

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Lahke konstrukcije
<b>Course title:</b>	LIGHTWEIGHT STRUCTURES
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri
Strojništvo - Razvojno raziskovalni program, druga stopnja, magistrski	Konstruiranje (smer)	2. letnik	1. semester

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 0566885

**Koda učne enote na članici/UL Member course code:** 6032-M

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

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Boris Jerman

**Vrsta predmeta/Course type:** Obvezni strokovni predmet na smeri Konstruiranje, ki je izbirni strokovni predmet na ostalih smereh./Compulsory specialised course in the study of Design Engineering, which is an elective specialised course in other fields of study.

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Magistrski študijski program II. stopnje Strojništvo - Razvojno raziskovalni program.	Meeting the enrollment conditions for the Master's study programme of Mechanical Engineering - Research and Development program.
---	--

**Vsebina:** **Content (Syllabus outline):**

1. Predavanje: Uvod: Lahke konstrukcije - definicija in delitev. Osnovni principi pri snovanju lahkih konstrukcij v povezavi z enoosnimi, ploskovnimi	1. Lecture: Introduction: Lightweight constructions - definition and types. Basic principles for the design of lightweight structures in relation to
---	--

<p>in volumskimi nosilnimi elementi. Predstavitev kovinskih in kompozitnih lahkih konstrukcij.</p> <p>2. Predavanje: Lastnosti jekla, pomembne za lahke konstrukcije: Odvisnost mehanskih lastnosti jeklene pločevine od smeri merjenja oz. valjanja, debeline in temperature. Plastni iztrg in jekla, z izboljšanimi lastnostmi v smeri debeline. Izbor jekel, odpornih na krhki lom.</p> <p>3. Predavanje: Semiprobabilistični pristop k dimenzioniranju: Osnove probabilističnih kriterijev dimenzioniranja. Skrajna mejna stanja. Služnostna mejna stanja.</p> <p>4. Predavanje: Zasnova in dimenzioniranje tlačnih in upogibnih enoosnih elementov glede na globalni uklon oz. zvrnitev.</p> <p>5. Predavanje: Zasnova in dimenzioniranje tlačno obremenjenih ravnih tankostenskih ploskovnih elementov glede na lokalno nestabilnost.</p> <p>6. Predavanje: Optimalno oblikovanje prerezov enoosnih nosilnih elementov, sestavljenih iz tankostenskih pločevin. Vzdolžni in prečni okrepitevni elementi tankostenskih konstrukcij. Kompaktnost prerezov in plastični odpornostni moment.</p> <p>7. Predavanje: Teoretične osnove, zasnova in dimenzioniranje tlačnih tankostenskih elementov okroglih presekov.</p> <p>8. Predavanje: Spajanje tlačnih tankostenskih elementov okroglih in pravokotnih presekov: statični preračun zvarnih spojev okroglih in pravokotnih cevi.</p> <p>9. Predavanje: Spajanje tlačnih tankostenskih elementov okroglih in pravokotnih presekov: preračun zvarnih spojev okroglih in pravokotnih cevi na utrujanje.</p> <p>10. Predavanje: Lahke konstrukcije iz aluminijevih zlitin: Aluminij in aluminijeve zlitine. Posebnosti pri varjenju aluminijevih zlitin.</p> <p>11. Predavanje: Lahke konstrukcije iz aluminijevih zlitin - posebnosti pri oblikovanju enoosnih lahkih konstrukcij.</p> <p>12. Predavanje: Lahke konstrukcije iz aluminijevih zlitin - posebnosti pri oblikovanju ploskovnih lahkih konstrukcij.</p> <p>13. Predavanje: Kompozitne lahke konstrukcije: Kompozitne lahke konstrukcije v strojništvu. Kompoziti jeklo-kamena volna. Osnove preračuna kompozita.</p> <p>14. Predavanje: Kompozitne lahke konstrukcije: Kompoziti s steklenimi, ogljikovimi in aramidnimi vlakni. Osnove preračuna kompozitov s steklenimi, ogljikovimi in aramidnimi vlakni.</p> <p>15. Uporaba metode končnih elementov pri načrtovanju in dimenzioniranju lahkih</p>	<p>uniaxial, planar and volume load-bearing elements. Introduction to metal and composite lightweight structures.</p> <p>2. Lecture: Properties of steel important for lightweight structures: Dependence of mechanical properties of steel sheet on the direction of measurement and rolling, thickness and temperature. Lamellar tearing and steels, with improved thickness properties. Selection of brittle fracture resistant steels.</p> <p>3. Lecture: Semiprobabilistic approach to design: Basics of probabilistic sizing criteria. Ultimate limit states. Serviceability limit states.</p> <p>4. Lecture: Design of compressive and flexural uniaxial elements with respect to global buckling and lateral torsional buckling.</p> <p>5. Lecture: Design and dimensioning of compression-loaded flat thin-walled planar elements according to local instability (local buckling of plates).</p> <p>6. Lecture: Optimal design of cross-sections of uniaxial supporting elements consisting of thin-walled sheets. Longitudinal and transverse reinforcement elements (ribs) of thin-walled structures. Cross-section compactness and plastic section modulus.</p> <p>7. Lecture: Theoretical background, design and dimensioning of thin-walled elements of circular cross-section.</p> <p>8. Lecture: Connection of compression loaded thin-wall elements of circular and rectangular sections: static calculation of welds.</p> <p>9. Lecture: Connection of compression loaded thin-wall elements of circular and rectangular sections: calculation of welded joints to fatigue.</p> <p>10. Lecture: Lightweight Aluminium Alloy Structures: Aluminium and aluminium alloys. Specialties for welding of aluminium alloys.</p> <p>11. Lecture: Lightweight Aluminium Alloy Structures - Special Features in Designing Uniaxial Lightweight Structures.</p> <p>12. Lecture: Lightweight Aluminium Alloy Structures - Particularities in the Design of Flat Lightweight Structures.</p> <p>13. Lecture: Lightweight composite structures: Composite lightweight structures in mechanical engineering. Steel-rock wool composites. Basics of composite calculation.</p> <p>14. Lecture: Lightweight composite structures: Glass, carbon and aramid fibre composites. Basics of glass, carbon and aramid fibre composites calculation.</p> <p>15. Application of the finite element method in the design and sizing of lightweight structures.</p>
--	--

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

1. PAIK, Jeom Kee: Ultimate limit state design of steel-plated structures / Jeom Kee Paik, Anil Kumar Thayamballi. - Chichester, cop. 2003
2. Light-Weight Steel and Aluminium Structures, 1st Edition, ICSAS '99, Editors: P. Mäkeläinen, P. Hassinen, Hardcover ISBN: 9780080430140, eBook ISBN: 9780080549439, Imprint: Elsevier Science, June 1999
3. LIGHTWEIGHT sandwich construction / edited by J. M. Davies. - Malden, MA, 2001
4. SIST EN 1993-1-5:2006: Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij - 1-5. del: Elementi pločevinaste konstrukcije
5. SIST EN 1993-1-6:2007: Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij - 1-6. del: Trdnost in stabilnost lupinastih konstrukcij
6. SIST EN 1993-1-7:2007: Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij - 1-7.del: Predmet pločevinaste konstrukcije obremenjen s prečno obtežbo
7. SIST EN 1993-1-8:2005: Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij - 1-8. del: Projektiranje spojev
8. SIST EN 1993-1-9:2005: Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij - 1-9. del: Utrujanje
9. SIST EN 1993-1-10:2005: Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij - 1-10. del: Izbira kakovosti jekla glede na žilavost in lamelarni lom
10. SIST EN 1999-1-1:2007: Evrokod 9: Projektiranje konstrukcij iz aluminijevih zlitin - 1-1. del: Splošna pravila za konstrukcije
11. SIST EN 1999-1-1:2007: Evrokod 9: Projektiranje konstrukcij iz aluminijevih zlitin - 1-1. del: Splošna pravila za konstrukcije
12. SIST EN 1999-1-3:2007: Evrokod 9: Projektiranje konstrukcij iz aluminijevih zlitin - 1-3. del: Konstrukcije, občutljive na utrujanje
13. SIST EN 1999-1-5:2007: Evrokod 9: Projektiranje konstrukcij iz aluminijevih zlitin - 1-5. del: Lupinaste konstrukcije
14. TROITSKY, M. S.: Tubular steel structures : theory and design / by M. S. Troitsky. - Cleveland, Ohio, 1982
15. GESCHWEISSTE Aluminium Konstruktionen / hrsg. von Dimitrias Kostas. - Braunschweig, 1978
16. ALUMINIUM structural analysis : recent European advances : a collection of papers on aspects of research and design in structural aluminium with particular reference to the needs of a future European code of practice / edited by P.S. Bulson. - London ; New York, 1992
17. HERAKOVICH, Carl T.: Mechanics of fibrous composites / Carl T. Herakovich. - New York [etc.], cop. 1998

**Cilji in kompetence:****Objectives and competences:****Cilji:**

1. Spoznati področje lahkih kovinskih in sovprežnih konstrukcij.
2. Spoznati teoretično ozadje, pomembno za snovanje lahkih kovinskih konstrukcij.
3. Poglobljeno spoznati praktične postopke za snovanje, dimenzioniranje in intuitivno optimiranje lahkih kovinskih konstrukcij tankostenskih pravokotnih in okroglih presekov.
4. Spoznati osnovne deležnike, ki vplivajo na izbor vrste lahke sovprežne konstrukcije, v posameznih primerih.
5. Spoznati osnove oblikovanja posameznih vrst lahkih sovprežnih konstrukcij.

**Objectives:**

1. To understand the field of light metal and composite structures.
2. To learn the theoretical background important for the design of lightweight metal structures.
3. In-depth knowledge of practical procedures for the design, sizing and intuitive optimization of lightweight metal structures of thin-walled rectangular and circular cross-sections.
4. To learn the basic parameters that influence the choice of type of lightweight composite structure in individual cases.
5. To learn the basics of design of different types of lightweight composite structures.

<p><b>Kompetence:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. S7-MAG, P1-MAG, P2-MAG, P6-MAG: Sposobnost snovanja lahkih konstrukcij iz jekla in aluminija.</li> <li>2. S1-MAG, P1-MAG, P2-MAG, P7-MAG: Sposobnost zasnove naprednega enoosnega nosilnega elementa, sestavljenega iz ravnih pravokotnih pločevin.</li> <li>3. S7-MAG, P2-MAG, P4-MAG, P7-MAG: Sposobnost zasnove enoosnega nosilnega elementa okroglega tankostenskega prereza.</li> <li>4. S7-MAG, P1-MAG, P2-MAG, P4-MAG, P7-MAG: Sposobnost dimenzioniranja statično in dinamično obremenjenih varjenih lahkih konstrukcij iz jekla in aluminija.</li> <li>5. P2-MAG: Sposobnost izbire ustrezne vrste sovprežne konstrukcije.</li> <li>6. P2-MAG: Sposobnost osnovnega oblikovanja ustrezne sovprežne konstrukcije.</li> </ol>	<p><b>Competencies:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. S7-MAG, P1-MAG, P2-MAG, P6-MAG: The ability to design lightweight steel and aluminium structures.</li> <li>2. S1-MAG, P1-MAG, P2-MAG, P7-MAG: The ability to design an advanced uniaxial support element consisting of flat rectangular sheets.</li> <li>3. S7-MAG, P2-MAG, P4-MAG, P7-MAG: The ability to design a uniaxial supporting element of a round thin-wall section.</li> <li>4. S7-MAG, P1-MAG, P2-MAG, P4-MAG, P7-MAG: The capability of designing of static and dynamically loaded welded lightweight steel and aluminium structures.</li> <li>5. P2-MAG: The ability to select the appropriate type of composite structure.</li> <li>6. P2-MAG: The capability of basic design of an appropriate composite structure.</li> </ol>
--	---

#### **Predvideni študijski rezultati:**

<p><b>Znanja:</b></p> <p>Z2: Poglobljeno teoretično, metodološko in analitično znanje z elementi raziskovanja, ki je osnova za zelo zahtevno strokovno delo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• znanje snovanja lahkih konstrukcij iz jekla in aluminija.</li> <li>• poglobljeno znanje snovanja naprednih enoosnih nosilnih elementov, sestavljenih iz ravnih pravokotnih pločevin;</li> <li>• znanje snovanja enoosnih nosilnih elementa okroglega tankostenskega prereza</li> <li>• poglobljeno znanje dimenzioniranja statično in dinamično obremenjenih varjenih lahkih konstrukcij iz jekla in aluminija</li> <li>• znanje, povezano z izborom ustrezne vrste sovprežne konstrukcije in z osnovnim oblikovanjem posameznih sovprežnih konstrukcij.</li> </ul> <p><b>Spretnosti:</b></p> <p>S2.1 Obvladovanje zelo zahtevnih, kompleksnih delovnih procesov in metodoloških orodij na področju:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• snovanja in dimenzioniranje naprednih enoosnih nosilnih elementov, tankostenih prerezov pravokotne in okrogle oblike;</li> </ul> <p>S2.3 Sposobnost izvirnih dognanj/stvaritev in kritične refleksije</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• snovanje in intuitivno optimiranje naprednih</li> </ul>	<p><b>Knowledge:</b></p> <p>Z2: In-depth theoretical, methodological and analytical knowledge with elements of research, which is the basis for very demanding professional work:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• knowledge of design of lightweight steel and aluminium structures,</li> <li>• in-depth knowledge of the design of advanced uniaxial load-bearing elements consisting of flat rectangular sheets,</li> <li>• knowledge of the design of uniaxial supporting elements of circular thin-wall section,</li> <li>• in-depth knowledge of design of statically and dynamically loaded welded lightweight structures made of steel and aluminium,</li> <li>• knowledge related to the choice of the appropriate type of composite structure and to the basic design of individual composite structures.</li> </ul> <p><b>Skills:</b></p> <p>S2.1 Mastering of highly demanding, complex work processes and methodological tools in the field of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• designing and dimensioning of advanced uniaxial load-bearing elements with thin-wall sections of rectangular and round shape;</li> </ul> <p>S2.3 Ability for original findings / creations and critical reflection:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• design and intuitive optimization of advanced</li> </ul>
--	---

enoosnih nosilnih elementov, sestavljenih iz ravnih pravokotnih pločevin;	uniaxial load-bearing elements consisting of flat rectangular sheets.
---	---

#### Metode poučevanja in učenja:

#### Learning and teaching methods:

<p>P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki.</p> <p>P7 Študij literature in razprava.</p> <p>P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri.</p> <p>P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dejanski vzorci za demonstracijo lastnosti ob tlačnih obremenitvah</li> <li>• predpripravljeni MKE modeli za analizo kompleksnejših prerezov lahkih konstr.</li> </ul> <p>P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• knjige,</li> <li>• standrdi,</li> <li>• skripta,</li> <li>• prosojnice s predavanj.</li> </ul> <p>P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarских nalog.</p> <p>P14 Virtualni eksperimenti - izvajanje virtualnih MKE eksperimentov.</p>	<p>P1 Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases.</p> <p>P2 Treatment of the subject matter according to an orderly and pre-explained systematic system.</p> <p>P7 Literature studies and discussion.</p> <p>P3 Auditorial exercises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples.</p> <p>P4 Laboratory exercises with dedicated teaching aids:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• actual samples for demonstrating properties under compressive loading</li> <li>• pre-prepared FEM models for the analysis of more complex cross sections of light structures.</li> </ul> <p>P5 Use of study materials in the form of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• books,</li> <li>• standards,</li> <li>• script,</li> <li>• slides from lectures.</li> </ul> <p>P8 Making and presenting applied seminar exercises.</p> <p>P14 Virtual Experiments - Perform virtual FEM experiments.</p>
---	---

#### Načini ocenjevanja:

#### Delež/Weight

#### Assessment:

Teoretična znanja (pisni kolokviji in izpit z opsijskim ustnim zagovorom)	50,00 %	Theoretical knowledge (written colloquia and exam with an optional oral examination)
Aplikativne seminarske naloge (poročila s predstavitvami)	50,00 %	Applied seminar exercises (reports with presentations)

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

##### Boris Jerman:

1. ČUK, Metod, KOSEL, Franc, ZRNIĆ, Nenad Đ., JERMAN, Boris. An analysis of continuous sandwich panels with profiled faces. Strojniški vestnik, ISSN 0039-2480, Dec. 2017, vol. 63, no. 12, str. 746-753, SI 109, ilustr. doi: 10.5545/sv-jme.2017.4844. [COBISS.SI-ID 15799323]
2. HLADNIK, Jurij, JERMAN, Boris. Advanced finite element cross-country ski boot model for mass optimization directions considering flexion stiffness. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part P, Journal of sports engineering and technology (Print), ISSN 1754-3371, 2018, vol. 232, iss. 3, str. 264-274, ilustr., doi: 10.1177/1754337117745238. [COBISS.SI-ID 15789083]

3. JERMAN, Boris, HLADNIK, Jurij, RESMAN, Franc, LANDSCHÜTZER, Christian. Optimization of the support structure of large axial-radial bearing of overhead type manipulator. FME Transactions, ISSN 1451-2092, 2018, vol. 46, nr. 3, str. 386-391, ilustr., [COBISS.SI-ID 16256283]
4. BOŠNJAK, Srđan, PETKOVIĆ, Zoran, GNJATOVIĆ B., Nebojša, JERMAN, Boris, MILENOVIĆ LJ., Ivan. Finite element and experimental strength analysis of the bucket wheel excavator two-wheel bogie. V: BOŠNJAK, Srđan (ur.), KARTING, George (ur.), ZRNIĆ, Nenad Đ. (ur.). XX International Conference on "Material Handling, Constructions and Logistics" - MHCL'12, 3-5 October 2012, Belgrade, Serbia. Belgrade: Faculty of Mechanical Engineering. 2012, str. 141-148, ilustr. [COBISS.SI-ID 12709915]
5. HLADNIK, Jurij, JERMAN, Boris. Load capacity verification of temporary platforms, drain shaft lattice and drain shaft cover plate. Ljubljana: Faculty of Mechanical Engineering, Laboratory for Material Handling and Machine Structures (LASOK), 2018. 21 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 16157467]