



Šifra predmeta:	Naziv predmeta: Teorija elastičnosti i plastičnosti		
Ciklus: II	Godina: 1	Semestar: 1	Broj ECTS kredita: 6
Status: izborni	Ukupan broj sati: predavanja: 30 vježbe: 30		
Učesnici u nastavi	Prof.dr.sc. Naida Ademović, dipl.građ.ing. Prof.dr.sc. Adnan Ibrahimbegović, dipl.građ.ing.		
Preduslov za upis:	-		
Cilj (ciljevi) predmeta:	Ciljevi predmeta su: <ul style="list-style-type: none">• upoznati studenta i studentice sa osnovnim principima teorije elastičnosti i plastičnosti• upoznati studenta i studentice sa skupom jednačbi za elastičnu i plastičnu analizu tijela proizvoljnog oblika u dvoili trodimenzionalnom prostoru• upoznati studenta i studentice sa prednostima i nedostacima određenih materijalnih modela• izučavanje različitih materijalnih modela, te njihova primjena prilikom modeliranja konstruktivnih elemenata.		
Tematske jedinice: <i>(po potrebi plan izvođenja po sedmicama se utvrđuje uvažavajući specifičnosti organizacionih jedinica)</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Matematički koncepti: osnovni pojmovi iz vektorskog računa; osnovni pojmovi iz tenzorskog računa; transformacije koordinata.2. Naprezanja: koncept kontinuumu; sile; vektor naprezanja; tenzor naprezanja; veza tenzor naprezanja-vektora naprezanja; simetričnost tenzora naprezanja; Cauchyjeva površ naprezanja; glavno naprezanje; smičuća naprezanja; Mohrove kružnice za prostorno stanje naprezanja; sferni i devijatorski tenzor naprezanja; invarijante naprezanja; oktaedarska smičuća naprezanja, prvi i drugi Piola-Kirchhoff tenzor naprezanja.3. Kinematika i relativne deformacije (dilatacije): Lagrange-ova i Euler-ova formulacija pomaka i dilatacija; gradijent deformacije; tenzori deformiranosti i tenzori deformacije i tenzori konačnih razlika; infinitezimalni tenzor dilatacija; fizička interpretacija linearnih tenzora dilatacija; glavne dilatacije; invarijante dilatacija; sferni i devijatorski tenzor dilatacija; uvjeti kompatibilnosti.4. Opći zakoni mehanike kontinuuma: zakon održanja mase, zakon održanja količine kretanja, zakon o održanju momenta količine kretanja, zakon očuvanja energije, prvi i drugi zakon termodinamike. Konsititivne jednačbe:		

	<p>definicije elastičnog materijala; generalizovani Hooke-ov zakon; konstitutivni zakon za linearni izotropni elastični materijal; konstitutivni zakon za komponente hidrostatičkog i devijatornog naprezanja; fizička interpretacija elastičnih konstanti; modeli materijala za elastične materijale: anizotropija, jedna ravan simetrije, ortotropija, elastostatički i elastodinamički problem; Beltrami-Michell i Navier-Cauchy jednačbe kompatibilnosti.</p> <p>5. Potencijalna energija i energetske metode: potencijalna energija vanjskih sila, elastična energija; teorema minimalne potencijalne energije; primjena energetskih metoda.</p> <p>6. Formiranje 2D problema elastičnosti: formulisanje svih glavnih jednačbi; Problemi u ravni (2D): ravno stanje naprezanja i ravno stanje dilatacija; Airy-jeva funkcija naprezanja; 2D problem u polarnim koordinatama; visokostjeni nosači.</p> <p>7. Teoreme grede: Euler–Bernoulli-ijeva greda; Timoshenko-va greda.</p> <p>8. Opći principi i zakoni teorije plastičnosti: uvjeti tečenja materijala, konstitutivne jednačbe plastičnosti; kriterij tečenja materijala.</p> <p>9. Teorija plastičnih zglobova I reda i teorije granične analize: Plohe tečenja materijala. Reološki modeli.</p> <p>10. Neelastično ponašanje pri malim deformacijama I: Problem rubnih vrijednosti u termodinamici, 1D modeli idealne plastičnosti i plastičnosti sa očvršćavanjem.</p> <p>11. Neelastično ponašanje pri malim deformacijama II: 3D plastičnost, poboljšani modeli 3D plastičnosti.</p> <p>12. Neelastično ponašanje pri malim deformacijama III: Modeli oštećenja ili “Damage” modeli.</p> <p>13. Neelastično ponašanje pri malim deformacijama IV: Mješoviti modeli plastičnosti-oštećenje.</p>
<p>Ishodi učenja:</p>	<p>Nakon položenog ispita, student(ca) će:</p> <p>Znanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> • biti sposoban(a) da primjenjuje osnovne zakone iz termodinamike • razumijeti specifičnosti elastoplastičnog odgovora materijala, uvjete plastičnosti i modele koji opisuju plastično ponašanje konstruktivnih elemenata • moći usporediti različite materijalne modele kod odabranih građevinskih materijala • moći primjeniti materijalne modele prilikom modeliranja elementa • moći primjeniti teoriju elastičnosti i plastičnosti pri modeliranju i analizi konstruktivnih elemenata kao što su grede, ploče, visokostjeni nosači.

	<ul style="list-style-type: none"> • moći evaluirati naprezanja i deformacije konstrukcije. <p>Vještine:</p> <ul style="list-style-type: none"> • biti sposoban(a) rješavati probleme koji uključuju tenzorski račun, posebno za provjeru diferencijalnih jednačbi ravnoteže • znati izračunati komponente tenzora naprezanja i relativnih deformacija, te odrediti njihove glavne smjerove i glavne vrijednosti • znati izračunati komponente tenzora naprezanja i relativnih deformacija prema generaliziranom Hooke-ovom zakonu • biti u stanju riješiti 2-D rubne probleme za dva stanja naprezanja u ravni • znati izračunati graničnu nosivost štapnih elemenata (elastoplastičnih greda i okvira). <p>Stav/Kompetencije:</p> <ul style="list-style-type: none"> • biti svjestan(a) odgovornosti koja proizlazi iz tačnosti dobivenih rezultata i sposoban(a) je dati njihovu interpretaciju • biti svjestan(a) potrebe stalnog obrazovanja i proširivanja znanja • biti sposoban(a) za individualni i timski rad.
<p>Metode izvođenja nastave:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Predavanja • Vježbe • Diskusija
<p>Metode provjere znanja sa strukturom ocjene¹:</p>	<p>U ukupnoj strukturi, 50% bodova dodijeljeno je elementima kontinuiranih provjera znanja tokom semestra, a 50% bodova dodijeljeno je završnom (popravnom) ispitu. Tokom nastave ispit se polaže iz dva dijela, i to oba puta pismeno i usmeno. Također, tijekom semestra student(ca) radi zadaće koje se moraju predati na tačno definirane datume. Svaka zadaća nosi 2.5 bodova.</p> <p>Način polaganja ispita: Provjera znanja: Provjera znanja će se vršiti kontinuirano tijekom semestra kroz pismene parcijalne ispite (prvi-P1 i drugi-P2), i usmene ispite (prvi-UP1 i drugi-UP2).</p> <p>1) DIO ELASTIČNOST Zadaće (ukupno četiri) nose 10 bodova, svaka po 2.5 bodova (Z1). Pismeni dio parcijalnog ispita (PP1) nosi 30 bodova Usmeni dio parcijalnog ispita (UP1) nosi 10 bodova Ukupno maksimalno 50 bodova. Da bi mogli izaći na usmeni dio ispita, potrebno je da ostvarite najmanje 55% na pismenom ispitu (16.5 poena). Da biste položili predmet, minimalno je potrebno postići</p>

¹ Struktura bodova i bodovni kriterij za svaki nastavni predmet utvrđuje više organizacione jedinice prije početka studijske godine u kojoj se izvodi nastava iz nastavnog predmeta u skladu sa članom 64. st.6 Zakona o visokom obrazovanju Kantona Sarajevo

55% u oba dijela ispita, pismenog i usmenog. Ukupna ocjena za prvi dio određuje se kao $(P1=PP1+UP1)$.

2) DIO PLASTIČNOST

Zadaće (ukupno četiri) nose 10 bodova, svaka po 2.5 bodova (Z2).

Pismeni dio parcijalnog ispita (PP2) nosi 30 bodova

Usmeni dio parcijalnog ispita (UP2) nosi 10 bodova

Ukupno maksimalno 50 bodova.

Da bi mogli izaći na usmeni dio ispita, potrebno je da ostvarite najmanje 55% na pismenom ispitu (16.5 poena).

Da biste položili predmet, minimalno je potrebno postići 55% u oba dijela ispita, pismenog i usmenog. Ukupna ocjena za prvi dio određuje se kao $(P2=PP2+UP2)$.

Završni ispit (Z), popravni ispit (PO) se polaže u zavisnosti od rezultata na parcijalnim ispitima:

a) Ako student ostvari 55% na oba parcijalna ispita, **bodovi se zbrajaju $P1+P2+Z1+Z2$** . Ocjena se formira prema Zakonu o visokom obrazovanju („Službene novine Kantona Sarajevo“, broj 36/22.).

b) Student koji položi samo jedan parcijalni ispit na završnom ispitu (Z) polaže pismeno i usmeno onaj dio koji nije položilo. Bodovi se zbrajaju na slijedeći način:

$Z = \text{bodovi iz položene parcijale (P1 ili P2)} + \text{bodovi iz zadaca (Z1 ili Z2)} + \text{bodovi iz nepoložene parcijale koja se polaže na završnom ispitu (P1 ili P2)}$.

Ocjena se formira prema Zakonu o visokom obrazovanju („Službene novine Kantona Sarajevo“, broj 36/22.).

Ovo važi i za PO.

c) Student koji ne položi nijedan parcijalni ispit tokom semestra, kao ni prilikom izlaska na završni ispit (Z), na popravnom ispitu (PO) može gradivo polagati preko parcijalnih (P) ispita (redoslijed polaganje je P1, pa P2) ili integralno (I). Pismeni se boduje sa maksimalno 30 bodova, a usmeni sa 20. Da bi mogli izaći na usmeni dio ispita, potrebno je da ostvarite najmanje 55% na pismenom ispitu. Da biste položili predmet, minimalno je potrebno postići 55% u oba dijela ispita, pismenog i usmenog. Ostvareni bodovi na ispitu se sabiraju sa 50% bodova ostvarenih tijekom semestra. Dakle, bodovi se zbrajaju na slijedeći način:

Parcijalno polaganje: $PO = 0.5(P1+P2+Z1+Z2)+0.5 P$

Integralno polaganje: $PO = 0.5(P1+P2+Z1+Z2)+I$.

Ukoliko je zbir bodova 55 ili više ocjena se formira prema Zakonu o visokom obrazovanju („Službene novine Kantona Sarajevo“, broj 36/22.).

Napomena: Da bi se ispit položio preko parcijalnih ispita, student na parcijalnom ispitu mora ostvariti minimalan broj potrebnih bodova.

Literatura²:

Obavezna literatura:

- Ademović N. *Teorija elastičnosti*, Građevinski fakultet u Sarajevu, 2015.
- Ibrahimbegović A. *Nelinearna mehanika deformabilnih tijela*, Teoretska formulacija, aproksimacija konačnim elementima i numerički proračun, Građevinski fakultet u Sarajevu, 2009.

Dopunska literatura:

- Ibrahimbegović, A., Ademović, N. *Nonlinear Dynamics of Structures Under Extreme Transient Loads*, CRC Press, Taylor and Francis, 2019.
- Ibrahimbegović A., Imamović I., *Mehanika konstrukcija: modeli i metode za statiku, elastičnost i neelastičnost*, Univerzitet u Sarajevu-Građevinski fakultet 2023.
- Ibrahimbegovic, A., Mejia-Nava R-A., *Structural Engineering: Models and Methods for Statics, Instability and Inelasticity*, Springer, 2023

² Senat visokoškolske ustanove kao ustanove odnosno vijeće organizacione jedinice visokoškolske ustanove kao javne ustanove, utvrđuje obavezne i preporučene udžbenike i priručnike, kao i drugu preporučenu literaturu na osnovu koje se priprema i polaže ispit posebnom odlukom koju obavezno objavljuje na svojoj internet stranici prije početka studijske godine u skladu sa članom 56. st 3. Zakona o visokom obrazovanju Kantona Sarajevo