

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
Strojništvo - Razvojno raziskovalni program, druga stopnja, magistrski	Mehanika (smer)	1. letnik	1. semester

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0566894
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	6036-M

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Miroslav Halilović
-----------------------------------	--------------------

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):

<ol style="list-style-type: none"> Robni problem v elastomehaniki <ul style="list-style-type: none"> Ravnotežne enačbe Zveze med pomiki in deformacijami Konstitutivne enačbe Kompatibilnostne enačbe Obravnava konstrukcij s pomočjo splošnih enačb 	<ol style="list-style-type: none"> Boundary problem in elastomechanics <ul style="list-style-type: none"> Equilibrium equations Relationships between displacements and deformations Constitutive equations Compatibility equations
---	---

<ul style="list-style-type: none"> - Splošne enačbe v različnih koordinatnih sistemih (cilindrični, sferični) - Osnosimetrični problemi (stene, cevi, krogle) - Posebna napetostno-deformacijska stanja - Aplikacija teorije na realne primere <p>3. Iz splošnih enačb na enačbe konstrukcij</p> <ul style="list-style-type: none"> - Delitev konstrukcij - Splošno o linijskih konstrukcijah - Notranje veličine <p>4. Paliče</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diferencialna enačba problema - Princip reševanja 1D problemov - Analitično reševanje ravninskega paličja <p>5. Prostorska paličja</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transformacija koordinatnega sistema - Numerična obravnava paličja - Aplikacija teorije na realne primere <p>6. Torzija gredi krožnega prereza</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diferencialna enačba problema - Princip reševanja <p>7. Torzija prizmatičnih gredi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saint Venantova teorija - Prandtlova napetostna funkcija - Obravnava večkrat povezanih območij - Membranska analogija - Primeri analitičnih rešitev - Numerična obravnava primerov torzije - Aplikacija teorije na realne primere <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 - Princip reševanja - Validacija teoretičnega modela z eksperimentom <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. 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. Stene</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obravnava ravninskih mehanskih problemov - Osnovna formulacija - Diferencialna enačba problema - Airyjeva funkcija - Numerična obravnava problemov sten - Aplikacija teorije na realne primere - Validacija teoretičnega modela z eksperimentom <p>12. Tanke plošče - Kirchhoffova teorija</p>	<p>2. Treatment of structures using general equations</p> <ul style="list-style-type: none"> - General equations in different coordinate systems (cylindrical, spherical) - Axisymmetric problems (walls, tubes, spheres) - Special stress-strain states - Application of theory to real case studies <p>3. From general equations to structural equations</p> <ul style="list-style-type: none"> - Types of structures - General about line structures - Internal quantities <p>4. Trusses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Differential equation of problem - Principle of solving 1D problems - Analytical resolution of the plane trusses <p>5. Space trusses</p> <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. Torsion of circular cross section shaft</p> <ul style="list-style-type: none"> - Differential equation of problem - Principle for solving <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 - Membrane analogy - Examples of analytical solutions - Numerical solving of torsion cases - Application of theory to real case studies <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 <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>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>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 experiment <p>12. Thin plates - Kirchhoff theory</p>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> - Osnovna formulacija - Diferencialna enačba problema - Kinematični in statični robni pogoji - Plošča-trak - Krožne plošče - Validacija teoretičnega modela z eksperimentom 	<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>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>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>14. Lupine</p> <ul style="list-style-type: none"> - obravnava konstrukcij v krivočrtnih koordinatah - membranska teorija - upogibna teorija - Aplikacija teorije na realne primere 	<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. Optimiranje konstrukcij</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matematična formulacija optimizacijskega problema - Parametrična optimizacija - Topološka optimizacija 	<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. Hartmann: The Mathematical Foundation of Structural Mechanics, Springer-Verlag, 1985.
2. Armenakas: Classical Structural Analysis – A Modern Approach, McGraw-Hill, 1988.
3. Young, Budynas: Roark's Formulas for Stress and Strain, McGraw-Hill, 2012
4. Kanchi: Matrix Methods of Structural Analysis, John Wiley & Sons, 1993.
5. Chandrashekara: Theory of plates, Universities Press, 2001
6. Donnell: Beams, Plates, and Shells, McGraw-Hill, 1985.
7. Timošenko, Vojnovski-Kruger: Teorija ploča i ljuski, Građevinska knjiga, 1962.

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 obravnave konstrukcijskih elementov (palice, nosilci, gredi, stene, plošče, lupine) 3. Osvojiti veščine obravnave realne konstrukcije z matematičnimi modeli, ki zahteva kritični razmislek o idealizaciji struktur ter sintezo posameznih teorij <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) 	<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 mechanical analyses of structural elements (trusses, beams, shafts, walls, panels, shells) 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>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. Sposobnost kritičnega, analitičnega in sintetičnega mišljenja preko študija zahtevnih teorij na področju mehanike (S2-MAG)	3. The ability to critically, analytically and synthetically analyze problems through the study of advanced theories in mechanics (S2-MAG)
---	--

Predvideni študijski rezultati:

Intended learning outcomes:

<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:

Learning and teaching methods:

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

Teoretične vsebine	50,00 %	Theory
Praktične vsebine	30,00 %	Practical work
Samostojno delo	20,00 %	Coursework

Reference nosilca/Lecturer's references:

Miroslav Halilovič:

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. 1.01)
2. ŠTOK, Boris, HALILOVIČ, Miroslav. Analytical solutions in elasto-plasto bending of beams with rectangular cross section. *Applied mathematical modelling*, ISSN 0307-904X. [Print ed.], 2009, issue 3, vol. 33, str. 1749-1760. [COBISS.SI-ID 10587419] (tip. 1.01)
3. HALILOVIČ, Miroslav, VRH, Marko, ŠTOK, Boris. Prediction of elastic recovery of a formed steel sheet considering stiffness degradation. *Meccanica*, ISSN 0025-6455, Jun. 2009, vol. 44, no. 3, str. 321-338. [COBISS.SI-ID 10694683], (tip.1.01)
4. VRH, Marko, HALILOVIČ, Miroslav, MIŠIČ, Martin, ŠTOK, Boris. Strain path dependent stiffness degradation of a loaded sheet. *International journal of material forming*, ISSN 1960-6206, 2008, vol. 1, iss. 1, str. 297-300. [COBISS.SI-ID 10554395] (tip. 1.01)
5. KRALJ, Aleš, ŽNIDARŠIČ, Matjaž, HALILOVIČ, Miroslav, VRH, Marko, ŠTOK, Boris. Gradbeni panel kot struktura zunanje in notranje plošče, z vmesnim izolacijskim prostorom : SI 23514 A, 2012/04/30. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2012. 10 f., 2 f. pril.. [COBISS.SI-ID 12108571] (tip. 2.12)