

## UČNI NAČRT PREDMETA / COURSE SYLLABUS

**Predmet:** BIOREAKTORSKO INŽENIRSTVO  
**Course Title:** BIOREACTOR ENGINEERING

Študijski program in stopnja Study Programme and Level	Študijska smer Study Field	Letnik Academic Year	Semester Semester
MAG Kemijsko inženirstvo, 2. stopnja	/	2.	3.
USP Chemical Engineering, 2 <sup>nd</sup> Cycle	/	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>

**Vrsta predmeta / Course Type:** izbirni strokovni / Elective Professional

**Univerzitetna koda predmeta / University Course Code:** IN2I05

Predavanja Lectures	Seminar Seminar	Vaje Tutorial	Klinične vaje Work	Druge oblike študija	Samost. delo Individual Work	ECTS
45	15	15 LV	/	/	75	5

**Nosilec predmeta / Lecturer:** prof. dr. Marin Berovič / Dr. Marin Berovič, Full Professor

**Jeziki / Languages:** slovenski / Slovenian  
**Predavanja / Lectures:** slovenski / Slovenian  
**Vaje / Tutorial:** slovenski / Slovenian

**Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:**

Študent oz. kandidat mora imeti predmet opredeljen kot študijsko obveznost.

**Prerequisites:**

The course has to be assigned to the student.

**Vsebina:**

Temeljna vsebinska področja predmeta so: Transportni procesi v bioreaktorjih. Mešala v bioreaktorjih, načini mešanja aksialni in radialni, pnevmatski načini mešanja, mešanje z obtočnimi črpalkami. Fluidna dinamika in reologija bioprocenih brozg. Tokovni modeli. Problematika snovnega in toplotnega prenosa v bioreaktorjih. Vrste bioreaktorjev z ozirom na uporabljeni substrat. Membranski bioreaktorji in bioreaktorji za sintezo posebnih produktov. Bioreaktorji velikih dimenzij za čiščenje odpadnih vod in bioreaktorji za anaerobne procese, fotobioreaktorji za kultivacijo rastlinskih tkivnih kultur in alg. Principi načrtovanja in izbire bioreaktorja. Povečevalni ( *scale-up* ) in pomanjševalni procesi ( *scale-*

**Content (Syllabus outline):**

Bioreactor design according to bioreactor design according to the type of microorganism or tissue culture, type of bioprocess and the mode of operation. Mass and heat transport processes, fluid dynamics, process rheology and the modes of operation in various types of bioreactors. Mixing principles and the impellers in bioreactors. Pneumatic mixing and circulation pumps. Liquid flow models. Heat and mass transport in liquid substrates. Types of bioreactors. Membrane bioreactors and fine products bioreactors. Large scale bioreactors. Photo bioreactors for plant cells and algae cultivations. Bioreactors for plant and mammal cell cultivation. Solid state substrate bioreactors

down). Fizikalni in biološki koncept povečevanja. Izbrani primeri prenosa bioprocsov v industrijsko merilo. Primerjava ekonomike obratovanja med različnimi vrstami bioreaktorjev. Vodenje bioprocsov z ozirom na izbiro vrste substrata in bioreaktorja: Šaržno obratovanje, kontinuirno obratovanje, obratovanje z reciklom, obratovanje z napajanjem substrata in perfuzijski način obratovanja. Bioprocsoviranje na trdnih gojiščih. Bioprocsovna analitika. *On-line, in-line* ter *off-line* meritve. Optični senzorji in biosenzorji. Procesno integrirani sistemi: Vzroki in načini za procesno integracijo in merila za izbiro sistema. Primeri integriranih bioprocsov.

and bioreactor design. Bioreactors and bioprocesses scale-up. Principles of chemical engineering and metabolic aspects *scale-up*. Batch, fed batch, perfusion, continuous and chemostat principles and the modes of operation. Bioreactor *on-line, in-line* and *off-line* instrumentation control. Optical and biosensors. Bioreactor case studies. Process integrated systems : the reasons and the selection principles for process integration. Examples of process integrated systems.

#### Temeljna literatura in viri / Readings:

- Mitchell, D.A., Berovic, M., Krieger, N., Solid-state fermentation bioreactors : fundamentals of design and operation. Springer Verlag, Berlin (2006) str.442, (20%)
- P.Doran, Bioprocess Engineering Principles, Acad. Press,(2012), str. 525 (30%)

Berovic M., Nienow A., Bioprocess Engineering Principles, UL Press (2010), str.444 )(50%)

#### Cilji in kompetence:

Cilj predmeta je spoznavanje študentov z osnovami delovanja, vodenja in načrtovanja bioreaktorjev, vseh inženirskih operacij procesa biosinteze in prenosa tehnologije iz laboratorijskega v industrijsko merilo, kar slušatelj spozna na praktičnih primerih. Predmet se povezuje z osnovnimi tehničnimi predmeti in naravoslovnimi predmeti kot so analitska kemija, biokemija, mikrobiologija in biotehnologija rastlinskih in živalskih kultur.

Predmetno specifične kompetence:

- sposobnost razumevanja in funkcionalnega povezovanja načrtovanja in obratovanja bioreaktorjev s potrebami tehnološkega procesa, mikrobne fiziologije in rekombinantnih tehnologij genskega inženiringa
- spoznavanje in povezovanje delovanja bioreaktorja z osnovnimi operacijami

#### Objectives and Competences:

Capability and insight of the role and the relevance of basic engineering principles and applications in biotechnology. The focus of the study is to learn how to use engineering technology skills and application in bioreactors in laboratory, pilot and industrial practice. The course is linked to chemical engineering, physical chemistry, industrial microbiology, plant and animal biotechnology.

- Capability and insight in the strategy and the role of bioreactor design according to the type of microorganism or tissue culture, type of bioprocess and the mode of operation.
- Capability and interlinking of bioreactor operation and techniques with chemical and biochemical engineering principles – mass and heat transport processes, fluid dynamics, process rheology and the modes of operation.

kemijskega in biokemijskega inženirstva – prenosa toplote in snovi, bioprocene reologije, mešanja z vodenjem in kontrolo bioprocasa.

- spoznavanje vpliva mikrobne fiziologije na razvoj tehnološkega postopka od laboratorijskih raziskav do industrijskega postopka
- uporaba bioreaktorjev z ozirom na zahteve industrijske biotehnologije

- Capability of understanding the influence of microbial physiology to the bioreactor design and the modes of operation and their influence to the bioprocess development and design.
- Capability of understanding of pilot and larged scale bioreactors operation.

### **Predvideni študijski rezultati:**

Znanje in razumevanje  
Razumevanje delovanja bioreaktorjev in njihove vloge v biotehnološkem procesu. Sposobnost vpljučevanja predhodno pridobljenih znanj kemijskega inženirstva z biotehnološkim procesom. Spoznavanje pomembnosti mikroorganizma kot glavnega akterja v tehnološkem procesu nastajanja bioproduktov in načrtovanja bioreaktorjev. Sposobnost povezovanja instrumentacije bioprocsov s sodobnimi principi meritev in regulacije.

Uporaba  
Na osnovi pridobljenih osnovnih znanj študent spozna, delovanje in oblikovanje bioreaktorjev z ozirom na potrebe fiziologije mikrobnih celic in njihovo pridobivanja produktov visokotonažne, rekombinantne in fine biotehnologije.

Refleksija  
Refleksija lastnega razumevanja vloge povezovanja predhodno pridobljenih znanj biokemijskega inženirstva, mikrobiologije in mikrobne fiziologije in povezave teorije in prakse. Refleksija kritičnega vrednotenja skladnosti med teoretičnimi načeli in praktičnim ravnanjem.

Prenosljive spretnosti  
Pridobivanje praktičnih tehnoloških znanj kot osnove za uspešno vodenje osnove uspešnega tehnološkega procesa biosinteze v bioreaktorjih. Študenti pridobijo osnovna tehnološka znanja za načrtovanje in uspešno vodenje bioreaktorjev od laboratorijskega do

### **Intended Learning Outcomes:**

Knowledge and Comprehension  
Understanding of the relevance and interdisciplinary structure of biotechnology. reactor design and operation according to the applied microbial culture, basic chemical and biochemical engineering principles and the modes of operation. Ability of comprehensive instrumentation and process control.

Application  
Recognition of the relevance and the role of the operation and the bioreactor design related to microbial physiology and microbial cell structures and bioreactor design in operation in bulk, recombinant and fine product biotechnology.

Analysis  
Reflection of the role of basic biochemical engineering and microbiology knowledgement with theory and practice integration. Theoretical principles and practice consistency reflection. Reflection of critical evaluation of conformity between theoretical principles and practical behavior.

Skill-transference Ability  
Acquisition of practical technology skills as the basis for the successful conduct of successful bioprocess in various types of boreactors. The basic technology skills for planning and management of bioreactors from laboratory to industrial scale.

industrijskega merila. Študent pridobi znanja v obliki predavanj, seminarjev in povezovanja teoretičnih znanj z pridobljenimi znanji iz strokovne literature.

Knowledge in the form of lectures, seminars and theoretical skills and knowledge from the scientific literature.

**Metode poučevanja in učenja:**

Predavanja, seminarji in praktične vaje.

**Learning and Teaching Methods:**

Lectures, seminars, exercises

**Načini ocenjevanja:**

Delež (v %) /

Weight (in %)

**Assessment:**

Pisni in ustni izpit

Opravljene vaje so pogoj za pristop k izpitu.

**70%**

**30%**

Written and oral exam

Accomplished laboratory practice is prerequisite to exam attendance.

**Reference nosilca / Lecturer's references:**

- Mitchell, DA, Krieger, N, **Berovič, M.** Solid-State Fermentation Bioreactors : Fundamentals of Design and Operation. Berlin, Springer, 2006
- Mitchell, DA., **Berovič, M.**, Krieger, N., Biochemical Engineering Aspects Of Solid State Bioprocessing. V: Scheper, T. (ur.). Advances in biochemical engineering biotechnology, vol. 68. Berlin. Springer, 2000, 61-138.
- **Berovic M.**, Bioprocess Engineering, KI Press, (1998)