

HIDRAVLICNI INDUSTRIJSKI SISTEMI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Hidravlični industrijski sistemi
Course title:	Industry Hydraulic Systems
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni (od študijskega leta 2026/2027 dalje)	Konstruiranje industrijskih sistemov (smer)	3. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0563469
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3052-V

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		30			40	4

Nosilec predmeta/Lecturer:	izr. prof. dr. Franc Majdič
----------------------------	-----------------------------

Izvajalci predavanj:	
Izvajalci seminarjev:	
Izvajalci vaj:	
Izvajalci kliničnih vaj:	
Izvajalci drugih oblik:	
Izvajalci praktičnega usposabljanja:	

Vrsta predmeta/Course type:	Izbirni strokovni predmet /Elective specialised 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 aplikativni program.	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

Vsebina:	Content (Syllabus outline):
1. Uvod – industrijski hidravlični sistemi, krmiljenje in regulacija hidrostatičnih pogonov: - pomen/prednosti/pojmi, - prenosna funkcija sestavin in sistemov,	1. Introduction - industrial hydraulic systems, control and regulation of hydrostatic actuators: - Meaning / advantages / concepts,

- metode za nastavitve hitrosti aktuatorjev. 2. Metode za nastavev pretoka: - uporaba več vzporedno-vezanih črpalk s konstantno iztisnino, - konstantne črpalke in ventili za nastavev pretoka, - konstantne črpalke in brezstopenjska regulacija vrtilne hitrosti pogona. 3. Vrste krmiljenja in regulacije črpalk s spremenljivo iztisnino: - aksialne, radialne in lamelne črpalke, - tlačna, pretočna in kombinirana regulacija, - krmiljenje z zaznavanjem obremenitve, - krmiljenje po moči. 4. Krmiljenje in regulacija hidravličnih motorjev s spremenljivo iztisnino: - regulacija odgonske vrtilne hitrosti HM v sistemu s konstantnim pretokom, - regulacija v sistemu s konstantnim tlakom. 5. Načrtovanje in delovanje hidrostaticnih pogonov- 1.del: - osnovne krmilne sheme odprtih in zaprtih tokokrogov, - vzporedne in zaporedne vezave, - primarno, sekundarno in kombinirano krmiljenje. 6. Načrtovanje in delovanje hidrostaticnih pogonov- 2.del: - krmiljenje po pretoku, - krmiljenje po tlaku, - krmiljenje tlačnih razlik, - krmiljenje po moči, - krmiljenje pogonske vrtilne hitrosti črpalk, - krmiljenje enega in več izvršilnih sestavin. 7. Načrtovanje in preračuni industrijskih hidravličnih pogonov: - koncepti in faze načrtovanje, - tipični tlaki, - funkcijski diagrami, - izgube hidravlične energije, - segrevanje, hlajenje in hrup. 8. Primeri hidrostaticnih naprav: - brezstopenjski prenos, - delovni stroj, komunalno vozijo, letalo, obdelovalni stroji, hidravlično dvigalo, itn. 9. Uporaba hidravlike v mobilnih industrijskih hidravličnih strojih: - vrednotenje, zahtevnost, kriteriji, omejitve, prednosti. 10. Tehnika krmiljenja v mobilnih hidravličnih strojih ter hidrostaticni pogoni: - horizontalno veriženje ventilov, - zgradbe več-sekcijskih ventilov, - vzporedna /tendemska/ zaporedna vezava, - vrste hidrostaticnih pogonov, - diferencial. 11. Volansko hidrostaticno krmiljenje hidravličnih strojev: - goseničar, - eno-osno, globno in več-osno,	- Transfer function of components and systems, - Methods for adjusting the speed of actuators 2. Flow adjustment methods: - The use of multiple parallel pumps with constant displacement, - Constant pumps and flow adjusting valves, - Constant displacement pumps and continuously variable speed control of the drive. 3. Types of control and regulation of variable displacement pumps: - axial, radial and vane pumps, - pressure, flow and combined regulation, - load sensing control, - power steering. 4. Control and regulation of variable displacement hydraulic motors: - control of the HM output speed in a constant flow system, - regulation in a system with constant pressure. 5. Design and operation of hydrostatic actuators - Part 1: - basic control circuits for open and closed circuits, - parallel and serial circuits, - primary, secondary and combined controls. 6. Design and Operation of Hydrostatic Drives- Part 2: - flow control, - pressure control, - control of pressure differences, - power control, - control of the rotational speed of the pumps, - control of one or more actuators. 7. Design and calculations of industrial hydraulic drives: - concepts and stages of planning, - typical pressures, - function diagrams, - loss of hydraulic energy, - heating, cooling and noise. 8. Examples of hydrostatic devices: - continuous control transmission, - working machine, utility vehicles, aircraft, machine tools, hydraulic lift, etc. 9. Use of hydraulics in mobile industrial hydraulic machines: - evaluation, complexity, criteria, limitations, strengths. 10. Control technique in mobile hydraulic machines and hydrostatic actuators: - horizontal chaining of valves, - multi-section valve structures, - parallel / tendematic / sequential binding, - types of hydrostatic actuators, - differential. 11. Hydrostatic steering of hydraulic machines: - caterpillar, - single-axis, articulated and multi-axis, - continuous electro-hydraulic and automatic control.
---	--

- zvezno elektro-hidravlično in samodejno krmiljenje. 12. Delovna hidravlika na mobilnih hidravličnih strojih: - delovni stroji, - kmetijski stroji, - dvizne transportne naprave, - komunalna vozila, - gozdarski stroji. 13. Osnove prehodnih pojavov – hidravlični udari pri delovanju hidravlični industrijskih naprav in strojev: - osnovni preračun hidravlične odpornosti proti pospeševanju, odpornosti proti gibanju, frekvence in amplitude nihanja tlaka pri hidravličnem udaru, metode za znižanje amplitude. 14. Osnove 1D simulacij hidravličnih sistemov: - predstavitev simulacijskih orodij, - osnovni hidravlični gradniki, - princip gradnje 1D numeričnega modela hidravličnega sistema, - primer hidravlične naprave. 15. Tendence razvoja industrijskih in mobilnih hidravličnih strojev: - pregled stanja tehnike z mednarodnih konferenc, revij, sejmov in patentov.	12. Working hydraulics on mobile hydraulic machines: - working machines, - farm machinery, - lifting conveyors, - utility vehicles, - forestry machinery 13. Basics of transient phenomena - hydraulic shocks in the operation of hydraulic industrial devices and machines: - basic calculation of hydraulic resistance to acceleration, resistance to movement, frequency and amplitude of pressure fluctuations in hydraulic shock, methods for amplitude reduction. 14. 1D simulations fundamentals of hydraulic systems: - presentation of simulation tools, - basic hydraulic components, - the principle of construction of a 1D numerical model of a hydraulic system, - An example of a hydraulic device. 15. Development trends of industrial and mobile hydraulic machines: - an overview of the state of the art from international conferences, magazines, fairs and patents.
---	---

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. D. Findeisen, F. Findeisen, Ölhdraulik: Handbuch für die hydrostatische Leistungsübertragung in der Fluidtechnik, 4. Auflage, Springer Verlag, 1994 [COBISS.SI-ID 1020187] 2. Murenhoff H.: <i>Fluidtechnik für Mobile Anwendungen</i>, Schaker Verlag, Aachen 2006 [COBISS.SI-ID 9135899] 3. Holger W.: <i>Hydraulik und Pneumatik, Grundlagen und Übungen – Anwendungen und Simulation</i>, GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden 2008. [COBISS.SI-ID 11268635] 4. Pezdirnik J., Majdič F. Krmiljene črpalke in hidravlični motorji ter hidrostatični pogoni : seminarsko gradivo. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2006. [COBISS.SI-ID 9562651] 5. Pezdirnik J., Majdič F. Hidravlika in pnevmatika : zapiski za predavanja. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2011. 381 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 12024603]	
--	--

Cilji in kompetence:

Cilji: 1. Spoznati specifičnosti industrijskih hidravličnih sistemov. 2. Spoznati načine nastavitve pretoka hidravlične kapljevine 3. Spoznati metode krmiljenja ter regulacije hidravličnih črpalk ter motorjev 4. Spoznati načrtovanje in dimenzioniranje hidrostatičnih pogonov 5. Spoznati specifičnosti hidravlike za mobilne stroje 6. Spoznati osnove za izračun hidravličnih udarov in kako jih zmanjšati 7. Spoznati osnove 1d simulacij hidravličnih sistemov 8. Spoznati razvojne trende na svetovnem trgu s področja hidravličnih sistemov Kompetence:	
---	--

Objectives and competences:

Goals: 1. To know the specifics of industrial hydraulic systems. 2. To find out ways to adjust the flow of hydraulic fluid 3. To learn the methods of control and regulation of hydraulic pumps and motors 4. To know the design and sizing of hydrostatic actuators 5. To know the specifics of hydraulics for mobile machines 6. To learn the basics of calculating hydraulic shocks and how to reduce them 7. To learn the basics of 1d simulations of hydraulic systems 8. To know the development trends in the world market in the field of hydraulic systems Competences:	
---	--

1. S1-PAP, P1-PAP in P3-PAP: Sposobnost uporabe pridobljenega znanja pri načrtovanju in implementaciji hidravličnih sistemov v industriji. 2. S4-PAP, S7-PAP, P6-PAP in P9-PAP: Sposobnost samostojnega dela pri projektiranju in dimenzioniranju novih industrijskih in mobilnih hidravličnih sistemov. 3. S2-PAP, S5-PAP in P7-PAP: Sposobnost izvedbe osnovnih numeričnih in analitičnih preračunov hidravličnih sistemov. 4. S11-PAP, S12-PAP, S13-PAP, P5-PAP in P8-PAP: Sposobnost pregleda stanja trga in novosti na področju hidravličnih sistemov ter kritično ovrednotenje in nadgradnja v nove izdelke/stroje.	1. S1-PAP, P1-PAP and P3-PAP: The ability to apply the acquired knowledge to the design and implementation of hydraulic systems in industry. 2. S4-PAP, S7-PAP, P6-PAP and P9-PAP: The ability to work independently in the design and sizing of new industrial and mobile hydraulic systems. 3. S2-PAP, S5-PAP and P7-PAP: The ability to perform basic numerical and analytical calculations of hydraulic systems. 4. S11-PAP, S12-PAP, S13-PAP, P5-PAP and P8-PAP: The ability to review the market situation and innovations in the field of hydraulic systems, as well as critically evaluate and upgrade to new products / machines.
--	---

Predvideni študijski rezultati:

Znanja:
 Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na področju hidravličnih sistemov podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo.

Spretnosti:
 S1.1: Izvajanje kompleksnih operativno-strokovnih opravil na področju snovanja, konstruiranja in preračunov hidravličnih sistemov.
 S1.2: Obvaldovanje kompleksnih delovnih procesov razvoja novih hidravličnih sistemov ob samostojni uporabi znanja v novih delovnih situacijah.
 S1.3: Zagoni novih ali obnovljenih industrijskih hidravličnih sistemov, diagnosticiranje delovanja in reševanje morebitnih težav v različnih delovnih okoljih povezanih s področjem izobraževanja.
 S1.4: Osnova za nove, inovativne hidravlične sisteme in patentno zaščito.

Intended learning outcomes:

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: Performing complex operational and professional tasks in the field of planning, design and calculations of hydraulic systems.
 S1.2: Mastering complex work processes for the development of new hydraulic systems with the independent use of knowledge in new work situations.
 S1.3: Starting new or restored industrial hydraulic systems, diagnosing performance and solving potential problems in various work environments related to the field of education.
 S1.4: The basis for new, innovative hydraulic systems and patent protection.

Metode poučevanja in učenja:

P1 in P2 Avditorna predavanja, obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki.
 P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri
 P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki: hidravlična preizkuševališča in diagnostična oprema za meritve hidravličnih parametrov
 P6 Interaktivna predavanja
 P7 Študij literature in razprava
 P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog: po dva študenta rešujeta konkretno individualno nalogo.

Learning and teaching methods:

P1 and P2 Auditorial lectures, presenting the content according to the explained system.
 P3 Auditorial exercises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples.
 P4 Application of study material: hydraulic testing and diagnostic equipment for measuring hydraulic parameters.
 P6 Interactive lectures.
 P7 Literature study and discussion.
 P8 Preparation and presentation of applied seminar tasks: two students solve a specific individual task.

Načini ocenjevanja:

Delež/Weight

Assessment:

Teoretične vsebine (predavanja).	40,00 %	A theoretical contents (lectures).
Samostojno delo na vajah.	25,00 %	Independent work in exercises.
Delo na laboratorijskih vajah (poročila in preverjanje znanja).	10,00 %	Independent work in lab work (reports and assesment).

Seminar.	25,00 %	Seminar.
----------	---------	----------

Ocenjevalna lestvica:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

Grading system:

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

Reference nosilca/Lecturer's references:
Franc Majdič:

1. PUSTAVRH, Jan, TRAJKOVSKI, Ana, TIČ, Vito, POLAJNAR, Marko, BOHINC, Uroš, **MAJDIČ, Franc**. Analysis of different guide elements' designs in hydraulic cylinders. *Applied sciences*. April 2025, vol. 15, iss. 9, [article no.] 4738, 21 str., ilustr. ISSN 2076-3417. [Digitalna knjižnica Univerze v Mariboru – DKUM](#), DOI: [10.3390/app15094738](#). [COBISS.SI-ID [236875779](#)]
2. KALIN, Mitjan, POLAJNAR, Marko, KUS, Maja, **MAJDIČ, Franc**. Green tribology for the sustainable engineering of the future. *Strojniški vestnik*. Nov.-Dec. 2019, vol. 65, no. 11/12, str. 709-727, si 90, ilustr. ISSN 0039-2480. <https://www.sv-jme.eu/sl/article/green-tribology-for-sustainable-engineering-of-the-future/>, [Repozitorij Univerze v Ljubljani – RUL](#), [Digitalna knjižnica Slovenije - dLib.si](#), DOI: [10.5545/sv-jme.2019.6406](#). [COBISS.SI-ID [16945179](#)]
3. **MAJDIČ, Franc**, KRAMAR, Matevž, TRAJKOVSKI, Ana, BARTOLJ, Jan. Research into the influence of critical hydraulic tank parameters when using two pumps simultaneously. V: LOVREC, Darko (ur.), TIČ, Vito (ur.). *International Conference Fluid Power 2025 : conference proceedings : [Hotel Habakuk, Maribor, Slovenia, 17th - 18th, September 2025]*. 1st ed. Maribor: University of Maribor, University Press, 2025. Str. 201-213, ilustr. ISBN 978-961-299-049-7. DOI: [10.18690/um.fs.7.2025.15](#). [COBISS.SI-ID [256376323](#)]
4. BOŽIČ, Dominik, **MAJDIČ, Franc**. Razvoj miniaturnega proporcionalnega hidravličnega ventila za krmiljenje gibov humanoidnega robota. *Ventil : revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo*. okt. 2022, letn. 28, št. 5, str. 330-336, ilustr. ISSN 1318-7279. [Digitalna knjižnica Slovenije - dLib.si](#). [COBISS.SI-ID [132584451](#)]
5. PUGELJ, Jan, TRAJKOVSKI, Ana, UREVC, Janez, **MAJDIČ, Franc**. Rekonstrukcija dvostopenjskega hidravličnega varnostnega ventila. *Ventil : revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo*. dec. 2024, letn. 30, št. 6, str. 352-358, ilustr. ISSN 1318-7279. [Digitalna knjižnica Slovenije - dLib.si](#). [COBISS.SI-ID [222212355](#)]