UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Energetski stroji in naprave - PAP
Course title:	ENERGY MACHINES AND APPLIANCES - PAP
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Mehatronika (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Energetsko strojništvo (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Procesno strojništvo (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Konstruiranje strojev in naprav (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Konstruiranje industrijskih sistemov (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Proizvodne tehnologije (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Industrijsko inženirstvo (smer)	2. letnik	2. semester

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0562718
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3021-V

Predavanja	**Seminar**	**Vaje**	**Klinične vaje**	**Druge oblike študija**	**Samostojno delo**	**ECTS**
30		30			65	5

Nosilec predmeta/Lecturer:	Mihael Sekavčnik
Vrsta predmeta/Course type:	Obvezni splošni predmet /Compulsory general course

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

aplikativni program.	

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Uvod: - Definicije na področju energijskih pretvorb; - Razdelitev razdelitev energetski strojev (lastnosti delovnega medija, smer energijskega toka, način energijske pretvorbe); - Energijske naprave, definicije, zančilni predstavniki. 2. Značilni procesi v energetskih strojih: - Energijski in impulzni izrek, trenje v toku in tlačne izgube v pretočnih traktih stroja; - Krožni procesi (desni, levi); - Tehnično delo, mehanska moč, toplotna moč, termični izkoristek; efektivni izkoristek. 3. Volumenski ali izrivni stroji: - Značilnosti, delo, mehanska moč in izkoristek; - Batni stroji, rotacijski, posebni (ejektorski, elektromagnetni…); - Ročični mehanizem in vztrajnik. 4. Volumenske črpalke: - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Energijska bilanca okrog črpalke: proces v dagramu p – V, tehnično delo, izgube, notranji in efektivni izkoristek; - Energijska bilanca okrog hidravličnega sistema: dobavna višina, dobavna količina, karakteristika sistema; - Izravnava pretočnih in tlačnih pulzacij; večvaljne izvedbe, vetrnik; - Dopustna sesalna višina. 5. Volumenski kompresorji: - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Tehnično delo kompresije; - Škodljivi volumen, dobavni volumen in prirastek temperature; - Večstopenjska kompresija: optimalno tlačno razmerje in število stopenj. 6. Motorji z notranjim zgorevanjem: - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Indicirani diagram in notranje izgube; - Tlačno polnjenje; - Izvedbe (Diesel, Otto, Sabathe, Wankel). 7. Turbinski ali pretočni stroji 1/2 - Razdelitev, uporaba in značilnosti; - Stopnja reaktivnosti, trikotniki hitrosti, Eulerjeva turbinska enačba, notranji izkoristek; - Energijska karakteristika: teoretična in dejanska. 8. Turbinski ali pretočni stroji 2/2: - Energijske karakteristike v dimenzijski in brezdimenzijski obliki; hidravlično podobni turbinski stroji; prikaz na praktičnem primeru;	1. Introduction - Basic definitions in the energy conversion technology area - Clasificaton of energy machines (working fluid properties, energy flow direction, type of energy conversion) - Energy appliances: definitions and types considered 2. Characteristic processes in energy conversion machines - Energy and Momentum theorem, flow friction and pressure losses in flow channels of the machine - Thermodynamic cycles (left and right) - Technical work, mechanical power, heat flow, efficiency 3. Volumetric or reciprocating machines - Characteristics, technical work, mechanical power and efficiency - Piston engines, rotating, special-type volumetric machines (ejector, electromagnetic etc.) - Crank-shaft mechanism and flywheel 4. Volumetric pumps - Classification, use and characteristics - Energy balance for pump: process diagram p – V, technical work, losses, internal and effective efficiency - Energy balance for the hydraulic system: pump-head, flow-rate, characteristics of hydraulic system - compensation of flow-rate and pressure pulsations, multi-cylinder applications, air chamber - Net suction head and cavitation 5. Volumetric compressors - Classification, use and characteristics - Technical work of compression - Clearance volume, effective swept volume and temperature increase - Multistage compression: optimal pressure ratio and number of stages 6. Internal combustion engines - Classification, use and characteristics - Technical work, mechanical power and efficiency - Reversible and real indicator diagram and internal losses - Pressurized charging - Types (Diesel, Otto, Sabathe, Wankel) 7. Turbomachines 1/2 - Clasification, use and characteristics - Reactivity-rate, velocity triangles, Euler’s turbine equation, internal efficiency - Energy characteristics: theoretical and real (effective) 8. Turbomachines 2/2

- Cordierjev diagram za delovne in pogonske pretočne stroje ter uporaba pri projektiranju sistemov; - Kavitacija; dopustna sesalna višina; primeri kavitacije na vodnih turbinah in turbinskih črpalkah. 9. Turbinske črpalke: - Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Energijske karakteristike in regulacija (radialne, diagonalne in aksialne črpalke); - Vzporedna in zaporedna vgradnja črpalk; - Večstopenjske črpalke. 10. Turbinski kompresorji: - Tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Energijske karakteristike; - Večstopenjski turbinski kompresorji, prikaz področja uporabe; - Propelerji. 11. Vodne turbine: - Značilnosti, razdelitev, tehnično delo, mehanska moč in izkoristek; - Področje uporabe in izvedbe: Pelton, Francis, Kaplan, cevne, Banki. 12. Toplotni turbinski stroji: - Plinske turbine, tehnično delo, mehanska moč, izkoristek, plinski postroj, potisniki; - Parne turbine, tehnično delo, mehanska moč, izkoristek, enakotlačne in nadtlačne turbinske stopnje, parno postrojenje. 13. Energetske naprave: - Značilnosti, razdelitev in pregled; - Prenos toplote: prekinjen – neprekinjen, direkten – indirekten, sprememba agregatnega stanja, smer masnih tokov, značilne konstrukcijske lastnosti; - Toplotni tok – srednja logaritemska temperaturna razlika, izkoristek. 14. Prenosniki toplote: - Uparjalniki, kondenzatorji, hladilni stolpi; - Kotli: razdelitev in uporaba, toplotna moč in izkoristek, toplotna obremenitev, čiščenje dimnih plinov in vlek dimnika. 15. Elektrokemični pretvorniki energije: - Gorivne celice: delovanje, tipi in karakteristike; - Elektrolizerji: delovanje, tipi in karakteristike; - Baterije: delovanje, tipi in karakteristike.	- Energy characteristics: dimesional and dimensionless type, hydraulically similar turbine machines, practical case demonstration - Cordier diagram for turbomchinery and its use in system designing - Cavitation; net suction head, demonstration of cavitation in water turbine and pump impellers and material erosion. 9. Turbine pumps - Technical work, mechanical power and efficiency - Energy characteristics and flow-rate regulation techniques (radial-, diagonal- and axial-turbine pumps) - Pumps in parallel or serial installations - Multistage turbine pumps 10. Turbine compressors - Technical work, mechanical power and efficiency - Energy characteristics and flow-rate regulation (radial-, diagonal- and axial turbine compressors) - Multistage turbine compressors - Propellers 11. Water turbines - characteristics, classification, technical work, mechanical power and efficiency - use and types of water turbines: Pelton, Francis, Kaplan, Banki 12. Thermal turbines - Gas turbines, technical work, mechanical power, efficiency, gas turbine cycle, jet engine - Steam turbines, technical work, mechanical power, efficiency, impulse and reaction turbine stages, steam turbine cycle 13. Energy appliances - Characteristics, classification and overwiev - Heat transfer: discontinuous – continuous, direct-indirect, change of aggregate state, direction of mass flows, constrictions - Heat flow – logarithmic mean temperature difference, efficiency 14. Heat exchangers - Evaporators, condensers, cooling towers - Boilers: classification and use, heat flow and efficiency, thermal load, flue gas cleaning, flue gas draft 15. Electrochemical energy converters - Fuel cells: operation, types and characteristics - Electrolysers; operation, types and characteristics - Batteries; operation, types and characteristics.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Tuma M., Sekavčnik M.: Energetski stroji in naprave, druga izpopolnjena in predelana izdaja; Univerza v Ljubljani, Fakultete za strojništvo, 2006
2. Kalide W., Siegloch H.: Energieumwandlung und Arbeitskraftmaschinen, Carl Hanser Verlag, 2019
3. Dick E. Fundamentals of Turbomachines, Springer, 2015

Cilji in kompetence:	Objectives and competences:
Cilji: 1. Uporabiti temeljna znanja s področja fizike, termodinamike in dinamike za popis procesov energijskih pretvorb v energetskih strojih in napravah 2. Na sistematični način spoznati fizikalne principe delovanja in sestavne dele energetskih strojev in naprav 3. Razumeti matematični popis masnih in energijskih bilanc v energetskih strojih in napravah 4. Spoznati energijske karakteristike energetskih strojev in naprav ter način izbire in obratovanja v širših enrgetskih sistemih 5. Spoznati obratovalne značilnosti energetskih strojev in naprav ter najpomembnejše tehnološke zahteve Kompetence: 1. Sposobnost povezovanja interdisciplinarnih znanj različnih področij strojništva (energijske pretvorbe, obratovanje in načrtovanje) (S1-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P2-PAP) 2. Sposobnost načrtovanja energetskih strojev in naprav glede na projektne zahteve (S1-PAP + S15-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P3-PAP) 3. Sposobnost vrednotenja ustreznosti tehničnih izvedb energetskih strojev in naprav ter njihove vgradnje v sisteme (S9-PAP + P3-PAP + P8-PAP)	Objectives: 1. Use of basic knowledge of physics, thermodynamics and dynamics for modelling of energy conversion processes in energy machines and appliances 2. Systematical acquaintance with the physical principles and components of energy machines and appliances 3. Understanding of mathematical modelling of mass- and energy balances in energy machines and appliances 4. Acquaintance of energy characteristics of energy machines and appliances and the methods of selection and operation in broader energy systems 5. Acquaintance of operating characteristics of energy machines and appliances and most characteristic technological restrictions Competences: 1. Ability to integrate interdisciplinary knowledge of various areas of mechanical engineering (energy conversion, operation and design) (S1-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P2-PAP) 2. Ability of planning of energy machines and appliances according to project requirements (S1-PAP + S15-PAP + S9-PAP + P1-PAP + P3-PAP) 3. Ability to evaluate the relevance of technical design of energy machines and appliances and their integration into energy systems (S9-PAP + P3-PAP + P8-PAP)

Predvideni študijski rezultati:	Intended learning outcomes:
Znanja: Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na določenem področju, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo. Spretnosti: S1.1 Izvajanje kompleksnih operativno-strokovnih opravil, ki vključujejo tudi uporabo metodoloških orodij. S1.2 Obvladovanje zahtevnih, kompleksnih delovnih procesov ob samostojni uporabi znanja v novih delovnih situacijah. S1.3 Diagnosticiranje in reševanje problemov v različnih specifičnih delovnih okoljih, povezanih s področjem izobraževanja in usposabljanja.	Knowledge: Z1: Thorough professional theoretical and practical knowledge in a selected field of expertise that is supported with a broad theoretical and methodological basis. Skills: S1.1 Executing complex operationa-professional tasks that incorporate usage of methodological tools. S1.2 Mastering demanding and complex work processes by independent usage of knowledge in new working situations. S1.3 Problem diagnostics and solving in different and specific working environments that are linked to the teaching and training content.

S1.4 Osnova za izvirna dognanja/ stvaritve in kritično refleksijo.	S1.4 Basis for unique innovations and critical reflections.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Klasične oblike poučevanja: P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov. P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri. P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki (opišite katerimi- maks. dve vrstici na en pripomoček). P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki namenskega univerzitetnega učbenika. **Moderne in prožne oblike poučevanja:** P6 Interaktivna predavanja P10 Uporaba anket v realnem času P12 Individualizirane domače naloge v spletni učilnici P14 Virtualni eksperimenti P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje	**Conventional teaching methods:** P1 Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases. P3 Auditorial exrecises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples. P4 Laboratory exercises with special-purpose didactic devices (description needs to be added, max. two lines per device). P5 Application of study material university textbook. **Contemporary and flexible teaching methods:** P6 Interactive lectures. P7 Literature study and discussion. P10 Application of questionaries in real time. P12 Individualised homeworkes in a web classroom P14 Virtual experiments. P15 Application of videos for preparations to the lectures and exercises.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Teoretične vsebine (predavanja).	50,00 %	Theoretical contents (lectures).
Samostojno delo na vajah.	30,00 %	Coursework.
Delo na laboratorijskih vajah.	20,00 %	Laboratory exercises.

Reference nosilca/Lecturer's references:

Mihael Sekavčnik:

1. LOTRIČ, Andrej, STROPNIK, Rok, DROBNIČ, Boštjan, JURJEVČIČ, Boštjan, **SEKAVČNIK, Mihael**, MORI, Mitja. Assessment of critical materials and components in Fch technologies to improve Lcia in end of life strategy. V: KROPE, Jurij (ur.), et al. Environmental management and impact assessment : (conference proceedings). 10th International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection, (June 27th-30th, 2017, Bled, Slovenia). Maribor: University of Maribor Press: Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, 2017. Str. [85]-97, ilustr. ISBN 978-961-286-053-0. http://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/244/206/431-1. [COBISS.SI-ID 15550491]
2. LOTRIČ, Andrej, **SEKAVČNIK, Mihael**, POHAR, Andrej, LIKOZAR, Blaž, HOČEVAR, Stanko. Concept of an integrated thermally self-sustained methanol steam reformer : high-temperature PEM fuel cell stack manportable system. V: KROPE, Jurij (ur.), et al. Hydrogen and fuel cells : (conference proceedings). Maribor: University of Maribor Press: Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, 2017. Str. [75]-86, ilustr. ISBN 978-961-286-054-7. http://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/245/207/432-1. [COBISS.SI-ID 15551515]
3. PIRC, Andrej, DROBNIČ, Boštjan, MORI, Mitja, **SEKAVČNIK, Mihael**. Operating strategies of internal combustion

engine in self-sufficient energy supply. V: GOLOBIČ, Iztok (ur.), CIMERMAN, Franc (ur.). Development and implementation of enhanced technologies 2011 : proceedings of the 3rd AMES International Conference, Ljubljana, Slovenia, November 29th-30th, 2011. 1st ed. Ljubljana: Association of Mechanical Engineers of Slovenia - AMES, 2011. Str. 105-112. ISBN 978-961-91393-7-0. [COBISS.SI-ID 12103451]

4. **SEKAVČNIK, Mihael**, MORI, Mitja, NOVAK, Lovrenc, SMREKAR, Jure, TUMA, Matija. Heat transfer evaluation method in complex rotating environments employing IR thermography and CFD. Experimental heat transfer. 2008, letn. 21, št. 2, str. 155-168. http://dx.doi.org/10.1080/08916150701815770. [COBISS.SI-ID 10427163]
5. NOVAK, Lovrenc, MORI, Mitja, **SEKAVČNIK, Mihael**. Heat transfer study in rotating cascade using IR thermography and CFD analyses. Heat and mass transfer. 2008, vol. 44, no. 5, str. 559-567. ISSN 0947-7411. http://dx.doi.org/10.1007/s00231-007-0269-0. [COBISS.SI-ID 10122011]