

MEHANIKA KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Mehanika konstrukcijskih elementov
Course title:	Mechanics of structural elements
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - Razvojno raziskovalni program, druga stopnja, magistrski (od študijskega leta 2024/2025 dalje)	Mehanika (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:

0566894

Koda učne enote na članici/UL Member course code:

6036-M

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			65	5

Nosilec predmeta/Lecturer:

Miroslav Halilović

Izvajalci predavanj:

Izvajalci seminarjev:

Izvajalci vaj:

Izvajalci kliničnih vaj:

Izvajalci drugih oblik:

Izvajalci praktičnega usposabljanja:

Vrsta predmeta/Course type:

Obvezni strokovni predmet na smeri Mehanika, ki je izbirni strokovni predmet na ostalih smereh./Compulsory specialised course in the study of Mechanics, which is an elective specialised course in other fields of study.

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:

Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Slovenščina

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

Ni pogojev.

No conditions.

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

1. Robni problem v elastomehaniki
 - Ravnotežne enačbe
 - Zveze med pomiki in deformacijami
 - Konstitutivne enačbe
 - Kompatibilnostne enačbe
2. Obravnava konstrukcij s pomočjo splošnih enačb
 - Splošne enačbe v različnih koordinatnih sistemih (cilindrični, sferični)
 - Osnosimetrični problemi (stene, cevi, krogle)
 - Posebna napetostno-deformacijska stanja
 - Aplikacija teorije na realne primere
3. Iz splošnih enačb na enačbe konstrukcij
 - Delitev konstrukcij
 - Splošno o linijskih konstrukcijah
 - Notranje veličine
4. Palice
 - Diferencialna enačba problema
 - Princip reševanja 1D problemov
 - Analitično reševanje ravninskega paličja
5. Prostorska paličja
 - Transformacija koordinatnega sistema

1. Boundary problem in elastomechanics
 - Equilibrium equations
 - Relationships between displacements and deformations
 - Constitutive equations
 - Compatibility equations
2. Treatment of structures using general equations
 - General equations in different coordinate systems (cylindrical, spherical)
 - Axisymmetric problems (walls, tubes, spheres)
 - Special stress-strain states
 - Application of theory to real case studies
3. From general equations to structural equations
 - Types of structures
 - General about line structures
 - Internal quantities
4. Trusses
 - Differential equation of problem
 - Principle of solving 1D problems
 - Analytical resolution of the plane trusses
5. Space trusses

<ul style="list-style-type: none"> - Numerična obravnava paličja - Aplikacija teorije na realne primere 	<ul style="list-style-type: none"> - Transformation of the coordinate system - Numerical analysis of truss systems - Application of theory to real case studies
<p>6. Torzija gredi krožnega prereza</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diferencialna enačba problema - Princip reševanja 	<p>6. Torsion of circular cross section shaft</p> <ul style="list-style-type: none"> - Differential equation of problem - Principle for solving
<p>7. Torzija prizmatičnih gredi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saint Venantova teorija - Prandtlova napetostna funkcija - Obravnava večkrat povezanih območij 	<p>7. Torsion of prismatic shafts</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saint Venant theory - Prandtl's stress function - Analysing of multiply connected domains
<ul style="list-style-type: none"> - Membranska analogija - Primeri analitičnih rešitev - Numerična obravnava primerov torzije 	<ul style="list-style-type: none"> - Membrane analogy - Examples of analytical solutions - Numerical solving of torsion cases - Application of theory to real case studies
<p>8. Upogib nosilca - Euler-Bernoullijeva teorija</p> <ul style="list-style-type: none"> - Predpostavke in postavitev robnega problema - Diferencialna enačba problema - Obravnava ravninskih in prostorskih okvirjev 	<p>8. Bending of beam - Euler-Bernoulli beam theory</p> <ul style="list-style-type: none"> - Assumptions and boundary problem definition - Differential equation of problem - Solving of plane and space frames - Principle for solving - Validation of the theoretical model by experiment
<ul style="list-style-type: none"> - Princip reševanja - Validacija teoretičnega modela z eksperimentom 	<p>9. Bending of beam - Timoshenko beam theory</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transverse shear stresses in bending - Grashof equation - The system of differential equations of the problem - Application of theory to real case studies
<p>9. Upogib nosilca - Timošenkova teorija</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strig pri upogibu nosilcev - Grashofova enačba - Sistem diferencialnih enačb problema - Aplikacija teorije na realne primere 	<p>10. Reduction of boundary problem</p> <ul style="list-style-type: none"> - Symmetry and antisymmetry - Periodicity - Cyclic compatibility conditions - Use of simplifications in solving real structures
<p>10. Redukcija robnega problema</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simetrija in antisimetrija - Periodičnost - Ciklični pogoji prehoda - Uporaba poenostavitve pri obravnavi realnih konstrukcij 	<p>11. In-plane loaded plates</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planar mechanical problems - Basic formulation - Differential equation of problem - Airy function - Numerical solving - Application of theory to real case studies - Validation of the theoretical model by
<p>11. Stene</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obravnava ravninskih mehanskih problemov - Osnovna formulacija - Diferencialna enačba problema - Airyjeva funkcija - Numerična obravnava problemov sten 	
<ul style="list-style-type: none"> - Aplikacija teorije na realne primere - Validacija teoretičnega modela z eksperimentom 	
<p>12. Tanke plošče - Kirchhoffova teorija</p> <ul style="list-style-type: none"> - Osnovna formulacija - Diferencialna enačba problema 	

<ul style="list-style-type: none"> - Kinematični in statični robni pogoji - Plošča-trak - Krožne plošče - Validacija teoretičnega modela z eksperimentom 	<ul style="list-style-type: none"> - experiment
<p>13. Debele plošče - Mindlin-Reissnerjeva teorija</p> <ul style="list-style-type: none"> - Osnovna formulacija - Diferencialna enačba problema - Numerična obravnava plošč - Aplikacija teorije na realne primere 	<p>12. Thin plates - Kirchhoff theory</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basic formulation - Differential equation of problem - Kinematic and static boundary conditions - Plate-strip - Circular plates - Validation of the theoretical model by experiment
<p>14. Lupine</p> <ul style="list-style-type: none"> - obravnava konstrukcij v krivočrtnih koordinatah - membranska teorija - upogibna teorija - Aplikacija teorije na realne primere 	<p>13. Thick plates - Mindlin-Reissner theory</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basic formulation - Differential equation of problem - Numerical solving of plates - Application of theory to real case studies
<p>15. Optimiranje konstrukcij</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matematična formulacija optimizacijskega problema - Parametrična optimizacija - Topološka optimizacija 	<p>14. Shells</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analysing of structures in curvilinear coordinates - Membrane theory - Bending theory - Application of theory to real case studies <p>15. Optimization of constructions</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mathematical formulation of an optimization problem - Topological optimization

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. L. H. Donnell: Beams, Plates, and Shells, McGraw-Hill, 1976. [COBISS.SI-ID [102427](#)]
2. S. P. Timošenko, S. Vojnovski-Kriger: Teorija ploča i ljuski, Građevinska knjiga, 196 [COBISS.SI-ID [10174213](#)]
3. J. Urevc, B. Starman: Mehanika konstrukcij – dodatno študijsko gradivo za vaje, FS-ULJ, 2019. [COBISS.SI-ID [16997659](#)]
4. E. Prelog: Mehanika konstrukcij, FS-ULJ, 1974 [COBISS.SI-ID [8160001](#)]
5. Analysis of shells, plates, and beams, Springer, 2020. [COBISS.SI-ID [18436099](#)] e-knjiga

Cilji in kompetence:

Objectives and competences:

<p>Cilji:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Spoznati matematične formulacije teorij na področju mehanike za analizo konstrukcij 2. Spoznati postopke mehanske 	<p>Goals:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. To learn mathematical formulations of theories in the field of mechanics for structural analysis 2. To learn the procedures of
---	--

<p>obravnave konstrukcijskih elementov (palice, nosilci, gredi, stene, plošče, lupine)</p> <p>3. Osvojiti veščine obravnave realne konstrukcije z matematičnimi modeli, ki zahteva kritični razmislek o idealizaciji struktur ter sintezo posameznih teorij</p> <p>Kompetence:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Obvladovanje zahtevnejšega teoretičnega znanja ki se uporabljajo za analitične oz. numerične mehanske analize konstrukcij (P2-MAG, P3-MAG) 2. Sposobnost zahtevnejših analitičnih in numeričnih mehanskih analiz linijskih in ploskovnih konstrukcij (P4-MAG) 3. Sposobnost kritičnega, analitičnega in sintetičnega mišljenja preko študija zahtevnih teorij na področju mehanike (S2-MAG) 	<p>mechanical analyses of structural elements (trusses, beams, shafts, walls, panels, shells)</p> <p>3. Mastery the skills of treating real construction with mathematical models, which requires critical reflection on the idealization of structures and the synthesis of individual theories</p> <p>Competences:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mastering the advanced theoretical knowledge used for analytical or numerical mechanical analysis of structures (P2-MAG, P3-MAG) 2. The ability to perform advanced analytical and numerical mechanical analyzes of line and plane structures (P4-MAG) 3. The ability to critically, analytically and synthetically analyze problems through the study of advanced theories in mechanics (S2-MAG)
---	---

Predvideni študijski rezultati:

<p>Znanja:</p> <p>Poglobljeno teoretično znanje o mehanski obravnavi konstrukcij ter analitično znanje za razumevanje in samostojno izvedbo mehanskih analiz.</p> <p>Spretnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. S2.1: Izvajanje kompleksnih mehanskih analiz linijskih in ploskovnih konstrukcij 2. S2.3: Sposobnost sinteze pridobljenih znanj na primere realnih konstrukcij 3. S2.3: Sposobnost kritične analize rezultatov in ocene njihove pravilnosti 	<p>Knowledge:</p> <p>In-depth theoretical knowledge of the mechanical analyzing of structures and analytical knowledge to understand and perform mechanical analyzes independently.</p> <p>Skills:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. S2.1: Performing complex mechanical analysis of line and plane structures 2. S2.3: The ability to synthesize acquired knowledge to examples of real structures 3. S2.3: The ability to critically analyze results and evaluate their correctness
---	--

Metode poučevanja in učenja:

<p>P1 Avditorna predavanja</p> <p>P2 Obravnava snovi po urejeni in</p>	<p>P1 Lectures</p> <p>P2 Study content is discussed according to an orderly and pre-</p>
--	--

Intended learning outcomes:

Learning and teaching methods:

<p>vnapij razloženi sistematiki</p> <p>P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri</p> <p>P4 Laboratorijske vaje z uporabo nateznega stroja in sistema za merjenje nehomogenega deformacijskega polja</p> <p>P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki video lekcij in spletne učilnice</p> <p>P9 Vaje izvajane po didaktični metodi obrnjenega učenja</p> <p>P14 Virtualni eksperimenti</p> <p>P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje</p>	<p>explained systematics.</p> <p>P3 Tutorials where theoretical knowledge from lectures is supported by computational examples</p> <p>P4 Laboratory exercises using a tensile machine and a system for measuring inhomogeneous strain field</p> <p>P5 Use of study material in the form of video lessons and an online classroom</p> <p>P9 Exercises are performed according to the <i>Flipped Classroom</i> didactic method</p> <p>P14 Virtual experiments</p> <p>P15 Using video content as a preparation for lectures and tutorials</p>
--	--

Načini ocenjevanja:

Delež/ Weight

Assessment:

Del A: Teoretične vsebine	50,00 %	Part A: Theory
Del B: Praktične vsebine in samostojno delo	50,00 %	Part B: Practical work and coursework
Skupna ocena predmeta je povprečje Dela A in Dela B, pri čemer je ocena pozitivna samo, če sta oba dela pozitivna na istem izpitnem roku.		The overall course grade is the average of Part A and Part B, but the grade is positive only if both parts are positive on the same exam.

Ocenjevalna lestvica:

Grading system:

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10
--	--

Reference nosilca/Lecturer's references:

Miroslav Halilović:

1. STARMAN, Bojan, VRH, Marko, KOC, Pino, **HALILOVIČ, Miroslav**. Shear test-based identification of hardening behaviour of stainless steel sheet after onset of necking. *Journal of materials processing technology*, ISSN 0924-0136. [Print ed.], Aug. 2019, vol. 270, str. 335-344. [COBISS.SI-ID [16527899](#)] (tip. 01)
2. MAČEK, Andraž, STARMAN, Bojan, MOLE, Nikolaj, **HALILOVIČ, Miroslav**. Calibration of advanced yield criteria using uniaxial and heterogeneous tensile test data. *Metals*. 2020, iss. 4, vol. 10, str. 1-17, ilustr. ISSN 2075-4701. [COBISS.SI-ID [17170459](#)] (tip. 1.01)

3. MAČEK, Andraž, UREVC, Janez, **HALILOVIČ, Miroslav**. Flat specimen shape recognition based on full-field optical measurements and registration using mapping error minimization method. *Strojniški vestnik*. May 2021, vol. 67, no. 5, str. 203-213, si 29, ilustr. ISSN 0039-2480. [COBISS.SI-ID [65014787](#)] (tip.1.01)
4. MAČEK, Andraž, UREVC, Janez, **HALILOVIČ, Miroslav**. *Arrangement of detachable and optionally sealed interconnection between a male and female construction part : European patent specification EP 3 884 194 B1, 2023-06-28 = Anordnung zur Lösbaren und Gegebenenfalls Abgedichteten Verbindung zwischen einem Steker- und einem Buchsenbauteil = Agencement d'interconnexion amovible et éventuellement étanche entre une pièce de construction mâle et une pièce de construction femmelle*. Munich: European Patent Office, 2023. 13 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [20809475](#)] (patent)
5. MAČEK, Andraž, **HALILOVIČ, Miroslav**. *Determination of force-displacement response of polymeric K10 kitchen machine housing*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2023. 8 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID [154220547](#)] (tip. 2.12)