Kratochvíla/ Doc.Ing.D.Šnita, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHI, Ústav chemického inženýrství	2010	Modelování trnsportních vlastností nano-strukturovaných polymerů	Bc.Richard Pokorný/ Doc.Ing.J.Kosek, Ph.D.		

VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2008	Příprava a charakterizace membrán na bázi titanosilikátů	David Gallardo Monjo/ Ing.Dr.V.Fíla		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2008	Modelování membránového separačního modulu pomocí CFD	Jan Kubata/ Ing.Dr.V.Fíla		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2009	Studium vlastností anion selektivních membrán pro alkalickou elektrolýzu vody	Bc.Jaromír Hnát/ Ing.Martin Paidar, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2009	Příprava Membrán typu ETS-4 na kovovém nosiči	Bc.Laura Torrente Blesa/ Ing.Dr.V.Fíla		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2009	Experimentální charakterizace rozdělovačů a turbulizátorů pro elektrodialýzu	Bc.Kristýna Vítková/ Doc.Ing.V.Mejšta, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2010	Příprava a charakterizace membrán typu ETS-4 na porézním nosiči.	Bc.Ondryášová Lucie/ Ing.Dr.V.Fíla		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2011	Possibilities of TS-1 membrane application in gas separation	Bc.Magarolas Maldonado Francese/ Ing.Dr.Vlastimil Fíla		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav skla a keramiky	2008	Protonové vodivé membrány pro středněteplotní H ₂ /O ₂ palivové články	Jakub Michal/ Ing.Dr.Martin Míka		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav polymerů	2007	Polymerní membrány na bázi silikonového kaučuku	Jiří Hozda/ Doc.Ing.P.Hron, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FCHT, Ústav anorganické technologie	2011	Vliv nečistot vzduchu na funkci membránového palivového článku	Bc.Jakub Mališ/ Ing.M.Paidar, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav technologie vody a prostředí	2007	Membránová separace aktivovaného kalu	Eva Kalivodová/ Ing.I.Růžičková, Ph.D.		

VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav technologie vody a prostředí	2008	Separace aktivovaného kalu s použitím odlišných typů membrán	Marcel Gomez/ Ing.I Růžičková, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2008	Úprava skládkových výluhů membránovými separačními procesy	Zuzana Honzajková/ Ing.M.Podhola, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2007	Použití membránových separačních procesů pro sanaci skládkových výluhů	Marek Šír/ Doc.Ing.M.Kubal, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2009	Čištění skládkových výluhů reverzní osmózou	Bc.Pavel kocourek/ Ing.M.Podhola, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2009	Použití membránových separačních procesů pro přípravu pitné vody	Bc.Jelena Mazunina/ Ing.Z.Honzajková		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav energetiky	2007	Aplikace membránové filtrace pro odstranění a zakoncentrování virů z kontaminované vody	Adéla Ředinová/ Doc.Ing.L.Jelínek, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2010	Využití tlakových membránových procesů pro přípravu pitné vody z nevyhovujících zdrojů	Bc.Petra Hlasová/ Ing.M.Podhola, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2010	Ověření možnosti využití reverzní osmózy pro čištění skládkových výluhů	Bc.Kateřina Vymazalová/ Ing.M.Podhola, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FTOP, Ústav chemie ochrany prostředí	2011	Aplikace membránových separačních technologií při opětovném využití odpadních vod	Bc.Radek Vurm, Ing.Z.Honzajková		
VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav energetiky	2010	Obohacení membránově odsolené mořské vody o Ca a Mg	Bc.Jiří Hrubý/ Doc.Ing.L.Jelínek, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav technologie mléka a tuků	2007	Aplikace membránových a chromatografických postupů při izolaci galaktooligosacharidů	Klára Hellerová/ Doc.Ing.L.Čurda, CSc.		

VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav kvasné chemie a bioinženýrství	2008	Biofiltrace směsi styrenu a acetonu	Bc.Kateřina Sedeníková/ Prof.Ing.J.Páca, Dr.Sc.		
VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav konzervace potravin a technologie masa	2008	Obalové materiály s imobilizovanými chelatačními činidly	Dad'a Strouhalová/ Doc.Ing.J.Dobiáš, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav chemie a technologie sacharidů	2010	Aplikace membránových procesů pro čištění a frakcionaci syrovátky	Bc.Petra Židová/ Ing.A.Hinková, Ph.D.		
VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav konzervace potravin a technologie masa	2011	Vliv podmínek při technologickém zpracování potravin na funkční parametry obalů	Bc.Radek Múdrý/ Doc.Ing.J.Dobiáš, CSc.		
VŠCHT, Praha/ FPBT, Ústav technologie mléka a tuků	2011	Využití eletrodialýzy při frakcionaci syrovátky	Bc.Jana Hanušová/ Doc.Ing.L.Čurda, CSc.		

Tab.2 – přehled závěrečných prací týkajících se membránových procesů na VŠCHT

5.2 Univerzita Pardubice

Adresa: Studentská 95, Pardubice
www.upce.cz

Součástí této školy jsou následující fakulty:

- Dopravní fakulta Jana Pernera
- Fakulta ekonomicko-správní
- Fakulta elektrotechniky a informatiky
- Fakulta filozofická
- Fakulta chemicko-technologická
- Fakulta restaurování
- Fakulta zdravotnických studií

5.2.1 Fakulta chemicko-technologická - Ústav environmentálního a chemického inženýrství

První přiblížení ukazuje, že v případě Fakulty chemicko-technologické Univerzity Pardubice je vzdělávání v problematice membránových procesů koncentrováno do předmětů zajišťovaných Ústavem environmentálního a chemického inženýrství v rámci bakalářského studijního programu Chemie a technická chemie. Jedná se konkrétně o předměty *Chemické inženýrství I* a *Moderní technologické procesy*. Studenti jsou seznamováni jak se základními typy membránových separačních metod (tlakové membránové procesy, elektrodialýza, pervaporace, membránová separace plynů, membránová destilace, membránové kontakory a bioreaktory), tak i s kombinovanými membránovými procesy včetně vybraných průmyslových aplikací membránových procesů a technologií pro zpracování některých typů odpadních vod.

V navazujícím magisterském studijním programu Chemické a procesní inženýrství jsou přednášeny specializované předměty zaměřené přímo na problematiku membránových procesů. Jedná se konkrétně o předměty *Membránové procesy* a *Bioinženýrství*, v rámci nichž jsou studenti seznamováni s principy, fyzikálními a fyzikálně-chemickými základy biotechnologických procesů, se způsoby provozování bioreaktorů a jejich nejběžnějšími typy a s aplikacemi biotechnologií při ochraně životního prostředí. Druhá část přednášek je věnována moderním separačním procesům a jejich aplikacím v chemickém, potravinářském a farmaceutickém průmyslu, v biotechnologiích a při zpracování odpadních vod. Do větší hloubky je pak problematika membránových procesů studována v rámci doktorského studijního programu Chemické a procesní inženýrství, v rámci kterého je realizována celá řada doktorských disertačních prací bezprostředně se týkajících membránových separačních procesů. Lze tedy konstatovat, že svým zaměřením je výuka cílena na komplexní studium membránových procesů a zabývá se i jejich vybranými aspekty v přímém vztahu k dílčím problémům řešeným v rámci konkrétních předmětů.

V níže uvedených tabulkách č.3 a 4 je uveden souhrn výuky předmětů zahrnujících problematiku membránových procesů a přehled závěrečných prací na Univerzitě Pardubice.

Název předmětu	Bc./Mgr./Ph.D. studium	Rozsah výuky	Typ výuky	Sylaby	Počet studentů	Další info
P=povinný V= volitelný		hodin/týden	P= přednáška S= seminář L= laboratoř		průměr za 5 let	počet kreditů, vyučovací jazyk
Chemické inženýrství I -P	Bc.	3+4	P+S	Charakter toku tekutin. Bilance hmotnosti a energie v proudící tekutině. Tok tekutin potrubím. Tlaková ztráta při toku tekutin potrubím. Doprava tekutin. Tok jedné tekutiny porézní vrstvou. Filtrace, typy filtrů. Membránové procesy. Usazování částic v tíhovém a odstředivém poli. Míchání kapalin, stanovení příkonu a doby míchání. Druhy sdílení tepla. Vedení tepla v rovinné a válcové stěně. Přestup tepla. Prostup tepla. Výpočet tepelných výměníků. Difúzní operace. absorpce, látková bilance absorpce. Výpočet patrových absorbérů . Rovnováha kapalina-pára binárních směsí. Rovnovážná destilace binárních směsí. Rektifikace, schéma rektifikační kolony, metoda McCabe Thiele, předpoklady metody. Násobná a kontinuální extrakce. Zjednodušené a analytické stanovené počtu teoretických extrakčních stupňů.	110	8 kreditů, čeština
Chemické inženýrství II-V	Bc.	2+4	P+S	Energetické bilance, druhy energie, tepelná bilance. Bilance hybnosti v proudící tekutině. Zvláštní druhy toku. Tok tekutin porézní vrstvou, rozbor proudění. Filtrace, diferenciální rovnice filtrace. Základní výpočtové vztahy tlakovým membránových procesů. Usazování částic v tíhovém a gravitačním poli, vliv stěn zařízení a elektrických sil. Míchání kapalin. Tepelné operace. Neustálené vedení tepla. Kriteria podobnosti. Sdílení tepla prouděním, výpočet koeficientu přestupu tepla. Výpočet tepelných výměníků se složitějším uspořádáním toku médií. Odparky Mechanismy sdílení hmoty. Sdílení hmoty v plynech a kapalinách. Popis sdílení hmoty v binárních a ternárních systémech. Přestup a prostup hmoty. Analogie mezi sdílením tepla a hmoty. Stanovení základních rozměrů náplňových absorbérů. Diferenciální destilace binárních směsí. metoda Ponchon-Savaritova. Stanovení počtu teoretických extrakčních stupňů násobné a kontinuální extrakce.	12	7 kreditů, čeština

Moderní technologické procesy-P	Bc.	2	P	Specifická problematika biotechnologií. Rozdělení bioreaktorů, jejich nejběžnější typy a způsoby jejich provozování. Faktory určující volbu typu reaktoru. Fermentory s pneumatickým promícháváním, fermentory bez nucené a s nucenou cirkulací kapaliny. Fermentory s mechanickým mícháním. Klasické separační metody v biotechnologiích, separace pomocí afinitní chromatografie, extrakce zkapalněnými a nadkritickými plyny. Environmentální inženýrství, obecné základy biologických čistírenských procesů.technologie pro zpracování některých typů odpadních vod. Klasifikace membránových procesů. Tlakové membránové procesy. Elektrodialýza. Pervaporace, Membránová separace plynů, Membránová destilace. Membránové kontakory a bioreaktory. Kombinace membránových a klasických procesů. Vybrané průmyslové aplikace membránových procesů.	85	7 kreditů, čeština
Chemical Engineering-V	Bc.	2	P	Material and energy balances. Basic thermodynamic conceptions and laws. Physical properties and state behaviour of substances.Fluid flow. Flow in pipes. Pumps and compressors.Solid-liquid separations. Filtration, sedimentation. Centrifugation and hydrocyclones.Pressure-driven membrane separation processes. Micro-, ultra- and nanofiltration. Reverse osmosis.Heat transfer operations. Heat conduction, convection and radiation. Heat exchangers. Drying and evaporation. Modern sources of energy. Fuel cells, solar energy. Biotechnologies. Specific problems encountered in production of bioproducts. Separation of bioproducts.Absorption, cleaning of gases. Separation of gases with membranes.Distillation. Packed and tray columns. Pervaporation.Liquid-liquid extraction. Supercritical extraction. Liquid membranes.Reaction engineering. Process safety.	5	2 kredity, angličtina
Procesy a zařízení chemických a potravinářských výrob-P	Bc.	2+2	P+S	Vymezení základních pojmů, technické, ekonomické, ekologické a bezpečnostní aspekty potravinářských výrob, základní bilanční úvahy, materiálové provedení potrubí a aparátů. Mechanické operace. Základy potravinářské reologie a reometrie, hydrostatika, hydrodynamika, tok a doprava tekutin, čerpadla. Míchání tekutin, usazování v gravitačním a odstředivém poli. Filtrace, koláčová, hloubková, dynamická. Membránové separační procesy. Operace sdílení a výměny tepla, mechanismy sdílení tepla, odparky, kondenzátory, chladiče, zmrazování potravin, vedení tepla, přestup, prostup, výpočet izolací, zjednodušený výpočet tepelného	25	7 kreditů, čeština

				výměníku. Operace sdílení a výměny hmoty, fázová rovnováha, mechanismy sdílení hmoty, základní typy výpočtu procesů s protiproudým stykem dvou fází. Extrakce z tuhé fáze (vyluhování), superkritická extrakce. Sušení. Konvekční, kontaktní, radiační a sublimační sušení (lyofilizace), charakteristiky sušícího prostředí, vlhkost materiálu, křivka sušení, základní zařízení.		
Membránové procesy-P	Mgr.	2+2	P+S	Klasifikace membránových procesů. Tlakové membránové procesy, jejich společné základy. Mikrofiltrace a ultrafiltrace. Nanofiltrace a reverzní osmóza. Difúzní dialýza a elektrodialýza. Pervaporace a membránová destilace. Membránová separace plynů. Membránové reaktory a kontakty. Separace pomocí kapalných membrán. Kombinace membránových a klasických procesů.	6	5 kreditů, čeština
Bioinženýrství-P	Mgr.	2+2	P+S	Specifická problematika biotechnologií a bioinženýrství. Enzymová kinetika. Rovnice Michaelis-Mentenové, Mikrobiální (Monodova) kinetika. Inhibice, kinetické modely pro tvorbu produktu. Charakteristiky toku fází v zařízeních pro biotechnologie. Rozložení dob prodlžení částic v reaktoru. Výpočet konverze enzymaticky katalyzované reakce. Ideální mísič, reaktor s pístovým tokem, konverze enzymatické reakce v kaskádě ideálních mísičů. Bioreaktory. Specifikace enzymových a mikrobiálních reakcí z hlediska návrhu reaktoru, způsoby provozování bioreaktorů. Faktory určující volbu typu reaktoru. Rozdělení bioreaktorů, jejich nejběžnější typy. Reaktory s imobilizovanými enzymy nebo buňkami. Membránové bioreaktory. Enzymové reaktory a membránové fermentory. Klasické a netradiční separační metody v biotechnologiích. Membránové separace, separace pomocí afinitní chromatografie, extrakce zkapalněnými a nadkritickými plyny. Speciální problematika bioreaktorů. Environmentální inženýrství. Technologie pro zpracování některých typů odpadních vod.	7	4 kredity, čeština
Tlakové membránové procesy	PhD.	2	P	Principy, fyzikální a fyzikálně-chemické teoretické základy a modely, výroba a vlastnosti membrán, popis zařízení a jeho prvků, výpočty zařízení a aplikace níže uvedených membránových procesů v chemickém, potravinářském, farmaceutickém průmyslu, v biotechnologiích a v technice ochrany životního prostředí.- Mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza.- Membránová separace plynů.-	4	čeština

				Membránové kontraktory a bioreaktory		
Difúzní a elektro-difúzní membránové procesy	PhD.	2	P	Modely pro difúzi. Difúze ve zředěných roztocích, stacionární a nestacionární difúze, konvekce a difúze. Difúze v koncentrovaných roztocích, difúze a konvekce. Odhady difúzních koeficientů. Difúze v elektrolytech. Vícesložková difúze. Difúze a chemická reakce.	4	čeština

Tab.3– přehled výuky membránových procesů na Univerzitě Pardubice

Rok	Název diplomové práce	Autor/ vedoucí DP	Název disertační práce	Autor/ vedoucí DP
2006			Dvoufázový tok kapalina-plyn při membránové cross-flow mikrofiltraci	Ing. Petr Pospíšil/ prof. Petr Mikulášek
2007	Diafiltrace roztoků organických barviv	Jiří Cuhorka/ prof. Petr Mikulášek	Odstraňování nízkomolekulárních látek z vody nanofiltrací	Ing. Ondrej Kušnierik/ prof. Petr Mikulášek
2007	Vliv předúpravy nástríku na průběh mikrofiltrace vodných disperzí	Jana Dvořáková/ prof. Petr Mikulášek		
2008	Studium membránové mikrofiltrace s přidavkem Zeolitu A v nástríkovém proudu	Marta Pilcová/doc. Jiří Čákl		
2008	Odstraňování organického barviva z vody pomocí kombinovaného membránového procesu	Jan Mrázek/ Dr. Hana Jiráňková		

2008	Numerická analýza usnadněného transportu membránami	Vojtěch Štěpánek/ doc. Zdeněk Palatý		
2008	Vsádková dialýza organických kyselin IV	Ladislava Rozumová / doc. Zdeněk Palatý		
2008	Transport vybraných solí kyseliny sírové anion-výměnnou membránou	Pavel Šnejdrla/ doc. Zdeněk Palatý		
2008	Proudění ideálního plynu dutým vláknem s porézními stěnami	Pavel Němec/ Dr. Petr Doleček		
2010	Membránové moduly z dutých vláken při čištění a úpravě vody	Vítězslav Schmidt/ doc. Jiří Čákl	Studium tlakových membránových procesů při separaci pšeničného hydrolyzátu	Ing. Dagmar Bulánková/ prof. Petr Mikulášek
2010			Studium vlivu elektrokinetických vlastností disperzí na mikrofiltraci	Ing. Pavlína Velikovská/ prof. Petr Mikulášek
2011	Využití hybridních membránových procesů při úpravě odpadních vod	Barbora Kopčilová/ Dr. Hana Jiráňková		

Tab.4 – přehled závěrečných prací týkajících se membránových procesů na Univerzitě Pardubice

5.3 Technická univerzita v Liberci

Adresa: Studentská 1402/2, Liberec
www.jetulip.cz

Technická univerzita v Liberci (TUL) je pokračovatelem Vysoké školy strojní, která byla v Liberci založena v roce 1953. TUL spojuje formy technického vzdělávání s formou humanitního a přírodovědného vzdělávání. Nabízí studium v bakalářských, magisterských a doktorských studijních programech.

Součástí této školy jsou následující fakulty:

- Ekonomická fakulta
- Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
- Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická
- Fakulta strojní
- Fakulta textilní
- Fakulta umění a architektury

Výuka membránových procesů bohužel neprobíhá na TUL systematicky jako na VŠCHT či Univerzitě Pardubice. S membránovou problematikou se mohou studenti setkat pouze okrajově, a to v rámci výuky na **Fakultě mechatroniky, informatiky a mezioborových studií** (<http://www.fm.tul.cz>) - Ústav nových technologií a aplikované informatiky (NTI) (<http://www.fm.tul.cz/cs/nti>) v následujících akreditovaných studijních programech (viz tabulka č.5):

Studijní programy/obory	Forma studia <i>P-prezenční</i> <i>K-kombinovaná</i>	Počet přijímaných studentů
<i>Bakalářské studijní programy – 3-leté</i>		
Elektrotechnika a informatika		
Elektronické informační a řídicí systémy	P, K	52
Informatika a logistika	P, K	38
Informační technologie		
Informační technologie	P	120
Nanotechnologie		
Nanomateriály	P	30
<i>Navazující magisterské studijní programy- 2-leté</i>		
Elektrotechnika a informatika		
Automatické řízení a inženýrská informatika	P	10
Informační technologie	P	65

Mechatronika	P	15
Přírodovědné inženýrství – zaměření fyzikálně-experimentální	P	5
Electrical Engineering and Informatics		
Mechatronics	P	5
Engineering of Interactive Systems	P	5
Aplikované vědy v inženýrství		
Přírodovědné inženýrství – zaměření modelování	P	5
Nanotechnologie		
Nanomateriály	P	15
<i>Doktorské studijní programy – 4-leté</i>		
Elektrotechnika a informatika		
Technická kybernetika	P, K	12
Přírodovědné inženýrství - zaměření fyzikálně-experimentální	P, K	4
Aplikované vědy v inženýrství		
Přírodovědné inženýrství – zaměření modelování	P, K	9

Tab.5 – přehled výuky membránových procesů na TUL

Bližší informace o studijních programech jsou v příloze č. 4 – Informace o studiu na Fakultě mechatroniky, informatiky a mezioborových studií.

Výzkumná a vzdělávací činnost NTI je zaměřena především na aplikaci technologií v oblasti přírodních věd a technických věd ve vztahu ke studiu a poznání přírodních procesů jako jsou sanační technologie, modelování procesů migrace látek v přírodě, databázovými systémy pro shromažďování dat z oblasti monitoringu a jejich GIS vykreslováním, apod. V oblasti technologií čištění vod se činnost ústavu zaměřuje na in-situ technologie čištění podzemních vod, speciální technologie čištění odpadních a povrchových vod.

Řešená témata:

Možnosti kombinace nanotechnologií (nanočástice a nanovlákna) a membránových technologií pro zlepšení vlastností membrán či účinnosti technologie.

Přestože není studium membránové problematiky na TUL systematické a ucelené je jí věnováno několik dizertačních prací, jejichž stručný souhrn je uveden v tabulce č. 6.

Rok	Název dizertační práce	Autor	Stručný popis
2012	Modifikace membrán za pomocí nanovláknenné vrstvy	Ing. Jan Dolina	Cílem doktorské práce je studium možností využití nanovláknenných materiálů vyráběných metodou elektrospinningu pro konstrukci separačních membrán. Membránové technologie mají pevné místo v čistírenských a úpravárenských technologiích, stejně jako v řadě jiných průmyslových odvětví, kde je potřeba separovat fyzikálně nebo chemicky odlišné složky kapalných či plyných směsí. U řady aplikací dochází vlivem heterogenity a nečistot zpracovávaného materiálu k postupnému ucpávání pórů nebo vazebných míst tzv. foulingu. Aplikací nanomateriálů na povrch separační membrány představuje jednu z možností snížení tohoto negativního jevu. Předmětem disertační práce bude optimalizace nanovláknenné vrstvy na povrchu heterogenní iontovýmenné membrány RALEX a to v přímé souvislosti s testováním základních funkčních charakteristik, jako je propustnost hydraulická, zvýšení tlakového i proudového odporu, mechanická stabilita nanovláknenné vrstvy a její vazba k povrchu membrány. Kromě základního ovlivnění funkčních vlastností membrán bude hodnocen také vliv doby provozu a regeneračních cyklů na tyto vlastnosti, jakož i mechanická stabilita nanovláknenné vrstvy a její vazba na povrch membrány v dlouhodobém horizontu, v závislosti na počtu regeneračních cyklů.
2012	Efekt nanovláknenné struktury na proudění ve filtračních médiích	Ing. Tomáš Jiříček	Předmětem doktorské práce je studium vlivu charakteristik nanovláknenné vrstvy na filtrační vlastnosti filtrů na bázi nanovláknenných kompozitních materiálů (tkaninové filtry pro čištění spalín opatřené nanovláknennou vrstvou s obsahem aktivních nanočástic, obdobně modifikované separační membrány, kompozitní textilní filtrační membrány pro mikro a ultrafiltraci). Jedná se o sledování hustoty nanovláknenné vrstvy, závislosti na průměru vláken, obsahu jiných nanočástic atd. Součástí tématu je problematika kinetiky reakcí a dalších efektů (katalytická oxidace mikropolutantů v odplyně, biocidní vlastnosti separačních membrán).
2012	Experimentální výzkum filtračních procesů s využitím nanovláknenných filtračních materiálů	Ing. Petr Bílek	Bližší popis není k dispozici.

Tab.6 – přehled dizertačních prací týkajících se membránových procesů na TUL

5.4 Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Adresa: 17. listopadu 15/2172, Ostrava
www.vsb.cz

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (VŠB-TU Ostrava) nabízí studium v bakalářských, magisterských a doktorských studijních programech na sedmi fakultách.

Součástí této školy jsou následující fakulty:

- Ekonomická fakulta
- Fakulta bezpečnostního inženýrství
- Fakulta elektrotechniky a informatiky
- Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
- Fakulta stavební
- Fakulta strojní
- Hornicko-geologická fakulta

Ani na VŠB – TU Ostrava neprobíhá výuka membránové problematiky uceleně, ale jen okrajově v rámci několika předmětů vyučovaných na **Hornicko - geologické fakultě (HGF)** (<http://www.hgf.vsb.cz>) – *Institutu environmentálního inženýrství* (<http://hgfi0.vsb.cz/546/VODA/index.htm>).

HGF je moderní fakulta, ve které se zcela unikátním způsobem propojují přírodovědné disciplíny s technickými a ekonomickými obory. V rámci prezenčního nebo kombinovaného studia v současné době nabízí více než 35 studijních oborů, které se specializují na životní prostředí, geologii, geodézii, biotechnologie, geovědní a montánní turismus, hornické inženýrství, geoinformatiku, ekonomiku, automatizace a řízení v oblasti surovin nebo aplikovanou fyziku.

Výuka membránových procesů na Institutu environmentálního inženýrství je zahrnuta do předmětů „**Technologie vody I**“ a „**Technologie vody III**“. V současné době je plánován výzkum v oblasti využití membránových technologií při demineralizaci důlních vod, návrh technologie jako technologie bezodpadové a výzkum a vývoj keramických membrán. Samostatnou výzkumnou činností v oblasti membránových procesů se pracoviště doposud nezabývá.

V letošním roce byl na fakultě podán návrh na zařazení nového studijního předmětu "**Membránové separační procesy**" do studijních plánů oboru "**Technologie a hospodaření s vodou**". Od akademického roku 2012/2013 by tento předmět měl být veden na VŠB pod katedrou Technologie a hospodaření s vodou. Syllabus předmětu se připravuje, přičemž osnova předmětu vychází z požadavků na stupeň předúpravy a následného využití separačních metod. Výsledek tedy bude znám až příští rok, kdy budou také první výstupy v podobě diplomových prací.

5.5 Západočeská univerzita v Plzni

Adresa: Univerzitní 8, Plzeň
www.zcu.cz

Součástí této školy jsou následující fakulty:

- Fakulta aplikovaných věd
- Fakulta ekonomická
- Fakulta elektrotechnická
- Fakulta filozofická
- Fakulta pedagogická
- Fakulta právnická
- Fakulta strojní
- Fakulta zdravotnických studií

a ústavy:

- Nové technologie – Výzkumné centrum (NTC)
- Ústav umění a designu
- Ústav jazykové přípravy

5.5.1 Nové technologie - výzkumné centrum

Nové technologie - výzkumné centrum (NTC) se zabývá aplikovaným výzkumem s výraznou složkou problémově orientovaného výzkumu technologických procesů, technických i netechnických dynamických systémů a materiálů. Membránová problematika je opět řešena velice okrajově.

Výzkumný tým, jehož podstatnou částí jsou vědečtí pracovníci Ústavu termomechaniky Akademie věd České republiky, řeší výzkumný program „**Pokročilé technologie na bázi polymerních materiálů**“ v rámci projektu „Centrum nových technologií a materiálů“ programu VaVpI. Tento tým se zabývá problematikou membránových procesů jak z hlediska základních fyzikálně chemických procesů tak i dalším využitím elektrolytických membrán.

Řešená témata:

- Metodika hodnocení účinnosti, životnosti a spolehlivosti elektrolytických membrán v aplikaci na nízkoteplotní vodíkové palivové články (ÚT AVČR, ÚJV Řež).
- Příprava nanokompozitních polymerních hydrogelů s unikátními vlastnostmi a studiem jejich struktury a mechanických vlastností s aplikací v technologii a medicíně (ÚMF MFF UK).

Výuka předmětů zahrnujících problematiku membránových procesů neprobíhá v NTC samostatně, ale pouze jako součást předmětu **Elektrochemie**, v němž se studenti seznamují se základy elektrochemie zejména ve spojení s moderními elektrochemickými zdroji včetně palivových článků. U všech zdrojů poznají jejich základní funkce pomocí vzorců, rovnic a technických detailů. Poznájí i další využití elektrochemie jako měřicí a analytické metody, a to

včetně teoretického základu všech probíraných technologií. Procvičí si technologii palivových článků formou praktických laboratorních úloh, kde proměří jejich výkonové a provozní parametry.

Přehled výuky je uveden v tabulce č.7 a přehled diplomových prací v tabulce č.8.

V příloze č. 5 je uveden přehled projektů a publikací zahrnujících problematiku membrán a membránových procesů. V příloze č. 6 jsou pro informaci uvedeny anotace předmětů zastoupených v jednotlivých studijních programech.

Název předmětu	Bc./Mgr./Ph.D. studium	Rozsah výuky	Typ výuky	Sylaby	Počet studentů	Další info
P=povinný V=volitelný		hodin/týden	P= přednáška S= seminář L= laboratoř		průměr za 5 let	počet kreditů, vyučovací jazyk
Elektrochemie - PV	Bc./Mgr.	1+1	P/S/L	vlastní	150	2/český
Elektrochemie 2 - V	Bc./Mgr.	2+2	P/L	vlastní	12	3/český

Tab. č. 7 – přehled výuky membránové problematiky v NTC

Rok	Název diplomové práce	Poznámka	Autor/ vedoucí DP
2004	DP - Vizuální simulace palivového článku		Kaštil/Štekl
2006	BP - Vícekanálové snímání charakteristik článku STAXX pomocí LabView	StaXX je náš nejlepší palivový článek na bázi PEM, velmi pěkná a velmi pracná práce	Krejčí/Štekl
2007	BP - Snímání a analýza procesních dat pomocí LabView	Proměrování výkonových V-A charakteristik článku STAXX	Vaníček/Štekl
2010	DP - Měření parametrů PEM článku pomocí počítače s využitím LabView	Testy nasazení systému LABView jako řídicího systému článku plus proměření V-A charakteristik článku	Slobodník/Štekl
2011	BP - Vývoj systému pro automatické řízení experimentálního palivového článku StaXX	Vylepšení stávajících řídicích programů plus doměření dalších parametrů, práce ještě nebyla ukončena.	Schmidt/Štekl
2011	BP - Možnosti zvýšení výkonu palivového článku PEM	Experimentální práce s cílem zvýšení výkonu článku pomocí zvýšení parciálního tlaku kyslíku na oxidační části membrány. Práce ještě nebyla ukončena.	Pflug/Štekl

Tab. č.8 – přehled diplomových prací na NTC

5.6 Vysoké učení technické v Brně

Adresa: Antonínská 548/1, Brno
www.vutbr.cz

Součástí této školy jsou následující fakulty:

- Fakulta architektury - FA
- Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií - FEKT
- Fakulta chemická - FCH
- Fakulta informačních technologií - FIT
- Fakulta podnikatelská - FP
- Fakulta stavební - FAST
- Fakulta strojního inženýrství - FSI
- Fakulta výtvarných umění - FaVU

Problematika membránových procesů je zmíněna velmi okrajově na **Fakultě stavební – Ústav vodního hospodářství obcí** (<http://water.fce.vutbr.cz>), **Ústav chemie** (<http://www.fce.vutbr.cz/che>), na **Fakultě chemické a na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií – Ústav elektrotechnologie**.

V tabulce č. 9 je uveden přehled předmětů, zabývajících se membránovými procesy na *Ústavu vodního hospodářství obcí FS*. Na *Ústavu chemie FS* je o membránových procesech zmínka pouze v rámci oboru „Chemie a technologie vody“. Přestože není výuka membránové problematiky systematická a rozsáhlá, je jí věnováno několik závěrečných prací, jejichž přehled je uveden v tabulkách č. 10 a 11. Obecné informace o studiu na VUT jsou uvedeny v příloze č. 7.

Fakulta chemická uskutečňuje akreditované bakalářské, navazující magisterské a doktorské studijní programy v oblasti chemických a potravinářských oborů, zaměřených na výchovu absolventů pro potřeby výzkumu, výroby, aplikace a obchodního managementu produktů chemického, farmaceutického, potravinářského, spotřebního a stavebního průmyslu. Zmínka o membránových procesech je pouze v rámci studijního programu „Chemie a technologie ochrany životního prostředí“.

Název předmětu	Bc./Mgr./Ph.D. studium	Rozsah výuky	Typ výuky	Sylaby	Počet studentů	Další info
P=povinný V= volitelný		hodin/týden	P= přednáška S= seminář L= laboratoř		průměr za rok	počet kreditů, vyučovací jazyk
Vybrané statě ze stokování a ČOV (CP56) - P	Mgr.	2+2	P/S	- Problematika urbanizace území v návaznosti na řešení městského odvodnění - Navrhování podtlakových stokových sítí a kanalizačních přípojek - Navrhování tlakových stokových sítí a kanalizačních přípojek - Navrhování čerpadel na stokové sítě - Průzkum a vyhodnocení technického stavu stokových sítí - Moderní technologie používané na ČOV do 50 EO - Moderní technologie používané na městských čistírnách odpadních vod - Membránové technologie	20	5/český
Čištění odpadních vod (PD61) - P	Ph.D.	3+0	P/S	- Úvod do pokrokových technologií čištění OV. - Odstraňování dusíku nitrifikací a denitrifikací. - Biologické odstraňování fosforu. - Návrh systémů pro potlačení bytění aktivovaného kalu. - Odstraňování toxických a obtížně rozložitelných sloučenin. - Návrh procesů anaerobního čištění odpadních vod. - Anaerobně-aerobní čištění odpadních vod. - Hygienické zabezpečení odpadních vod a kalů. - Zpracování a znovuvyužití odpadních vod. - Ekonomika návrhu čistíren odpadních vod. - Sledování řízení a hodnocení provozu čistíren odpadních vod. - Použití matematických modelů pro biologické procesy čištění odpadních vod. - Automatizace a řízení provozu čistíren odpadních vod.	4	8/český

Tab. č.9 – přehled výuky membránových procesů na VUT - Ústav vodního hospodářství obcí

Rok	Název diplomové práce	Poznámka	Autor/ vedoucí DP
2008	Standardizace aktivačních ČOV se separací kalu membránovým modulem	Fakulta stavební	D. Veselá/doc.Ing. P. Hlavínek, CSc.
2010	Nové typy membrán pro elektrolyzér vodík - kyslík	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Práce je k dispozici v elektronické podobě	J.Hýbl/Ing. Miroslav Kunovjánek
2011	Intenzifikace ČOV technologií MBR	Fakulta stavební	D. Polášek/ doc.Ing. P. Hlavínek, CSc.
2011	Variantní čištění odpadních vod membránovou technologií	Fakulta stavební	B. Kaštanová/Ing. P. Hlušík
2012	Možnosti intenzifikace procesu úpravy vody - mikrofiltrace a ultrafiltrace	Fakulta stavební Dokončuje se	Z. Zelený/Ing. T. Kučera, Ph.D.
2012	Intenzifikace čištění odpadních vod	Fakulta stavební Dokončuje se	E. Kudrnová/Ing. P. Hlušík

Tab. 10 – přehled diplomových prací na VUT Brno

Rok	Název bakalářské práce	Poznámka	Autor/ vedoucí DP
2007	Použití membránové mikrofiltrace v různých úpravách pitné vody ve světě	Fakulta chemická	P. Ženatová/doc.Ing. P. Dolejš.
2008	Iontoměničové membrány pro palivové články	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Práce je k dispozici v elektronické podobě	L. Chladil/Ing. P. Barath, Ph.D.
2009	Použití membránových modulů na čistírnách odpadních vod	Fakulta stavební	B. Kaštanová/Ing. P. Hlušík
2009	Čištění odpadních vod se separací kalu membránovým modulem	Fakulta stavební	D. Polášek/ doc.Ing. P. Hlavínek, CSc.
2010	Provozování membránových čistíren odpadních vod	Fakulta stavební	D. Sehnal/ doc.Ing. P. Hlavínek, CSc.
2010	Membránové procesy při úpravě pitné vody	Fakulta stavební	D. Čech/Ing. T. Kučera, Ph.D.

Tab. 11– přehled bakalářských prací na VUT Brno

5.7 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Adresa: nám. T. G. Masaryka 5555, Zlín
www.utb.cz

Součástí této školy jsou následující fakulty:

- Fakulta technologická (FT)
- Fakulta managementu a ekonomiky (FaME)
- Fakulta multimediálních komunikací (FMK)
- Fakulta aplikované informatiky (FAI)
- Fakulta humanitních studií (FHS)
- Fakulta logistiky a krizového řízení (FLKŘ)

Problematika membránových procesů je zmíněna velmi okrajově na **Fakultě technologické** ve studijních programech:

- Chemie a technologie materiálů (zaměřeno především na zpracování přírodních a syntetických polymerů)
- Chemie a technologie potravin
- Procesní inženýrství (zaměřeno zejména na softwarové řízení zpracovatelských procesů a jejich optimalizaci)

V přílohách č. 8 – 10 jsou uvedeny informace o studijních oborech, studijních plánech fakulty a přehled akreditovaných studijních programů a oborů.

Vedle vzdělávací činnosti je velice důležitá také vědecká, výzkumná a vývojová činnost, které je na univerzitě věnována značná pozornost na specializovaných ústavech a pracovištích:

- Centrum polymerních materiálů
- Ústav analýzy a chemie potravin
- Ústav fyziky a materiálového inženýrství
- Ústav chemie
- Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
- Ústav inženýrství polymerů
- Ústav technologie a mikrobiologie potravin
- Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky
- Ústav výrobního inženýrství

Výzkumné a vývojové činnosti se opírají zejména o projekty grantových agentur, vědeckovýzkumné záměry MŠMT a o velmi kvalitní zázemí doktorského studia. Vědní disciplíny jsou zaměřeny především na chemii a technologii polymerních materiálů, řízení průmyslových procesů a ekonomiku výroby, dále na aplikaci informačních technologií v řízení průmyslové výroby. Významnou roli tvoří rovněž spolupráce s průmyslem a se zahraničními institucemi.

Vzhledem k výše uvedenému je na UTB značný potenciál pro rozšíření povědomí, resp. výuky membránové problematiky.

6. Ostatní vysoké školy

V následující tabulce jsou uvedeny technické vysoké školy (regionálně), v jejichž studijních plánech se objevují předměty zabývající se technologiemi materiálů, procesním inženýrstvím, technologiemi pro ochranu životního prostředí, ale o membránových procesech se bohužel zmiňují pouze velmi okrajově, informativně.

Region	Název instituce/Fakulta	Adresa/web
Praha	Univerzita Karlova/ Přírodovědecká fakulta	Ovocný trh 5, Praha www.cuni.cz
Ústecký	Univerzita J.E.Purkyně/ Přírodovědecká fakulta	Hoření 13, Ústí n.L. www.ujep.cz
Jihočeský	Jihočeská univerzita/ Přírodovědecká fakulta	Branišovská 31, České Budějovice www.jcu.cz
Královehradecký	Univerzita Hradec Králové/ Přírodovědecká fakulta	Rokitánského 62, Hradec Králové www.uhk.cz
Jihomoravský	Masarykova univerzita/ Přírodovědecká fakulta	Kotlářka 2, Brno www.muni.cz
Olomoucký	Univerzita Palackého v Olomouci/ Přírodovědecká fakulta	Křížkovského 8, Olomouc www.upol.cz

Tab. 12 – regionální přehled technických VŠ

7. Závěr

Z provedeného průzkumu stavu výuky membránových procesů na technických vysokých školách v České republice bohužel jednoznačně vyplývá, že v současné době neexistuje cíleně zaměřený studijní program, jak na úrovni bakalářského, magisterského, tak ani na úrovni doktorského studia, který by poskytl studentům komplexní vzdělání v tomto zajímavém a perspektivním oboru. Díky stále narůstajícímu významu membránového oboru pro průmyslovou praxi je zařazen do celé řady učebních programů a jednotlivých předmětů, avšak v žádném z uvedených případů není tematika sledována komplexně. Výjimku tvoří pouze **Vysoká škola chemicko-technologická v Praze a Fakulta chemicko-technologická Univerzity Pardubice**, kde výuka membránové problematiky probíhá relativně uceleně a systematicky v rámci speciálních odborných předmětů. V případě VŠCHT je nutno zdůraznit zavedení nového bakalářského oboru „Vodíkové a membránové technologie“ od akademického roku 2012/2013.

Zaměření obou uvedených institucí je odlišné a aktivity probíhají odděleně. Zatímco FChT Univerzity Pardubice se primárně zaměřuje na problematiku charakterizace membrán, tlakové membránové separační procesy a difúzní dialýzu, VŠCHT Praha je aktivní zejména v oblasti přípravy polymerních a anorganických membrán, jejich charakterizaci a potenciální uplatnění v chemickém a potravinářském průmyslu a v oblasti ochrany životního prostředí. Zároveň se

intenzivně zaměřuje na elektromembránové separační procesy včetně elektrodialýzy, na problematiku palivových článků a membránové elektrolýzy.

U všech dále zmíněných vysokých škol je situace s výukou membránové problematiky velice problematická a prakticky na žádné z nich neprobíhá výuka systematicky a už vůbec není řešena v rámci samostatného předmětu. Přesto je na řadě pracovišť problematika membránových procesů řešena v rámci bakalářských, diplomových či dizertačních prací, či jiných výzkumných aktivit, což indikuje, že jde o perspektivní obor, který by měl být podpořen již ve fázi vzdělávání.

Seznam příloh:

Příloha č.1: Informace o hodinách moderní chemie I a II, VŠCHT Praha

Příloha č.2: Bakalářské studium na VŠCHT Praha

Příloha č.3: Magisterské studium na VŠCHT Praha

Příloha č.4: Informace o studiu na Fakultě mechatroniky, informatiky a meziobor. studií, TUL

Příloha č.5: Projekty v oblasti membránové problematiky, NTC Plzeň

Příloha č.6: Anotace předmětů, NTC Plzeň

Příloha č.7: Informace o studiu na VUT Brno

Příloha č.8: Charakteristika studijních oborů na UTB Zlín

Příloha č.9: Studijní plány 2011-2012, UTB Zlín

Příloha č.10: Akreditované studijní programy, UTB Zlín