

# TEORIJA VISKOELASTIČNOSTI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	TEORIJA VISKOELASTIČNOSTI
<b>Course title:</b>	THEORY OF VISCOELASTICITY
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo, tretja stopnja, doktorski	Konstruktivsko mehanske inženirske znanosti (smer)	1. letnik, 2. letnik	Celoletni	izbirni

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 0033443

**Koda učne enote na članici/UL Member course code:** 7119

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
90					160	10

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Lidija Slemenik Perše

**Izvajalci predavanj:**

**Izvajalci seminarjev:**

**Izvajalci vaj:**

**Izvajalci kliničnih vaj:**

**Izvajalci drugih oblik:**

**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** Izbirni predmet /Elective course

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:

Angleščina, Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Angleščina, Slovenščina

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

Veljajo splošni pogoji za doktorski študij.

General prerequisites for the third level studies.

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

Vedenje polimernih materialov in pripadajočih kompozitov in nanokompozitov se spreminja s časom. Na to časovno odvisnost močno vplivajo temperatura, tlak, vlaga, ter velikost in oblika mehanske obremenitve. Analiza teh odvisnosti je vsebina tega predmeta.

Definicija osnovnih fizikalnih pojmov in konceptov. Značilnosti časovno-odvisnega vedenja materialov in konstrukcij. Značilnosti nelinearnega časovno odvisnega vedenja polimerov, kompozitov, nanokompozitov in hibridnih materialov. Strukturne razlike med materiali in njihov vpliv na časovno odvisne mehanske lastnosti. Problem mejne plasti. Kritična nanodimenzija polnil in vlaken. Materialne funkcije v časovnem in frekvenčnem prostoru. Problemi reševanja inverznega problema Fredholmovih integralov prvega reda. Mehanski spekter. Algoritem Emri-Tschoegl. Vpliv temperature, tlaka in vlage. Absorpcija energije pri dinamični obremenitvi. Fizikalno staranje. Nelinearni viskoelastični model Knauss-Emri.

The behavior of polymer materials and related composites and nano-composites changes over time. This time-dependence is strongly influenced by temperature, pressure, humidity, as well as the size and shape of mechanical loading. The analysis of these dependencies constitutes the content of this course. Basic definitions and concepts. Characteristics of nonlinear time-dependent behaviour of polymers, composites, nano-composites and hybrid materials. Structural differences between materials and their effect on time-dependent mechanical properties. Interface issue. Critical nano-dimension of fillers and fibers. Material functions in time and frequency domain. Problems relating to the solving of the inverse problem of the Fredholm integrals of the first kind. Mechanical spectrum. The Emri-Tschoegl algorithm. Effects of temperature, pressure and humidity. Energy absorption at dynamic loading. Physical ageing. The Knauss-Emri nonlinear viscoelastic model.

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

- [1] Lakes, Roderic S., Viscoelastic materials, New York : Cambridge University Press, 2009, ISBN - 978-0-521-88568-3, COBISS.SI-ID - 11300123
- [2] Ferry, J.D.: Viscoelastic Properties of Polymers.- 3rd ed.- New York: J. Wiley & Sons, 1980, ISBN - 0-471-04894-1; COBISS.SI-ID - 139823
- [3] Osswald, Tim A. ; Rudolph, Natalie, Polymer rheology: fundamentals and

applications, Munich: Hanser Publishers; Cincinnati: Hanser Publications, 2015, ISBN - 978-1-56990-517-3, COBISS.SI-ID - 100459267

[4] Tschoegl, N.W.: The Phenomenological Theory of Linear Viscoelastic Behavior.- Springer-Verlag, 1989, ISBN - 3-540-19173-9, COBISS.SI-ID - 7249435

[5] Shaw, Montgomery T., Introduction to polymer rheology, Hoboken (NJ): Wiley, 2012, ISBN - 978-0-470-38844-0, COBISS.SI-ID - 127146755

[6] Wineman, A.S., Rajagopal, K.R.: Mechanical Response of Polymers, an Introduction; Cambridge University Press, 2000, SBN - 0-521-64337-6; 0-521-64409-7, COBISS.SI-ID - 22599685

### **Cilji in kompetence:**

#### **Cilji:**

Namen predmeta je seznaniti študente s trenutnim stanjem znanj na področju teorije linearne in nelinearne viskoelastičnosti in pripadajočim določanjem materialnih funkcij v časovnem in frekvenčnem prostoru.

#### **Kompetence:**

Predmet pripravlja študente za uporabo znanja viskoelastičnosti. Študent razume posebnosti časovno odvisnega vedenja polimernih konstrukcijskih materialov in prednosti, ki jih tovrstni materiali nudijo v znanosti in tehniki. Obvladuje matematične pristope za popisovanje vedenja časovno-odvisnih materialov v časovnem in frekvenčnem prostoru in napovedovanje življenjske dobe izdelkov izdelanih iz tovrstnih materialov.

Splošne kompetence: Obvladanje raziskovalnih metod, postopkov in procesov, razvoj kritične in samokritične presoje, sposobnost uporabe znanja v praksi, razvoj komunikacijskih sposobnosti in spretnosti, posebej komunikacije v mednarodnem okolju, kooperativnost, delo v skupini.

### **Objectives and competences:**

#### **Goals:**

The aim of this course is to acquaint students with the state-of-art knowledge in the field of the theory of linear and nonlinear viscoelasticity and the related determination of material functions in the time and frequency domain.

#### **Competences:**

This course prepares students to apply knowledge of viscoelasticity. Student understands specifics of the time-dependent behavior of polymeric structural materials advantages that these materials offer in science and engineering. Students will master the mathematical techniques for modeling the behavior of time-dependent materials in time and frequency domain, as well as the durability of products made of these materials.

General Competences: The student will master research methods, procedures and processes. The student will develop critical thinking. The student will develop communications skills to present research achievement in the international environment. Work in team (in international environment).

### **Predvideni študijski rezultati:**

Predmet pripravlja študente za uporabo znanja viskoelastičnosti. Študent razume posebnosti časovno odvisnega vedenja polimernih konstrukcijskih materialov in prednosti, ki jih tovrstni materiali nudijo v znanosti in tehniki. Obvladuje

### **Intended learning outcomes:**

This course prepares students to apply knowledge of viscoelasticity. Student understands specifics of the time-dependent behavior of polymeric structural materials advantages that these materials offer in science and

<p>matematične pristope za popisovanje vedenja časovno-odvisnih materialov v časovnem in frekvenčnem prostoru in napovedovanje življenske dobe izdelkov izdelanih iz tovrstnih materialov.</p> <p>Splošne kompetence: Obvladanje raziskovalnih metod, postopkov in procesov, razvoj kritične in samokritične presoje, sposobnost uporabe znanja v praksi, razvoj komunikacijskih sposobnosti in spretnosti, posebej komunikacije v mednarodnem okolju, kooperativnost, delo v skupini.</p>	<p>engineering. Students will master the mathematical techniques for modeling the behavior of time-dependent materials in time and frequency domain, as well as the durability of products made of these materials.</p> <p>General Competences: The student will master research methods, procedures and processes. The student will develop critical thinking. The student will develop communications skills to present research achievement in the international environment. Work in team (in international environment).</p>
--	---

### **Metode poučevanja in učenja:**

<p>Predavanja, laboratorijske vaje, seminarsko delo, e-izobraževanje, konzultacije. Seminarsko delo v čim večji meri navezuje se na področje doktorskega raziskovanja. Študij z uporabo priporočene literature.</p>	<p>Lectures, laboratory practice &amp; seminar work, e-education, consulting. The seminar work is related, as much as possible, to the student's doctoral research field. Study on a recommended literature basis.</p>
---	--

### **Načini ocenjevanja:**

### **Delež/Weight**

### **Assessment:**

<p>Ustni izpit, poročilo o seminarskem delu. Pogoji za opravljanje ustnega izpita je uspešno izdelano in pozitivno ocenjeno seminarsko delo. Način (projekt, ustno izpraševanje): • projekt (seminarska naloga) (60%) • ustno izpraševanje (40%)</p>		<p>Oral exam, report on seminar work. The condition for admission to oral exam is successful completion of seminar work, rewarded with a passing grade. Method (project, oral examination): • project (seminar assignment) (60%) • oral examination (40%)</p>
--	--	---

### **Ocenjevalna lestvica:**

### **Grading system:**

--	--

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

#### **doc. dr. Lidija Slemenik Perše**

AVSENIK, Lidija, KLINAR, Dušan, TUŠAR, Marjan, SLEMENIK PERŠE, Lidija. Use of modified slow tire pyrolysis product as a rejuvenator for aged bitumen.

*Construction & building materials*, ISSN 0950-0618. [Print ed.], Sep. 2016, vol. 120, str. 605-616

HAJZERI, Metka, SLEMENIK PERŠE, Lidija, KOŽELJ, Matjaž, OREL, Boris, SURCA, Angelja Kjara. Structural investigation of ormolytes for EC devices: IR spectroscopic characterization and relation between viscoelastic properties, conductivity and optical modulation. *Solar energy materials and solar cells*, ISSN 0927-0248. [Print ed.], Aug. 2015, vol. 139, str. 51-64.

SLEMENIK PERŠE, Lidija, MIHELČIČ, Mohor, OREL, Boris. Rheological and optical properties of solar absorbing paints with POSS-treated pigments. *Materials chemistry and physics*, ISSN 0254-0584. [Print ed.], Jan. 2015, vol. 149/150, str. 368-377.

SLEMENIK PERŠE, Lidija, ČOLOVIĆ, Marija, HAJZERI, Metka, OREL, Boris, SURCA, Angelja Kjara. Electrolytes based on alkoxysilyl-functionalized ionic liquids: viscoelastic properties and conductivity. *Soft matter*, ISSN 1744-683X, Aug. 2014, vol. 10, iss.30, str. 5532-5540

BEK, Marko, AULOVA, Alexandra, PUŠNIK ČREŠNAR, Klementina, MATKOVIČ, Sebastjan, KALIN, Mitjan, SLEMENIK PERŠE, Lidija. Long-term creep compliance of wood polymer composites: using untreated wood fibers as a filler in recycled and neat polypropylene matrix. *Polymers*. June 2022, vol. 14, iss. 13 (2539), 19 str., ilustr. ISSN 2073-4360. DOI: [10.3390/polym14132539](https://doi.org/10.3390/polym14132539). [COBISS.SI-ID [113069315](#)]

RŽEK, Lidija, TUŠAR, Marjan, SLEMENIK PERŠE, Lidija. Modelling rheological characteristics of rejuvenated aged bitumen. *The International journal of pavement engineering*. 2022, vol. 23, iss. 4, str. 1282-1294, ilustr. ISSN 1029-8436. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10298436.2020.1799205?scroll=top&needAccess=true>, DOI: [10.1080/10298436.2020.1799205](https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1799205). [COBISS.SI-ID [29969667](#)]