

## **DOKTORSKI STUDIJ**

### **OPĆI PREDMETI ZA SVA USMJERENJA**

Naziv predmeta: PRIMIJENJENA MATEMATIKA

Okvirni sadržaj predmeta:

I. Odabrana poglavlja numeričke matematike 1. Interpolacija i aproksimacija: Polinomijalna interpolacija. Numeričko deriviranje 2. Metoda najmanjih kvadrata: Polinomijalna aproksimacija u smislu najmanjih kvadrata –diskretni i kontinuirani slučaj. Ortogonalni polinomi. 3. Numerička integracija ,Newton-Cotesove formule. Trapezna formula. Simpsonova formula. Rombergov algoritam. Gregoryjeva formula Gausssova integracija.Gauss-Legendrove formule. Gauss-Laguerrove formule. Gauss-Hermitove formule. Gauss-Čebiševljeve formule.4. Linearni sustavi Gaussova eliminacija. Faktorizacijske metode –LU faktorizacija. Doolittleov algoritam. Croutov algoritam. Metoda Choleskog.Teorija perturbacije. Uvjetovanost matrice (condition number). Rezidual aproksimacije rješenja.Iterativne metode. Jacobijeva metoda. Gauss-Seidelova metoda. Relaksacijske JOR i SOR metode. 5. Problem svojstvenih vrijednostiGeršgorinov teorem. Rayleightov kvocijent. QR faktorizacija. Housholderova transformacija. Givensova rotacija. Gram-Schmitova dekompozicija. Singularna dekompozicija matrice.Metoda potencija. QR metoda. Jacobijeva metoda.

II Kompleksna analiza

1.Funkcije kompleksne varijable. Kompleksna integracija. Cauchyjev integralni teorem. Singulariteti i teorem o reziduumu.2. Konformna preslikavanja. 3. Primjena konformnog preslikavanja Harmonijske funkcije. Rješenje Dirichletovog i Neumanovog problema pomoću konformnog preslikavanja. Primjena za tok fluida.III. Fourierova transformacija.

Naziv predmeta: PRIMIJENJENA STATISTIKA

Okvirni sadržaj predmeta:

Uvod: osnovni statistički pojmovi, osnove statističkog softvera SAS (SAS/EG, SAS/INSIGHT i SAS/LAB). Prikazivanje i razumijevanje kategorijskih podataka. Prikazivanje i razumijevanje kvantitativnih podataka. Uvod u vjerojatnost. Osnovni koncepti teorije vjerojatnosti. Distribucije vjerojatnosti i primjeri: kontinuirane i diskretne. Sampling distribucija i centralni granični teorem. Intervali pouzdanosti za sredine i proporcije. Određivanje veličine uzorka. Testiranje hipoteza: jedan i dva uzorka, ispitivanje pretpostavci. Analiza varijance: ispitivanje pretpostavci, grafički prikazi, osnovni eksperimentalni dizajni (potpuno randomiziran i randomiziran po blokovima). Korelacijska i regresijska analiza: eksploracija, ispitivanje pretpostavci, jednostavna i višestruka regresija, regresijska dijagnostika. Osnovne metode za analizu kategorijskih podataka: podjele metoda za analizu kategorijskih podataka, mjere i testovi asocijacije između para nominalnih varijabli, mjere i testovi asocijacije između para ordinalnih varijabli.

Predavanja su popraćena nizom primjera i demonstracijama/vježbama na računalu uz primjenu statističkog softvera SAS.

## Naziv predmeta: DIFERENCIJALNA GEOMETRIJA

### Okvirni sadržaj predmeta:

Krivulje euklidskoga prostora. Parametrizacija općim i prirodnim parametrom. Singulariteti. Duljina luka. Vektorska polja tangenata, glavnih normala, binormala. Frenetov trobrid. Fleksija, torzija. Serret-Frenetove formule. Definicija plohe i parametrizacije. Gaussov koordinatni sustav na plohi. Krivulje plohe. Tangencijalna ravnina, normala. Singulariteti. Orijehtacija. Kvadrice. Pravčaste plohe. Rotacijske plohe. Prva diferencijalna forma. Kut između krivulja na plohi. Površina omeđenog dijela plohe. Druga diferencijalna forma. Vrste točaka na plohi. Zakrivljenosti plohe: normalna, glavne, Gaussova, srednja, geodezijska. Meusnierov teorem. Eulerova formula. Asimptotske i geodezijske linije. Dupinova indikatriksa. Weingartenove i Gaussove derivacijske formule. Preslikavanja ploha. Izometrička preslikavanja. Preslikavanja razvojnih ploha u ravninu. Theorema Egregium. Unutarnja geometrija plohe. Plohe konstantne zakrivljenosti. Izogonalna preslikavanja. Izoarealna preslikavanja. Definicije minimalne plohe. Lagrangeova jednadžba. Laplaceova jednadžba. Primjeri minimalnih ploha (katenoid, helikoid, Enneperova, Hennebergova, Bourova, Catalanova, Scherkove, Ricmondove). O visećim konstrukcijama. Grafički prikazi i izračunavanja pomoću *Mathematice* i *webMathematice*.

## Naziv predmeta: TEORIJA ODLUČIVANJA

### Okvirni sadržaj predmeta:

Razvoj matematičke teorije odlučivanja. Raspoloživi kriteriji za donošenje odluka: Odluke s rizikom; Odluke s neizvjesnošću. Drvo odlučivanja. Teorija igara. Proces donošenja odluka pri vođenju graditeljskih projekata: Definiranje ključnih faza projekta u kojima se donose odluke; Formiranje baza direktivnih i operativnih informacija; Izbor kriterija za donošenje direktivnih i operativnih odluka; Razvijanje mogućih varijantnih rješenja; Izbor podobnih metoda za kvantificiranje i ocjenu varijanti; Klasifikacija i ocjenjivanje varijantnih rješenja; Odabir najpovoljnijeg varijantnog rješenja; Optimalizacija i primjena odabranog modela.

## Naziv predmeta: METODOLOGIJA ZNANSTVENOG ISTRAŽIVANJA

### Okvirni sadržaj predmeta:

Pojam znanosti i uloga znanosti u društvu. Razvoj znanosti kroz povijest. Suvremena znanost. Znanstvena istraživanja i znanstvene metode. Predmeti znanstvenog istraživanja. Projekt znanstvenog istraživanja. Uloga paradigmi u znanosti. Klasificiranje znanstvenih metoda. Pojam, vrste i testiranje hipoteza. Metodologija istraživanja. Pisanja eseja, seminarskih radova, kritičkih prikaza i znanstvenih izvještaja. Izrada doktorske disertacije. Bitni elementi doktorske disertacije. Doprinosi znanosti. Prikupljanje literarne građe. Vrste publikacija. Bitna obilježja znanstvenih članaka. Kompozicija znanstvenih članaka. Citiranje literature i bibliografija.

## USMJERENJE: GEOTEHNIKA

### Naziv predmeta: MEHANIČKO PONAŠANJE TLA

Okvirni sadržaj predmeta :

Veze, kristalna struktura, svojstva površina. Mineralogija tla. Formiranje tla i naslaga od tla. Određivanje sastava tla. Voda u tlu i svojstva. Elektrolitski sustav glina-voda. Tkivo tla i njegovo određivanje. Efektivno, intergranularno i ukupno naprezanje. Sastav tla i njegova inženjerska svojstva. Struktura tla: nastanak, stabilnost i utjecaj na mehanička svojstva. Fenomeni provodljivosti: hidraulička, termička, električna; difuzija; elektroosmoza; elektrokinetički efekti; smrzavanje tla. Utjecaji na promjenu volumena: utjecaji na volumensku deformabilnost, koncept osmotskog pritiska pri kompresiji i bujanju, teorija adsorpcije vode i bujanje, utjecaj mineraloškog sastava, kompresija i konsolidacija, vodoravno naprezanje, prekonsolidacija, utjecaj temperature). Čvrstoća i deformabilnost: utjecaj tkiva, strukture, veze, efektivnih naprezanja, otpor smicanju kao vremenski proces, trenje, rezidualna čvrstoća, čvrstoća granularnih tla, kohezija, deformabilnost pri cikličkom opterećenju, puzanje i relaksacija). Modeli mehaničkog ponašanja

### Naziv predmeta: STIJENSKO INŽENJERSTVO

Okvirni sadržaj predmeta :

Razvoj stijenskog inženjerstva.

Uvjeti za odabir odgovarajućih projektnih kriterija i stupnja sigurnosti za izvođenje radova u stijeni.

Teorija i analiza primarnih i sekundarnih naprezanja u stijenskom masivu. Numeričke metode u stijenskom inženjerstvu: metoda graničnih elemenata, metoda konačnih elemenata, metoda konačnih diferencija, hibridni pristup, dvo-dimenzionalne i tro-dimenzionalne analize. Problemi tečenja podzemne vode u stijenskom inženjerstvu.

Značaj čvrstoće i deformabilnosti stijenske mase, klasifikacije stijenske mase, analitičkih odnosno empirijskih modela, te ojačanja stijenske mase.

Tuneli u slabim stijenama: određivanje posmine čvrstoće diskontinuiteta, analiza ispadanja blokova i višefazni iskop.

Upotreba mlaznog betona u osiguranju podzemnih iskopa. Tehnologija izvođenja mlaznog betona,. Primjena mikroarmiranog mlaznog betona..

Identifikacija rizika, analiza rizika te odgovori na rizike u stijenskom inženjerstvu.

### Naziv predmeta: INTERAKCIJA TLA I KONSTRUKCIJE

Okvirni sadržaj predmeta :

Uloga i važnost interakcije tla i konstrukcije. Problemi interakcije. Slijedna gradnja. Elastične analize (Winklerov model): greda na elastičnoj podlozi, bočno opterećeni pilot, osno opterećeni pilot, temeljna ploča. Poopćeni Winklerov model. Slijeganja plitkih temelja. Iterativni postupak interakcije zgrade na plitkim temeljima korištenjem Winklerovog modela. Relativna krutost temelja. Dvodimenzionalne analize metodom konačnih elemenata: plitki temelji, piloti, potporne stijene, tuneli u tlu, drenirana i nedrenirana stanja, konsolidacija, fazna izgradnja, nelinearni modeli tla i konstrukcije,

ponašanje na sučelju tla i konstrukcije. Trodimenzionalne analize interakcije: temeljenje, tuneli u tlu. Reperni proračuni. Ograničenja i zamke numeričkih analiza. Primjeri iz prakse.

Naziv predmeta: NERAZORNA ISPITIVANJA U GEOTEHNICI

Okvirni sadržaj predmeta :

Ulega nerazornih ispitivanja u geotehničkom inženjerstvu. Planiranje nerazornih ispitivanja.

Refrakcija, Reflekcija, Tomografija, Piezokon, Cross-hole, Down-Hole, Up-Hole.

Spektralna analiza površinskih valova. Impact echo,

Ultrazvučne metode, Akustična emisija.

Ispitivanje cjelovitosti i nosivosti pilota.

Ispitivanje likvifakcijskog potencijala tla.

Radiografija. Termografija.

Upotreba georadara u geotehnici.

Procesiranje signala i inverzijska tehnike. Povratne analize. Interpretacija i izrada izvješća o rezultatima ispitivanja.

Naziv predmeta: TROOSNA ISPITIVANJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Elementi modernog troosnog uređaja: sklop za nametanje vertikalne deformacije, sklop za održavanje bočnog pritiska, sklop za nametanje tlaka porne vode, sklopovi za mjerenje naprezanja, sklopovi za mjerenje deformacija izvan uzorka i na uzorku, dodatni mjerni uređaji (bender elementi), elektronički sklop za upravljanje pokusom bez i sa povratnom vezom. Troosni uređaj za tla. Troosni uređaj za stijene. Ugradnja uzorka, zasićenje uzorka vodom, Skemptonov B parametar i problem potpune zasićenosti uzorka. Interpretacija rezultata: korekcija vertikalnog naprezanja zbog deformacije uzorka, korekcija uslijed utiskivanja membrane u uzorak, korekcija zbog deformabilnosti sustava za mjerenje tlaka porne vode. Rješavanje problema trenja na postolju i kapi uzorka. Vrste troosnih pokusa: drenirani, nedrenirani, izotropno i anizotropno konsolidirani. Tragovi naprezanja. Prikazi rezultata pokusa.

Naziv predmeta: PROCESI TEČENJA I DEFORMACIJE TLA

Okvirni sadržaj predmeta :

Uvod: saturirano i nesaturirano tlo s aspekta tečenja kroz tlo i odnosa naprezanja i deformacija

Saturirano tlo kao poseban slučaj nesaturiranog tla

Primjeri geotehničkih problema koji uključuju nesaturirano tlo

Odnosi skeleta tla te vode i zraka u porama nesaturiranog tla

Princip efektivnih naprezanja i jednadžbe ravnoteže za nesaturirano tlo

Tečenje vode kroz nesaturirano tlo

Teorija promjene volumena u saturiranom i u nesaturiranom tlu

Konsolidacija tla i puzanje u saturiranom i u nesaturiranom tlu

Odnosi naprezanja i deformacija te čvrstoća tla na smicanje za nesaturirano tlo

Laboratorijski pokusi za određivanje relevantnih parametara za analizu nesaturiranog tla  
Numeričko modeliranje nesaturiranog tla

Naziv predmeta: MEHANIKA ZRNATIH MATERIJALA

Okvirni sadržaj predmeta :

Osnovni pojmovi mehanike zrnatih materijala. Geometrijski prikaz zrnatih nakupina (zrnski slog, zrnski sklop). Tenzori naprezanja, deformacija i geometrijskog sloga zrna. Mikroskopsko i makroskopsko mehaničko ponašanje. Uloga trenja u ponašanju zrnatih materijala. Opisi mehaničkog ponašanja – teorija kontinuuma u zrnatim nakupinama, pristup diskretnim elementima. Tečenje zrnatih materijala. Fenomenologija zrnatih materijala i povezanost sa zemljanim materijalima i geotehničkim teorijama. Zapažanja i otkrića iz eksperimentalnih studija.

Naziv predmeta: HIDROGEOLOGIJA KRŠA

Okvirni sadržaj predmeta :

Definicija krša (preduvjeti za nastanak krških terena, glavne geološke, morfološke i zemljopisne značajke krških terena); uloga vode pri nastanku krša (kemijsko i dinamičko djelovanje vode- otapanje, korozija, erozija). Teorije o kretanju podzemne vode u kršu; Posebnosti nakupljanja i kretanja vode u kršu (pukotinska i kavernska poroznost, hidrogeološka funkcija razkičitih litoloških članova-vodonosnici, barijere, «lebdeće» barijere, hidrogeološki parametri); Krški hidrogeološki objekti (ponornice, ponori, izvori, estavele, vrulje, speleološki objekti); Hidrogeološke funkcije speleoloških objekata (spilje, jame, kaverne). Hidrogeološke istraživačke metode (interpretacija satelitskih i avio snimaka, hidrometrija, trasiranje, geofizička mjerenja, bušenje, testiranje bušotina); Vodozahvati u krškim terenima (kaptaže, galerije, zdenci); Zaštitne zone krških izvorišta (vrste zaštitnih zona, dimenzioniranje, mjere zaštite); Uloga hidrogeologije krša u projektiranju i izgradnji hidrotehničkih i drugih građevinskih objekata (površinske akumulacije, podzemne retencije, injekcijske zavjese, brane, prometnice, mostovi itd). Krš u Hrvatskoj (54 % površine, a s podmorjem 73 % površine) i u svijetu.

## USMJERENJE: HIDROTEHNIKA

Naziv predmeta: HIDROLOGIJA – ODABRANA POGLAVLJA

Okvirni sadržaj predmeta :

*Poglavlja parametarske hidrologije:* Analiza oblika i odvajanje komponenti hidrograma otjecanja [2]. Tvorba T-satnog jediničnog hidrograma temeljem pluviograma i izmjerenog hidrograma otjecanja [2]. Teorija sintetičkog jediničnog hidrograma, trenutni jedinični hidrogram [TJH], zavisnost TJH o svojstvima sliva, vrijeme podizanja i dužina baze TJH [2]. Tvorba T-satnog jediničnog hidrograma pomoću TJH, korištenje T-satnog jediničnog hidrograma [2]. Primjena načela sustavne analize na izučavanje procesa otjecanja: svojstva linearnih i nelinearnih sustava, metode sustavne hidrologije i matematičko modeliranje hidroloških procesa [2]. Linearni i nelinearni modeli rezervoara (tank modeli), Nashov model, Diskinov model, Wackermanov model [2]. Primjena GIS-tehnologije u hidrološkom modeliranju, vidovi diskretizacije sliva, model za izradu karte izokrona [2]. Poznatiji komercijalni hidrološki softwery: HEC-2, SHE, ANSWERS, FESHM [2]. *Poglavlja stohastičke hidrologije:* Primjena teorije statističkog ocjenjivanja, raspodjela sredina i varijanci uzoraka [2]. Procjene i intervali povjerenja statističkih parametara, interval povjerenja za funkciju raspodjele vjerojatnosti [2]. Testiranje statističkih hipoteza [2]. Stohastička povezanost: linearna i nelinearna korelacija, koeficijent korelacije i indeks nelinearne korelacije [2]. Višestruka linearna korelacija, parcijalni i totalni koeficijenti višestruke korelacije [2]. Stohastički procesi i vremenski redovi u hidrologiji [2]. Generiranje redova, linearni modeli Markova [2].

Naziv predmeta: METODOLOGIJA URAVNOTEŽENOG MODELIRANJA

Okvirni sadržaj predmeta : Cilj predmeta je osposobljavanje u upotrebi modernih tehnologija modeliranja složenih hidrauličkih procesa. Kombinacija vrste i kvalitete sustava teoretska analiza-numerički model-fizikalni model-mjerenja in situ daju jake sinergijske rezultate. Tehnologija ovakovog pristupa i njegovo optimaliziranje je danas u svijetu osnova hidrauličkog modeliranja za potrebe višekriterijalnog projektiranja. Takav pristup se naziva uravnotežena metodologija hidrauličkog istraživanja. U ovom kolegiju će se iznositi najnoviji pristup europskog konzorcija HYDROLAB i neka druga. Sadržaj: Pouke prošlosti, Potrebe znanosti, Prednosti i slabosti, Mogućnosti i opasnosti, Potrebe budućnosti, Infrastrukturni i intelektualni razvoj modela, Razina in situ i ekspertnih metodologija, Integralna odluka o hidrauličkom procesu uravnotežene metodologije.

Naziv predmeta: GOSPODARENJE VODAMA

Okvirni sadržaj predmeta : Gospodarenje vodama-osnovni pojmovi. Spoznaja problema gospodarenja vodama. Povijest odnosa čovjeka i vode. Potrebe na vodi i u odnosu prema vodama. Voda u prirodi, količine, kvalitet, vodne bilance. Mogućnosti provođenja gospodarenja vodama. Osnove za rješavanje gospodarenja vodama. Multidisciplinarni pristup i interdisciplinarni rad na gospodarenju vodama. Ciljevi gospodarenja vodama. Vodno pravo. Stajališta i mjere izbora. Gospodarska, ekološka, sociološka i tehnička stajališta. Područje i postupci istraživanja. Postupci izbora (optimalizacija) – jedno i višekriterijski postupci. Stanje u gospodarenju

vodama u nas i u svijetu. Korištenje voda. Zaštita od voda. Zaštita voda. Višenamjenska rješenja. Akumulacijska jezera. Promjene u prirodi, prihvatljive promjene u prirodi. Gospodarenje vodama kao dio procesa održivog razvoja. Provedba gospodarenja vodama. Mogućnosti unapređenja gospodarenja vodama.

Naziv predmeta: SUSTAVNA ANALIZA U HIDROTEHNICI

Okvirni sadržaj predmeta : Opća teorija sustava i njena primjena u analizi vodnih resursa (2): svojstva vode, vodni resursi, sustavni pristup i sustavno mišljenje, opća definicija vodnih sustava; Osnove teorije vodnih sustava (6): prirodni i tehnički elementi vodnih sustava, hidrotehnički objekti stvaranja zaliha vode (akumulacije i rezervoari) i privremenog zadržavanja vode (retencije), objekti za transportiranje vode (otvoreni i zatvoreni kanali i cjevovodi), objekti za manipulaciju s vodama (upustne i ispušne ustave i objekti, preljevi, slapišta, crpke i crpne stanice); Tehnike sustavne analize i sinteze (6): procesi u vodnim sustavima, razlaganje (dekomponiranje) složenih sustava, povezivanje (agregiranje) elemenata i jednostavnih sustava u složenije sustave. Vrste vodnih sustava (6): jednonamjenski i višenamjenski vodni sustavi, sustavi vodosnabdjevanja stanovništva i industrije, hidroenergetski sustavi, sustavi navodnjavanja poljoprivrednih zemljišta, sustavi riječne plovidbe, sustavi zaštite od poplava, urbani i ruralni kanalizacijski sustavi, hidromelioracijski odvodni sustavi, sustavi zaštite od erozije tla i zaštite od bujica. Sustavi i postupci zaštite kakvoće vodnih resursa (uređaji za pročišćavanje voda); Vodni sustavi i životna sredina (2): zagađivanje životne sredine i utjecaj vodnih sustava na životnu sredinu; Upravljanje s vodnim sustavima (4): neupravljivi, djelomično upravljivi i upravljivi sustavi, monitoring i informacijski podsustavi vodnih sustava, katastri vodnih objekata. Planiranje, projektiranje, izvođenje i korištenje vodnih sustava (4): uočavanje i definiranje problema u svezi s vodom, postupci rješavanja složenih problema i iznalaženja optimalnog (najboljeg) rješenja.

Naziv predmeta: EKOHIDRAULIKA

Okvirni sadržaj predmeta :

Uvod, pronos tvari tekućinama, procesi pronosa tvari i topline: konvekcija, difuzija, disperzija, retardacija, sorpcija, desorpcija, procesi razgradnje, jednadžbe pronosa, mjerenja in situ, fizikalni modeli, pronos tvari u vodonosnim slojevima (stijenama međuzrnske poroznosti): ciljevi i pristup modeliranju pronosa, analitička rješenja, numeričke metode modeliranja, metode sanacije zagađenih vodonosnika , pronos u moru, vidovi gibanja efluenta (mlaz, oblak, perjanica,...), metode modeliranja širenja efluenta u moru, pronos u vodotocima, pronos zračnim strujanjima ,hidraulika uređaja za kondicioniranje i pročišćavanje vode

Naziv predmeta: KEMIJA U HIDROTEHNICI

Okvirni sadržaj predmeta :

Kemijski zakoni, atomi, molekule, spojevi, relativna atomska i molekulska masa, kemijske reakcije i jednadžbe kemijskih reakcija, oksidacijski broj i stehiometrijska valencija, principi stehiometrije. Kinetika kemijskih reakcija. Ravnoteža kemijskih reakcija. Otopine i njihova svojstva, voda kao otapalo, elektrolitska disocijacija,

kiseline i baze, indikatori, hidroliza, taloženje, oksidacijski i redukcijski procesi, reakcije kompleksa. Temelji površinske i koloidne kemije. Fizikalna i kemijska svojstva čiste vode. Pokazatelji kakvoće prirodnih i otpadnih voda. Uzimanje i analiza uzoraka voda. Kemija temeljnih procesa obradbe prirodnih i otpadnih voda: uklanjanje mutnoće, organskih tvari, spojeva dušika i fosfora, cijanida, fluorida, željeza, mangana, arsena, kroma i drugih toksičnih tvari iz voda. Dezinfekcija vode. Indeks zasićenja, stabilnost i stabilizacija vode. Membranski procesi pročišćavanja: ultrafiltracija, nanofiltracija, reverzna osmoza.

Naziv predmeta: INTERAKCIJE MORA I GRAĐEVINA

Okvirni sadržaj predmeta :

Tipovi građevina obzirom na interakciju. Interakcije vertikalnih fiksnih građevina. Teorija refleksije, teorija difrakcije, morisonova teorija. Učinak lomljenog vala. Interakcije nasutih građevina. Uspinjanje vala na pokosu, prelijevanje stabilnost obloge pokosa kod pravilnih valova, stabilnost obloge pokosa kod nepravilnih valova, stabilnost nožice kod valova i kod mlaza propelera. Brodobrani.

Naziv predmeta: HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE III

Okvirni sadržaj predmeta :

Primjena metoda korelacije i regresije za definiranje hidroloških parametara u hidrotehničkim melioracijama. Infiltracija, permeabilitet i kapilarni potencijal tala. Teorijske osnove agrikulturne mehanike tla: strukturna dinamika, kinetika, porozitet tla, pojave ireverzibilnosti. Stanje konzistencije i volumena deformacije tla. Znanstvene metode za rješenje podzemne odvodnje kod nestacionarnog tečenja. Primjena znanstvenih metoda za određivanje mjerodavnih elemenata hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje. Optimalizacija hidroloških i hidrauličkih parametara za dimenzioniranje crpnih agregata za melioracijsku odvodnju i navodnjavanje. Primjena postupaka višekriterijske optimalizacije u procesu izbora rješenja akumulacija za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih zemljišta. Vrednovanje relevantnih prirodnih i tehničkih parametara na izbor optimalnih projektnih rješenja te troškova građenja, održavanja i korištenja hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju i navodnjavanje. Analiza utjecaja projektnih i izvedbenih elemenata hidromelioracijskih objekata i sustava na troškove uzgoja biljnih kultura. Suvremena svjetska ostvarenja u rješavanju hidromelioracijskih zadataka i problema.

Naziv predmeta: RIJEČNO INŽENJERSTVO

Okvirni sadržaj predmeta :

Suvremeni pristup riječnom inženjerstvu, Geomorfologija toka (Riječna klasifikacija, Diskontinuiteti u riječnoj morfologiji, Geomorfološke analize korita vodotoka), Riječna hidrologija kao element složenog opisa sustava (Vodostaji, Protoci, Nanos), Složeno modeliranje riječnoga toka (Modeli tečenja, Modeli pronosa nanosa, Modeli promjene forme korita), Teorija režimskog korita (Osnovne postavke, Principi i mogućnosti korištenja), Znanstveni pristup načinima zaštite korita od fluvijalne erozije i proračunu



elemenata građevinsko - tehničke zaštite, Konceptija elemenata složenih sustava zaštite od poplava (Oteretni i obodni kanali, Čelne i bočne retencije te retencijski prostor u sklopu akumulacija), Analiza rizika otkazivanja sustava zaštite od poplava.

Naziv predmeta: KONTROLA RASPRŠENIH IZVORA ONEČIŠĆENJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Izvori raspršenog onečišćenja, sastav, veličine emisija, način djelovanja na okoliš: urbane sredine, promet, poljoprivreda i industrija. Metode i tehnologije za procjenu veličine izvora raspršenog onečišćenja i modeli prikupljanja i ispiranja. Mjere kontrole emisije na mjestu nastanka, te mjere za uklanjanje iz sliva. Zaštitne građevine: dimenzioniranje, oblikovanje, građenje, pogon i održavanje.

Oborinske vode u urbanim slivovima: utjecaj na prijemnik, režim površinskih i podzemnih voda. Mjere za smanjenje otjecanja i tereta onečišćenja: učinkovito planiranje i oblikovanje prostora, građevine i naprave za čišćenje oborinskih voda.

Raspršeni izvori onečišćenja u zakonskoj regulativi.

Naziv predmeta: VODOOPSKRBNI SUSTAVI U CILJU ODRŽIVOG RAZVOJA

Okvirni sadržaj predmeta:

Uvod. Koncept održivog razvoja. Okviri održivog planiranja vodoopskrbnih sustava. Održivo integralno upravljanje vodoopskrbnih sustava. Planiranje regionalnih vodoopskrbnih sustava i modeli povećanja kapaciteta. Analiza potreba za vodom. Analiza cijene vode. Ekonomski aspekti nestašice vode. Analiza pouzdanosti i korisnosti vodoopskrbnih sustava. Primjena geografskog informacijskog sustava (GIS-a) kod vodoopskrbnih sustava. Procjena štete kod vodoopskrbnih sustava. Pristup na bazi rizika i procjena rizika kod vodoopskrbnih sustava. Uspostavljanje odnosa rizik – cijena – povratno razdoblje.

Naziv predmeta: ZNASTVENA ISTRAŽIVANJA U ZDRAVSTVENOJ HIDROTEHNICI

Okvirni sadržaj predmeta:

Osnovni postulati održivosti u području vodoopskrbe i odvodnje i zaštite voda. Prijamni kapacitet i osjetljivost područja. EU direktive iz područja zdravstvene hidrotehnike.

Napredne tehnologije kondicioniranja pitkih voda i pročišćavanja otpadnih voda. Membranski postupci. Indikatorski sustavi i monitoring vodnih tijela. Alternativni postupci sakupljanja čišćenja i ispuštanja otpadnih voda.

Ponovna uporaba i kruženje vode. Napredni programski paketi u zdravstvenoj hidrotehnici i zaštiti voda.

Naziv predmeta: EKOHIDROLOGIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Povezanost ekologije i hidrologije, hidrološki procesi kao osnovni sastavni dio dinamike okoliša. Mjerilo interakcija u eko-hidrološkim odnosima. Utjecaj vodnog

režima na staništa, pojavnost i utjecaj poplavnih voda, pojavnost i utjecaj suša. Metode hidroloških procjena pojavnosti velikih voda i rizika od poplava. Zaštita od poplava i utjecaj na eko-sustave. Metode hidroloških procjena pojavnosti malih voda i rizika od pojava suša, indeksi suša. Borba protiv suše i utjecaj na eko-sustave. Izgradnja umjetnih jezera (akumulacija) i njihov utjecaj na okoliš. Procesi erozije tla i njihov utjecaj na eko-sustave. Zahvati za konzervaciju tla i voda kao poželjni antropogeni utjecaji u okolišu. Utjecaj vodnog režima na biljke, voda i biljke u aridnim i semiaridnim područjima, voda i biljke u humidnim područjima, voda u šumama, biljke u močvarama, jezerima i vodotocima. Eko-sustavi otvorenih vodotoka. Obalnovgetacijski profil vodotoka. Ekološki inženjering i upravljanje otvorenim vodotocima. Potrebe okoliša za vodom. Biološki minimum i ekološki prihvatljiv protok, metode određivanja ekološki prihvatljivih protoka.

## **USMJERENJE: INŽENJERSKE KONSTRUKCIJE**

Naziv predmeta: VELIKI MOSTOVI

Okvirni sadržaj predmeta :

Gredni mostovi velikih raspona. Konzolno građeni sustavi. Veliki lučni mostovi. Optimizacija oblika luka. Mostovi glavnih nosivih sustava od različitih gradiva. Ovješeni mostovi. Zauzdani mostovi. Viseći mostovi. Vrlo visoki mostovi. Osobito dugi prijelazi. Najveći dometi mostogradnje – primjeri. Osobita ostvarenja mostogradnje u Hrvatskoj.

Naziv predmeta: METODE INŽENJERSTVA POUZDANOSTI

Okvirni sadržaj predmeta :

'State of the art' metoda proračuna pouzdanosti konstrukcijskih sustava. Modeli pouzdanosti slučajne varijable, slučajnog procesa i slučajnog polja. Metode pouzdanosti prvog i drugog reda. Transformacije baznih varijabli. Primjena paralelnih i serijskih sustava. Senzibilnost varijabli. Uvjetovana pouzdanost. Značajke aproksimativnih metoda: FORM i SORM. Metode Monte Carlo simulacije (MCS). MCS temeljena na nula-jedan indikatoru. Neposredna i osno-ortogonalna simulacija. Karakteristike metoda uvjetnog očekivanja. Senzitivnost kod simulacija.

Naziv predmeta: SUVREMENI POSTUPCI PRORAČUNA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Detaljna analiza progiba i pukotina. Proračun i analiza prionljivosti. Dijagrami prijanjanja i proklizavanja armature u betonu. FRP kao materijal za armiranje i ojačavanje konstrukcija. Dijagrami interakcije vitkih stupova. Problemi minimalne i maksimalne čelične i FRP armature. Teorija plastičnosti. Određivanje nosivosti na torziju, probijanje, poprečne sile, momente savijanja, lokalna tlačna naprezanja. Dijelovi mehanike loma kao pristup analizi armiranobetonskih konstrukcija. Članci o rješavanju problema ab. elemenata iz znanstvenih časopisa. Nove norme i propisi.

Više pažnje će se usredotočiti na zbivanja unutar konstrukciivnih elemenata, na ponašanju armature i okolnog betona, naročito u određivanju minimalne i maksimalne armature kao i prianjanju i proklizavanju iste, te u vezi toga i raspodjeli naprezanja, određivanje mjesta i širina pukotina kao i određivanje progiba ab. elemenata. Posebno će se voditi računa da student stekne vještine određivanja duktilnosti ponašanja ab. elemenata armiranih kako čeličnom tako i FRP-armaturom, te značajnim razlikama među njima.

Naziv predmeta: ESTETIKA MOSTOVA

Okvirni sadržaj predmeta :

Osnovna pravila oblikovanja mostova.

Oblikovanje glavnih linija.

Odnosi elemenata mosta.

Proporcije unutar mosta.

Uređenje okoliša mosta.

Oblikovanje nosivih struktura.

Oblikovanje stupova.

Uređenje detalja.

Boja, osvjetljenost, sjena.

Susjedni mostovi.

Sklad s okolinom.

Naziv predmeta: POSEBNA POGLAVLJA GRAĐENJA MOSTOVA

Okvirni sadržaj predmeta :

Uzajamnost odabira konstrukcijskog sustava i tehnologije građenja mostova. Građenje grednih mostova. Konzolna gradnja grednih rasponskih sklopova upetih u stupove i slobodno oslonjenih na stupove. Segmentno potiskivanje grednih mostova. Građenje lučnih mostova. Konzolna gradnja lučnih mostova. Prve konzolne izvedbe jadranskih lukova. Kombinirane metode izvedbe, konzolna izvedba s formiranjem privremene rešetke. Konzolna izvedba s privremenim zavješanjem luka o pomoćni pylon. Maelanov postupak. Zaokretanje lučnih polovica. Konzolna gradnja mostova s kosim zategama, zauzdanih mostova i mostova s jedrima. Gradnja visećih mostova, pylon, greda za ukrućenje, sidrenje nosivog užeta u temelj ili sidrenje u gredu za ukrućenje. Aerodinamička stabilnost.

Naziv predmeta: SUSTAV GOSPODARENJA MOSTOVIMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Uvod. Različiti sustavi gospodarenja mostovima. Banka podataka. Degradacija mostova. Dijagonostika i monitoring. Održavanje. Proračun preostale nosivosti. Sanacije, adaptacije, rekonstrukcije. Servisna knjižica. Projektiranje i izvedba trajnijih mostova. Održivost u graditeljstvu. Gospodarski aspekti trajnosti.

Naziv predmeta: MOSTOVI U IZVANREDNIM OKOLNOSTIMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Prometne osobitosti mostova. Propusna moć. Posebitosti vezane za sigurnost prometa kod mostova. Izvanredna djelovanja. Rušenja. Nesreće, neuspjesi. Privremeni i provizorni mostovi. Režim posebnih prelazaka. Proračuni mostova za

izvanredna djelovanja. Udari vozila i plovila. Ekstremne okolnosti u prometu na mostovima. Pouke iz posebnih događaja s mostovima.

Naziv predmeta: POSEBNE ANALIZE U MOSTOGRADNJI

Okvirni sadržaj predmeta :

Proračun mostovnih konstrukcija. Proračun u fazama izgradnje i proračun za konačno stanje. Statički proračun: štapni, pločasti, trodimenzionalni konačni elementi, ravninski i prostorni modeli. Dinamički proračun: vlastite frekvencije konstrukcije. Nelinearni proračun: geometrijska i materijalna nelinearnost. Raspoloživi programski paketi: Sofistik, Nelin. Proračun stabilnosti mostovnih konstrukcija. Detaljni postupak proračuna odgovora mostovnih konstrukcija na djelovanje vjetra. Seizmički proračun mostova.

Naziv predmeta: LINEARNA I NELINEARNA DINAMIKA MOSTOVA

Okvirni sadržaj predmeta :

Područje i povijest dinamike mostova; Linearni i nelinearni odgovor sistema sa jednim stupnjem slobode za slučajno opterećenje: vremenska i frekventna analiza; Korak po korak integracijske metode, Metoda konstantne akceleracije; Slobodne oscilacije sistema sa više stupnjeva slobode; Matrica prigušenja za sisteme sa više stupnjeva slobode; Numeričke i tehnike konačnih elemenata i rješenja: za dinamička i seizmička djelovanja, te efekte vjetra: Tipovi elemenata; Matrice krutosti i početni uvjeti; Oscilacije uzrokovane prometom; Teoretski model mosta; Modeliranje vozila i pokretne vertikalne sile; Masa elemenata, krutost i prigušenje elemenata; Utjecaj brzine i mase vozila na dinamička naprezanja u mostu.

Srednje (prosječno) opterećenje rasponske konstrukcije vjetrom; Gibanje potaknuto opterećenjem vjetra; Udarne oscilacije; Spojene oscilacije flatera.

Seizmičko djelovanje, Proračun mosta na sile potresa, Provjera nosivosti, Posebna pravila armiranja.

Naziv predmeta: OCJENA POUZDANOSTI POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta:

Osnovni koncept i definicije. Preostali životni vijek. Scenarijo opasnosti. Prihvatanje rizika kod korištenja. Strategija pregleda konstrukcija. Sustav održavanja građevina. Kriteriji donošenja odluka kod korištenja postojećih konstrukcija. Ekonomska razmatranja vezana uz ocjenu pouzdanosti postojećih konstrukcija. Opći principi postupka procjene. Faze postupka procjene. Aspekti ocjene pouzdanosti sadržane u normama. Primjeri ocjene pouzdanosti postojećih konstrukcija. Zaključne napomene.

Naziv predmeta: NOSIVI SUSTAVI ČELIČNIH KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Veza teorije i prakse u konstruktorstvu. Podjela nosivih sustava-konstrukcija. Sustavi ovisni o obliku. Kableske konstrukcije, paralelni rasponski sustavi, radijalni rasponski

sustavi, biaksijalni rasponski sustavi i kableske rešetke. Platna i pneumatske strukture, sustavi s zračnim jastukom. Rešetkasti sustavi. Ravninske rešetke, linearni sustavi, naborani rešetkasti sustavi, sustavi rešetaka koje se sijeku. Zakrivljene rešetke, jednostruko zakrivljeni sustavi, sustavi sedlastog oblika, sustavi u obliku kupole i sferni sustavi. Prostorne rešetke, ravne, naborane i zakrivljene. Sustavi ovisni o krutosti na savijanje, nosači, okviri i roštilji. Plošni sustavi, pločasti, naborane konstrukcije i ljuske. Podjela višekatih nosivih sustava. Rasterske višekadne konstrukcije. Višekatni sustavi s jezgrom, konzolni sustavi, indirektno opterećeni sustavi. Višekadne konstrukcije izvedene kao mosni sustavi. Tipovi konstrukcijskih elemenata za nosive sustave. Normirani proizvodi valjanja. Jako zakrivljene cijevi i valjani profili. Tipovi tehničkih platna i užadi. Zaključak i strategija daljnjeg razvoja nosivih sustava čeličnih konstrukcija.

Naziv predmeta: UMORNOST MATERIJALA I KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Općenita saznanja o umaranju, definicija umaranja, temeljni pojmovi, faktori koji utječu na umaranje, klasičan koncept umaranja (r-koncept), nedostaci r-koncepta, novi koncept umaranja ( $\Delta\sigma$ -koncept), pouzdanost pri umor. Zašto je potrebno nastaviti s istraživanjem problema vjerojatnosti otkazivanja nosivosti zbog umaranja. Kritika i nedostaci dosadašnjeg determinističkog postupka umaranja. Probabilistički problem pouzdanosti kod umaranja, metoda nivoa III, metoda nivoa II, metoda nivoa I. Analitička funkcija vijeka trajanja kao bazna varijabla na strani čvrstoće, fenomenološki i strukturalni model  $\Delta\sigma$ -N linija, neki aspekti povezanosti oba modela, opća i individualna forma N- $\Delta\sigma$  linija, primjena regresivne analize za dobivanje analitičke funkcije vijeka trajanja. Granična vrijednost oštećenja kao bazna varijabla, postupak određivanja, statistički podaci, kvantifikacija utjecaja statističkih parametara Minerovog koeficijenta na indeks pouzdanosti. Bazne varijable opterećenja, staze mosne dizalice, željeznički mostovi, cestovni mostovi. Izbor jednadžbe graničnog stanja nosivosti kod umaranja. Postupak kalibracije postojećih čeličnih konstrukcija. Otvorena pitanja i upute za daljnji istraživački rad.

Naziv predmeta: POSEBNA POGLAVLJA PREDNAPETIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Prednapinjanje kao postupak u betonskim konstrukcijama je alatka konstrukteru bez koje je teško zamisliti modernu betonsku konstrukciju velikih raspona. Međutim, jedako važna činjenica je da se najveći broj grešaka u betonskim konstrukcijama dogodio upravo u prednapetim konstrukcijama. Kolegij daje znanja o primjeni prednapinjanja u posebnim konstrukcijama visokogradnje (prednapete međukatne ploče), mostogradnje (prijepusna gradnja), geomehanike (sidrenje, prednapeti betonski piloti), pomorskih obalnih konstrukcija (piloti), vanobalnih konstrukcija (naftne platforme), plivajućih konstrukcija (plivajući dokovi), konstrukcijama betonskih tankova za tekućine i plinove pod visokim pritiskom (prednapeti tank za LPG), kod nosivih konstrukcija nuklearnih elektrana. Daju se napredna znanja nužna za izvedbu trajnih prednapetih betonskih konstrukcija, te opis mjera sanacije oštećenih prednapetih konstrukcija.

Naziv predmeta: VISOKE ZGRADE

Okvirni sadržaj predmeta :

Područje gradnje visokih poslovnih tornjeva je u žiži interesa najbogatijih država svijeta. Utrka u doseganju „najviše zgrade na svijetu“ je prisutna od egipatskih faraona. Svjedoci smo u zadnjih nekoliko godina da se ta utrka proširila i u našu sredinu. Ovaj kolegij daje teoretska i praktična znanja o problemima projektiranja visokih zgrada. Konstrukcija može biti čelična, betonska ili kompozitna. Daju se osnovni tipovi konstruktivnih rješenja u različitim materijalima (čelik, beton, kompozitni), problemi opterećenja vjetra, seizmička opterećenja, udar letjelice, problemi temeljenja, konstruktivni detalji stupova, greda, ploča. Daje se prikaz preliminarnih metoda primjerenih stadiju konceptualnog dizajna nosive konstrukcije, te prikazi detaljnih analiza primjerenih stadiju konačnog dimenzioniranja nosive konstrukcije.

Naziv predmeta: KONSTRUKCIJE OD BETONA VRLO VISOKE ČVRSTOĆE

Okvirni sadržaj predmeta :

Novi betoni otkriveni krajem prošlog stoljeća imaju vrlo visoke tlačne (200-800 N/mm<sup>2</sup>) i svijajuće čvrstoće (25-150 N/mm<sup>2</sup>). Primjer je beton od reaktivnog praha (Reactive Powder Concrete) koji spada u tzv. mikroarmirane betone visokih uporabnih svojstava. Ovi betoni omogućuju smanjenje potrebnih dimenzija, odnosno vlastite težine konstruktivnih elemenata. Velika duktilnost i sposobnost apsorpcije energije pruža pouzdanost pri potresu. Znatno veća svijajuća i vlačna čvrstoća dopušta potpuno eliminiranje konvencionalne meke armature, dok se primarna vlačna naprezanja preuzimaju prednapinjanjem, a sekundarna vlačna naprezanja, posmik i tlačna naprezanja se preuzimaju direktno betonom od reaktivnog praška. Povećana abrazivna otpornost i vrlo mala poroznost produžuju trajnost ovim konstrukcijama. Fina struktura materijala omogućava visokokvalitetnu površinu, te slobodu u arhitektonskom i konstruktivnom oblikovanju. Od značajnijih konstrukcija su u svijetu izvedeni pješački most Sakata Mirai Bridge u Japanu, pješački most Sunyudo Bridge u Koreji, cestovni most Bourg-Les-Valence Bridges u Francuskoj, krovna konstrukcija cementnog silosa Joppa u Illinoisu, SAD, nadogradnja tornjeva za hlađenje u nuklearnoj elektrani Cattenon u Francuskoj, konstrukcija Shawnessy LRT željezničke stanice u Kanadi.

Naziv predmeta: KOMPOZITNE KONSTRUKCIJE NA BAZI DRVA

Okvirni sadržaj predmeta :

Mehanika kompozita. Novi materijali na bazi drva. Adhezivi. Ponašanje materijala na bazi drva pod požarnim opterećenjem. Sprezanje drva s drugim materijalima: betonom, laganim betonom, čelikom. Drvena plastika (kompozitni materijal drva s plastikama). Kompozitni stropni nosači drvo-lagani beton. Nosači drvo-staklo: nosivost i uporabivost. Nosači drvo-lexan: nosivost i uporabivost. Paneli drvenih kuća-nosivost, toplinska, vodo i zvučna provodljivost.

Naziv predmeta:UMJETNA INTELIGENCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Uvod u umjetnu inteligenciju. Inteligentni agenti. Rješavanje problema Pretraživanjem. Pretraživanje bez i s početnim informacijama. Heurističke funkcije. Algoritmi lokalnog pretraživanja i problemi optimalizacije. Genetski algoritmi. Učenje u «online» pretraživanju. Problemi zadovoljavanja rubnih uvjeta. Pretraživanje uz savjetovanje.Znanje i zaključivanje: agenti zasnovani na znanju, logika, semantika, pretraživanje unaprijed i unatrag. Logika I reda. Presentacija znanja. Planiranje. Planiranje i djelovanje u realnom okružju.

**USMJERENJE: MATERIJALI U GRAĐEVINARSTVU**

Naziv predmeta: POSEBNA POGLAVLJA TEORIJE BETONA

Okvirni sadržaj predmeta :

Veza mikrostrukture i reoloških svojstava. Reologija samozbijajućeg betona. Reološki modeli i primjena. Viskoznost, Tiksotropija, Dilatancija. Reometrija. Eksperimentalne pogreške, usporedba rezultata. Modeliranje svojstava betona. Modeli strukture betona. Hidratacija i očvršćavanje cementne paste. Mehanička i deformacijska svojstva mladog betona. Utjecaj vlažnosti na njegovanje betona. Optimalizacija svojstava i sastava. Primjena mehanike loma na svojstva betona.

Naziv predmeta: SUVREMENI PRISTUP TRAJNOSTI KONSTRUKCIJSKIH MATERIJALA

Okvirni sadržaj predmeta :

Vanjska djelovanja na konstrukciju. Procesi degradacije materijala uslijed vanjskih djelovanja. Korelacija strukture i svojstava materijala. Mehanizmi transportnih procesa. Mehanizmi korozijskih procesa. Matematičko modeliranje transportnih procesa, korozijskih procesa, procesa degradacije materijala. Ekspertni sustavi, fuzzy setovi, neuronske mreže u modeliranju trajnosti materijala. Utjecaj defekata materijala na svojstva materijala i konstrukcije. Sustavi zaštite konstrukcije od vanjskih djelovanja. Projektiranje zaštite konstrukcija. Trajnost i uporabljivost konstrukcija. Probabilistički i deterministički pristup proračunu uporabnog vijeka konstrukcija.

Naziv predmeta: STRUKTURA I TERMODINAMIKA MATERIJALA

Okvirni sadržaj predmeta :

Analiza mase, energije i entropijske ravnoteže složenih sustava; procjena promjene termodinamičkih svojstava čistih materijala; rješavanje termodinamike jednofaznih višekomponentnih sustava; ravnoteža faznih i kemijskih reakcija. Mikrostrukturna svojstva betona, čelika, drva i polimernih materijala (plastike) za konstrukcije. Ponašanje materijala uz opterećenje i djelovanje iz okoliša. Elastična svojstva,

čvrstoća, puzanje, skupljanje. Procesi razaranja materijala i mehanizmi zakazivanja. Sastav i mikrostruktura; korelacija s fizikalnim i mehaničkim ponašanjem metala, keramike i polimera. Termodinamika deformabilnog medija, formulacije energije, rješenje u zatvorenom obliku, računске aproksimacije. Povezivanje ponašanja krutih tijela i fluida unutar okvira poromehanike. Mikromehanika i nanomehanika. Fizikalna kemija, kombinirani materijali i ravnoteža energije. Stabilnost faze, nesavršenosti kristala, topivost, oksidacija, energija površine i interfeasa i transformacije. Odabir materijala. Metode ispitivanja. Metode proizvodnje.

Naziv predmeta: SIMULACIJA STRUKTURE I SVOJSTAVA MATERIJALA

Okvirni sadržaj predmeta :

Modeliranje i simulacije u znanosti o materijalima. Tehnike simulacije na nano i mikro razini: Monte Carlo metoda i metoda molekularne dinamike. Tehnike simulacije na mezo i makro razini: Metoda konačnih razlika i metoda konačnih elementa. Numerički algoritmi. Postupci rješavanja linearnih i nelinearnih problema. Metoda celularnih automata. Celularni automati i diferencijalne jednačbe. Kreiranje virtualne mikrostrukture materijala. Određivanje mehaničkih i transportnih svojstava pomoću virtualne mikrostrukture. Ekspertni sustavi. Neuronske ljuske. Fuzzy (mutni) skupovi.

Naziv predmeta: OPTIMALIZACIJA MATERIJALA U SUSTAVU SANACIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Znanstveni pristup procesima razaranja gradiva. Suvremeni postupci određivanja stupnja oštećenosti objekata. Koncept odabira materijala za izvođenje sanacija i ojačanja. Istraživanje materijala za sanaciju i konstruktivno ojačanje. Principi izvođenja sanacionih radova. Moderne metode izvođenja sanacija. Odabir optimalne metode za ojačanje objekata. Sanacije povijesnih objekata i spomenika kulture. Načela provedbe monitoringa na saniranim objektima. Metode ocjenjivanja uspješnosti sanacije.

Naziv predmeta: NOVI MATERIJALI U GRAĐEVINARSTVU

Okvirni sadržaj predmeta :

Suvremeni razvoj cementnih kompozita (mikroarmirani betoni visokih uporabnih svojstava, samozbijajući betoni, laki betoni visokih uporabnih svojstava, betoni od recikliranog materijala, zeleni betoni, pametni betoni, mlazni betoni visokih uporabnih svojstava, injekcijske smjese, mortovi). Povezanost tehnologije, strukture i svojstava cementnih kompozita. Istraživački rad u području novih vrsta cementnih kompozita. Metode ispitivanja svojstava novih vrsta cementnih kompozita. Suvremeni razvoj materijala za zidane konstrukcije (materijali i proizvodi na bazi gline, polistirena, siporeksa, drvolita). Kompozitni materijali i proizvodi na bazi drva. Kompozitni materijali na bazi polimera. Nove vrste materijala za armiranje (mikro vlakna različite vrste i podrijetla, nosiva armatura različitih vrsta i podrijetla). Keramika u funkciji fasadnih obloga. Nove vrste stakla kao konstrukcijskog materijala. Suvremeni izolacijski materijali (hidroizolacije, termoizolacije, izolacije od buke). Optimalizacija svojstava inovativnih materijala u skladu sa konstrukcijskim zahtjevima.



## Naziv predmeta: SUVREMENE METODE ISPITIVANJA MATERIJALA

### Okvirni sadržaj predmeta :

Istraživački pristup problematici ispitivanja konstrukcijskih materijala. Moderni postupci određivanja mikrostrukture materijala. Metode ispitivanja deformabilnosti građevinskih materijala. Suvremene metode ispitivanja trajnosnih svojstava gradiva. Kemijske metode ispitivanja. Uporaba nerazornih ispitivanja u istraživačkom radu. Korelacija rezultata ispitivanja različitih svojstava i strukture građevinskih materijala. Analiza rezultata ispitivanja. Fuzzy setovi, neuronske mreže i eksperni sustavi. Primjeri provedbe suvremenih metoda ispitivanja konstrukcijskih materijala.

## Naziv predmeta: SUSTAV UPRAVLJANJA KVALITETOM U GRADITELJSTVU

### Okvirni sadržaj predmeta :

Čimbenici kvalitete. Statistička kontrola kvalitete. Vjerojatnost, informacija, stohastički procesi (pojmovi, metode, primjene). Osnovni principi operacijskih karakteristika. Autokorelacija, autoregresijski modeli, segmentacijske tehnike. Potpuno upravljanje kvalitetom (TQM), osiguranje kvalitete (QA), kontrola kvalitete (QC). Informacijski sustavi kvalitete. Definiranje procesa u graditeljstvu, razine kontrole u procesu. Korelacija tehnike upravljanja i kvalitete. Kontinuirano poboljšanje kvalitete, samoocjenjivanje, modeli nagrada kvalitete, modeli poslovne izvrsnosti. Sustav kvalitete u graditeljstvu prema europskim normama i internacionalnim normama.

## Naziv predmeta: PLANIRANJE I OBLIKOVANJE EKSPERIMENTA

### Okvirni sadržaj predmeta :

Planiranje i metodologija eksperimentalnog istraživanja. Prikupljanje informacija. Identificiranje i modeliranje problema. Definiranje ciljeva eksperimentalnog istraživanja. Formuliranje hipoteza i testiranje hipoteza. Instrumenti za provođenje mjerenja. Analiza varijabli relevantnih za provođenje eksperimenta. Analiza rezultata ispitivanja. Sinteza teorijskog modeliranja i eksperimentalnog istraživanja.

## Naziv predmeta: PATOLOGIJA IZOLACIJSKIH MATERIJALA

### Okvirni sadržaj predmeta :

Izolacijski materijali: hidroizolacije, toplinske izolacije, materijali za izolaciju od buke. Utjecaj okoliša na degradaciju izolacijskih materijala. Mehanizmi razaranja izolacijskih materijala. Optimalizacija materijala u sustavu podloga - izolacijski materijal. Projektiranje trajnosti izolacijskih materijala. Utjecaj detalja konstrukcije i izvedbe detalja na trajnost izolacijskih materijala.

Naziv predmeta: RAZVOJ I PRIMJENA SUVREMENIH MATERIJALA

Okvirni sadržaj predmeta :

Potrebna znanja i metode u razvoju novih materijala. Tendencije proizvodnje i istraživanja suvremenih materijala. Materijali kao resurs. Evolucija i klasifikacija tehničkih materijala. Korelacija strukture i svojstva materijala. Objašnjenje strukture materijala na različitim razinama: mikro, mezo i makro. Transportni procesi-difuzija, propusnost, apsorpcija, fizika površina, viskoznost tekućina. Pregled razvoja novih metalnih materijala. Materijali na bazi metalurgije praha. Metalna stakla. Konstrukcijski polimerni materijali. Tehnička keramika. Kompoziti: polimerni, metalni i keramički. Intermetalni spojevi. Inženjerstvo površina-postupci modificiranja i prevlačenja površina. Novi materijali i tehnologije spajanja. Inteligentni materijali i konstrukcije. Filozofija pouzdanosti konstrukcijskih elemenata i konstrukcija izvedenih od inteligentnih materijala. Primjena polimera ojačanim vlaknima (fibre reinforced polymers) u konstrukcijama i mostogradnji. Neka posebna područja razvoja novih materijala. Buduća istraživanja vezana uz nove materijale.

## USMJERENJE: ORGANIZACIJA GRAĐENJA

Naziv predmeta: LOGISTIKA GRAĐENJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Uvod u logistiku poslovanja općenito. Sustavi distribucije gradiva i usluga pri građenju. Analiza pojedinih grana prometovanja gradivima i sklopovima. Masovno usluživanje pri gradnji. Logistika kamenih gradiva. Logistika skela i oplata. Transportirani betoni. Zbrinjavanje građevnog otpada. Logistika održavanja građevinskih strojeva i transportnih sredstava u građenju. Troškovi prijevoza u građenju. Tržište transportnih usluga u građenju. Skladištenje gradiva i sklopova. Upravljanje zalihama gradiva i sklopova. Manipulacija gradivima i sklopovima. Logistički informacijski sustavi pri građenju. Organizacijski modeli službi građevinskih tvrtki za logistiku pri građenju. Integracija elemenata logistike pri građenju.

Naziv predmeta: UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Sustavni pristup upravljanju projektima. Okruženje projekta. Ciljevi projekta. Struktura projekta. Faze projekta Opća teorija upravljanja projektom.. Pripremne faze projekta. Opseg i promjene projekta. Planiranje projekta. Predinvesticijske studije. Izvedivost, opravdanost i isplativost projekta. Analiza osjetljivosti. Izvršne faze projekata. Organizacijski sustav izvođenja projekta. Projektna organizacijska struktura. Rukovođenje projektom. Timski rad. Virtualni timovi. Praćenje i kontrola. Komunikacija. Opskrba i logistika. Troškovi i kalkulacije. Financiranje projekta. Ugovorna struktura projekta. Dokumentacija. Informacijski sustav projekta.

Naziv predmeta: MODELIRANJE ORGANIZACIJSKIH PROCESA

Okvirni sadržaj predmeta :

Osnove simulacije; Tipovi simulacije; Uloga slučajnih brojeva; Strategije izvođenja simulacije; Predviđanje slijedećeg događaja; Simulacija događaja diskretne varijable; Simulacija događaja kontinuirane varijable; Izgradnja konceptualnih simulacijskih modela; Provođenje promatranja u simulaciji; Generiranje uzoraka; Analiza ulaznih podataka; Planiranje simulacijskih eksperimenata; Izgradnja simulacijskih programa; Simulacijski jezici; Analiza rezultata simulacijskih eksperimenata; Provjera ispravnosti simulacijskih modela; Optimalizacija u simulaciji; Primjena simulacijskih modela;

Naziv predmeta: ORGANIZACIJSKA KULTURA I ORGANIZACIJSKI DIZAJN

Okvirni sadržaj predmeta :

Definiranje organizacijske kulture, Metode analize organizacijske kulture, Uloga rukovodstva u formiranju organizacijske kulture, Socijalizacija u organizaciji, Organizacijske subkulture, Kultura novoformiranih organizacija, Organizacijska kultura u zrelim organizacijama, Stabilnost i promjene organizacijske kulture, Kulturno okruženje i kultura organizacije, Usporedba organizacijskih kultura (SAD, Japan, Njemačka, Hrvatska), Kako odabrati najpodesniji organizacijski dizajn? Selekcija zaposlenika i organizacijski dizajn, Planiranje, Asimilacija zaposlenika u organizaciju, Budućnost organizacijske kulture i organizacijskog dizajniranja.

Naziv predmeta: PLANIRANJE I KONTROLA PROJEKATA

Okvirni sadržaj predmeta :

Osnove planiranja i kontrole projekata. Metoda kritičnog puta. Planiranje i kontrola novca u vremenu. Probabilističko planiranje. Rizici u planovima. Metode praćenja i kontrola planova. Metoda kritičnog lanca. Metode optimalnog planiranja resursa. Programiranje održivog roka građenja. Korištenje računala kod planiranja i kontrole.

Naziv predmeta: STRATEGIJE ODRŽAVANJA I UPORABE GRAĐEVINA

Okvirni sadržaj predmeta :

Ciljevi i važnost upravljanja održavanjem i uporabom građevina. Projekt održavanja građevina. Regulatorna i održavanje građevina. Dugoročni i kratkoročni programi održavanja i uporabe. Modeli i sustavi uporabe građevinama. Struktura troškova životnog vijeka građevine i tehnike za optimalizaciju troškova. Donošenje odluka o odabiru najbolje alternative obzirom na troškove održavanja i uporabe građevine. Primjena informacijskih sustava. Razvoj informacijskih sustava za održavanje i uporabu. Vrste i izvori podataka za kreiranje računarskih sustava kao potpore upravljanju održavanjem i uporabom građevine.

Naziv predmeta: REINŽENJERING GRAĐEVINSKE TVRTKE

Okvirni sadržaj predmeta :

Pojam reinženjeringa; Reinženjering u graditeljstvu; Elementi reinženjeringa, organizacija, tehnologija, ljudski potencijali; Kvaliteta; Uloga klijenta; Produktivnost, značaj, mjerenje, utjecaji, optimalizacija; Najbolja praksa; Lanac opskrbe; Upravljanje vrijednostima; Partnerstvo; Pribavljanje; Integracija poslovanja; Komuniciranje u organizaciji; Poslovna inteligencija.

Naziv predmeta: MARKETING STRATEGIJA U GRAĐEVINARSTVU

Okvirni sadržaj predmeta :

Strategija; mission statement, SWOT –analiza, marketing strategija poduzeća, povijesni razvoj marketinga, sudionici razmjene na građ. tržištu, funkcije marketinga, marketing mix. Marketing strategije; elementi formuliranja strategije poduzeća ; segmentacija tržišta , pozicioniranje proizvoda, diferenciranje proizvoda, usluga, osoblja, image. Strategije poduzeća ; strategije tržišnih lidera, strategije tržišnih sljedbenika, strategija tržišnih tamponera. Tri nivoa poslovne strategije; marketing strategija za nova tržišta, za rastuća tržišta, za zrela i zasićena tržišta. Marketing program; analiza postojećeg stanja, definiranje tržišnih ciljeva, strategija tržišnog pozicioniranja; strategija proizvoda, cijene, distribucije, promocije ; tržišna istraživanja, predviđanje tržišnih kretanja. Marketing plan – Bear Creek Golf Range – slučaj.

Naziv predmeta: UPRAVLJANJE RIZICIMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Uloga i važnost upravljanja rizicima u projektima. Definicija rizika. Građevinski projekti i rizici. Proces upravljanja rizicima. Identifikacija rizika. Tehnike za identifikaciju rizika. Analize rizika: Kvantitativna analiza. Kvalitativna analize. Metode prezentacije rezultata analize rizika. Odgovori na rizike. Uloga i utjecaj ljudskih čimbenika. Registri rizika. Primjena upravljanja rizikom tijekom životnog vijeka projekta. Informacijske tehnologije kod upravljanja rizikom.

Naziv predmeta: INFORMATIKA ZA MENEDŽERE

Okvirni sadržaj predmeta :

Informatika za menadžment. Internet. Informacijski sustavi. Operativni sustav osobnog računala. Projektiranje informacijskog sustava za graditeljsku tvrtku. Informatizacija građevinske tvrtke. Izrada poslovne dokumentacije. Proračunske tablice. Poslovna grafika. Poslovne baze podataka. Poslovna prezentacija. Komercijalni softver za graditeljstvo. Perspektive razvoja informatike.

## USMJERENJE: **PROMETNICE**

Naziv predmeta: TEORIJA TRASIRANJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Vozno-dinamičke i vozno-geometrijske postavke kretanja cestovnih vozila. Brzina: pojmovi, klasifikacija, definicije, načini određivanja i korištenja. Psihofizičke karakteristike vozača. Fizikalne karakteristike vožnje: ubrzanje, usporenje, centrifugalna sila, centrifugalno ubrzanje, uzdužni i bočni udar. Otpori vožnje: prionljivost, otpor kotrljanja i klizanja, otpor uspona, krivinski otpor, otpor zraka. Teorijske postavke određivanja graničnih elemenata trasiranja: polumjeri horizontalnih i vertikalnih krivina, prijelazne krivine, uzdužni i poprečni nagibi, širine voznih trakova, zaustavna duljina, duljina pretjecanja. Horizontalna i vertikalna preglednost. Trakovi za spora vozila na uzdužnim nagibima. Vitoperenje kolnika. Prostorno vođenje linije i estetika trase.

Naziv predmeta: SAVITLJIVE KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Okvirni sadržaj predmeta :

Uvodna poglavlja o savitljivim kolničkim konstrukcijama (osnovna obilježja, utjecajni parametri, osnovne postavke projektiranja). Načela teorijske analize, teorije, postupci. Karakterizacija materijala savitljivih kolničkih konstrukcija. Projektni kriteriji (kriterij umor, kriterij pojave kolotruga). Viskoelastični i plastični pristupi u projektiranju kolničkih konstrukcija. Savitljive kolničke konstrukcije na tlu male nosivosti. Mehanizmi ponašanja savitljivih kolničkih konstrukcija u projektnom periodu. Problem pukotina, teorija i mehanizmi. Armiranje kolnika. Noviji tipovi asfaltnih mješavina. Upotreba alternativnih materijala pri projektiranju i građenju savitljivih kolničkih konstrukcija.

Recikliranje materijala savitljivih kolničkih konstrukcija (postupci toplog i hladnog recikliranja asfaltnih mješavina)

Koncept trajnih kolnika - "Perpetual pavements".

Naziv predmeta: TEORIJA KRETANJA VOZILA NA TRAČNICAMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Osnove dinamike željezničkih vozila. Izvori pobude oscilatornog gibanja vozila. Dinamički utjecaji na kolosijek uslijed loše geometrije kotača i tračnica. Utjecaj nepravilnosti kotača i tračnica na širenje buke i vibracija. Numerički modeli vozila (model kotača, osovinskog sklopa, voznog postolja te sanduka vozila). Numerički modeli kolosijeka (kontinuirani modeli kolosijeka, diskretni modeli kolosijeka). Dinamička analiza interakcije kotača i tračnice. Numerički model gibanja vozila po kolosijeku. Sile na kontaktu kotača i tračnice.

## Naziv predmeta: PROPUSNA MOĆ PROMETNICA

### Okvirni sadržaj predmeta :

Teorija prometnog toka kao osnovica analize propusne moći cesta. Značajke i analiziranje makroskopskih i mikroskopskih modela prometnoga toka i njihova primjena. Istraživanje parametara prometnoga toka i njihovi odnosi s osnovnim varijablama prometnoga toka. Raspodjele vremenskih intervala i prostornih razmaka između vozila. Sustavi brojenja prometa i dinamičke analize prometnog toka. Cestovni prometni sustav i prometni tokovi u mreži. Inteligentni prometni sustavi. Odvijanje prometa na različitim vrstama prometnica (autoceste, višetračne ceste, dvotračne ceste, raskrižja) i analize propusne moći i razina usluznosti. Pješački promet. Teorija prometnog toka pješaka i korelacije s tokom vozila. Pješačke površine i objekti.

## Naziv predmeta: OBLIKOVANJE ČVORIŠTA

### Okvirni sadržaj predmeta :

Struktura prometnog opterećenja, prometni tokovi i prometne radnje u čvorištima. Prometno-sigurnosne karakteristike gradskih i izvangradskih čvorišta. Klasifikacija i metodologija određivanja dimenzije mjerodavnih i karakterističnih tipskih vozila. Kinematička svojstva i načela zaokretanja vozila. Geometrija kretanja i horizontalna provoznost. Eksperimentalni i računalni postupci određivanja trajektorija kretanja vozila, linije vođenja i povlačenja. Voznodinamičke postavke i određivanja elemenata duljina trakova za skretanje, ubrzanje i usporenje. Oblikovanje čvorišta na temelju zakonitosti geometrije kretanja vozila, oblikovanje prometnih otoka i geometrija rubova voznih površina.

## Naziv predmeta: KRUTE KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

### Okvirni sadržaj predmeta :

Povijesni razvoj. Propisi. Karakteristični presjeci. Obilježja posteljice i podloge, nosivost i deformabilnost, definiranje modula reakcije podloge, korelacija modula elastičnosti, modula stišljivosti i modula reakcije. Analiza opterećenja, veličina, utjecaj učestalosti, termička opterećenja. Betonska kolnička ploča; dilatirana, BAK, prednapeta, dvoslojni sustavi, whitetopping, predgotovljeni betonski kolnici. Metode proračuna i dimenzioniranja: klasične i empirijske metode, primjena računalnih programa. Proračun betonskih kolnika prema NCHRP. HIPERPAV. Održavanje betonskih kolnika.

## Naziv predmeta: KOLOSIJECI ZA VELIKE BRZINE

### Okvirni sadržaj predmeta :

Europske željezničke mreže za velike brzine. Specifičnosti pruga velikih brzina. Tehnički parametri pruga za velike brzine (geometrija kolosijeka, tračnica i zavara). Slobodni profili pruga te razmaci osi kolosijeka. Elementi trasiranja. Uvjeti izgradnje donjeg ustroja pruga za velike brzine. Gornji ustroj kolosijeka za velike brzine. Zahtjevi na izgradnju objekata (tuneli, mostovi) kod pruga velikih brzina.

Rekonstrukcija i izgradnja pruga za velike brzine. Analiza postojećih konstrukcija gornjeg ustroja u uvjetima eksploatacije kod velikih brzina.

Naziv predmeta: POSEBNA POGLAVLJA BUKE OD PROMETA

Okvirni sadržaj predmeta :

Općenito o mehanizmu nastanka buke uslijed ineterakcije vozne površine kolnika i cestovnih vozila.

Utjecaj tipa vozila, prometnog opterećenja te strukture prometnog toka na povećanje razine buke. Utjecaj površinskih svojstva kolnika na razinu buke (makro i mega tekstura, ravnost, hvatljivost, boja, starost kolnika, porozitet, vlažnost). Utjecaj hidrometeoroloških parametara na emisiju buke (temperatura, vlaga, vjetar) Psihofizičke karakteristika vozača s aspekta smanjenja buke na kontaktu vozilo – površina kolnika (kontrola brzine, kontrola ubrzanja i usporenja, sila trenja).Mjere za smanjenje buke na kontaktu vozna površina kolnika - vozilo.

Osnove nastanka buke uslijed međudjelovanja vozila na tračnicama i kolosijeka. Utjecaj tipa kolosiječne konstrukcije na razinu buke (klasične kolosiječne konstrukcije, kolosijeci na betonskoj podlozi). Definiranje utjecaja geometrije vozne površine tračnica (naborana istrošenja, sastavi tračnica, geometrijske nepravilnosti zavara) na povećanje razine buke. Definiranje utjecaja geometrije kotača (plosnata mjesta, nezaobljenost, mehanička oštećenja) na povećanje razine buke. Utjecaj vrste vozila na tračnicama (vlak, tramvaj) na razinu buke. Mjere za smanjenje buke uslijed prometovanja prisilno vođenih vozila.

Naziv predmeta: FOTOGRAMetriJA - GIS

Okvirni sadržaj predmeta :

Prostorni podaci u projektiranju prometnica. Prikupljanje prostornih podataka, postojeći podaci, novi podaci. Fotogrametrija kao metoda prikupljanja podataka. Metode fotogrametrijske izmjere. Rezultati i vizualizacija podataka. Digitalni modeli reljefa, osnovni pojmovi, primjena u gradnji prometnica, točnost. Osnove daljinskih istraživanja. Geografski informacijski sustavi. Osnovni pojmovi. Komponente. Baze podataka. Strukture podataka. Grafički podaci, atributni podaci. Analize podataka. Izlazni produkti. Upotrebljivost pri projektiranju prometnica.

Naziv predmeta: POVRŠINSKA SVOJSTVA KOLNIKA

Okvirni sadržaj predmeta :

Sigurnost i udobnost prometovanja na cesti. Gospodarenje kolnicima i površinska svojstva kolnika. Ravnost površine, pojam i pojave neravnosti, međunarodni indeks neravnosti /IRI mm/m/, utjecaj na vožnju. Funkcionalno i strukturalno značenje neravnosti kolnika. Neravnost kolnika i vijek trajanja ceste. Pojava nabiranja kolnika, dinamički udar, utjecaj na kolnik. Indeks vozne sposobnosti kolnika, klasifikacija zastora kolnika. Teorija akvaplaniranja. Mjerenje uzdužne i poprečne ravnosti. Hvatljivost površine, mehanizmi trenja, adhezijska i histerezna komponenta trenja. Makro i mikro tekstura površine kolnika, dubina teksture. Mjerenje trenja neposrednim i posrednim načinom. Otpor klizanju površine kolnika i sigurnost

prometovanja. Bučnost dodira kotača vozila i površine kolnika, utjecaj pojedinih činitelja. Definicija buke, jakost i frekvencija zvuka, utjecaj teksture. Mjerenje buke, proračun bučnosti, mjere za smanjenje bučnosti /zaslone, porozni zastori/. Svjetlosna svojstva površine kolnika, refleksija svjetla, utjecaj boje površine zastora, utjecaj teksture. Prskanje iza vozila, antiprskajući zastori kolnika. Međuzavisnost svojstava površine kolnika i strukturalnih značajki kolnika.

Naziv predmeta: TEORIJA KRETANJA CESTOVNIH VOZILA

Okvirni sadržaj predmeta : Glavni sklopovi vozila. Sustav ovjesa cestovnih motornih vozila. Oscilacije motornih vozila. Karakteristike pneumatika. Odnosi pneumatik – vozna površina. Otpori vožnje. Bilanca uzdužnih sila i snage. Realizacija vučne sile. Diferencijalne jednadžbe gibanja vozila. Performanse automobila. Teorija kočenja. Upravljanje motornim vozilom, upravljački mehanizmi, kinematika kretanja vozila. Analiza sudara vozila.

Naziv predmeta: OPTIMALIZACIJA ŽELJEZNIČKIH TRASA

Okvirni sadržaj predmeta :

Pojam optimalizacije trase. Metode optimalizacije: ciljevi optimalizacije; kriteriji - ekonomski, prostorni, prometni, ekološki. Metode vrednovanja projekta: diskontne metode - metoda neto sadašnje vrijednosti, metoda interne stope rentabilnosti, metoda anuiteta. Optimalizacija elemenata trase: primjena metoda optimalizacije na izbor elemenata trase; horizontalni tijek trase: odnos između osnovnih elemenata trase i brzine; izbor optimalnog polumjera horizontalne krivine; uzdužni presjek: izbor optimalnog nagiba nivelete; poprečni presjek. Utjecaj uvođenja velikih brzina na specifične otpore vozila, snagu lokomotive i troškove prijevoza. Efektivnost poboljšanja trase postojećih pruga. Utjecaj povećanja brzine na troškove građenja i održavanja pruga. Aplikacija, primjeri.

**USMJERENJE: MEHANIKA KONSTRUKCIJA**

Naziv predmeta: NELINEARNA MEHANIKA KONTINUUMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Tenzor naprezanja i deformacije. Kovarijantna i kontravarijantna baza kosokutog sustava. Metrički tenzor i opći oblik tenzora. Krivocrtne koordinate, lokalni sustav. Christoffelovi simboli. Kovarijantna derivacija tenzora. Fizičke komponente tenzora u ortogonalnom krivocrtnom sustavu. Lameovi koeficijenti. Kinematika konačnih deformacija. Lagrangeov i Eulerov pristup. Mjere deformacije i tenzor gradijenata deformacije. Lagrangeov i Eulerov tenzor konačne deformacije. Lijevi i desni Cauchy - Greenov tenzor konačne deformacije. Polarna dekompozicija gradijenata deformacije. Deformacija u krivocrtnom koordinatnom sustavu. Promjena količine



gibanja i Cauchyevi zakoni gibanja u općem krivocrtnom sustavu. Cauchyev i Kirchhoffov tenzor naprežanja u krivocrtnom lokalnom sustavu. Prvi i drugi Piola Kirchhoffov tenzor naprežanja. Optimizacija koordinatnog sustava u rješenju rubne zadaće. Komforno preslikavanje. Kompleksni potencijali.

Naziv predmeta: EKSPERIMENTALNE METODE II

Okvirni sadržaj predmeta :

Značaj eksperimentalnih metoda na razvoj konstrukcija i metoda proračuna. Razvoj statičkih i dinamičkih eksperimentalnih metoda uz mikroracunala, mikroprocesore, automatiku i telemetriju. Postupci za određivanje polja pomaka, deformacija, kutova zaokreta i zakrivljenosti. Područje primjene i točnosti metode. Optičke metode određivanja polja naprežanja i deformacije. Ravninska i prostorna fotoelastičnost. Foto-plastičnost, viskoelastičnost, viskoplastičnost. Dinamička fotoelastičnost. Metoda Moire. Metode analogija. Matematička i električna analogija. Metode fotoelastičnosti premaza i krhkih lakova. Primjena mehaničkih valova i X zraka u analizi naprežanja. Ocjena realnog stanja konstrukcija na osnovi rezultata istraživanja. Postupci određivanja parametara stanja konstrukcija. Stohastički i deterministički procesi opterećenja i odgovora. Priroda opterećenja vjetrom visokih konstrukcija i eksperimentalna analiza statičkih i dinamičkih utjecaja. Dinamički utjecaj prometnih opterećenja. Impulsne pobude i prijenosna funkcija. Vlastite frekvencije kao parametar globalne krutosti. Prigušenje, kompleksni parametar stanja. Baze podataka stanja konstrukcije.

Naziv predmeta: POSEBNA POGLAVLJA MEHANIKE MATERIJALA

Okvirni sadržaj predmeta :

Parametri stanja čvrstog tijela. Čvrstoća, elastičnost, viskoznost, viskoelastičnost, plastičnost, termoelastičnost kod izotropnih, anizotropnih i ortotropnih materijala. Elastična simetrija. Mehanička svojstva materijala pri naglom i ponovljenom opterećenju. Otpornost materijala pri složenom stanju naprežanja. Statičko i dinamičko opterećenje. Mehaničke teorije graničnih stanja. Deformacioni i energetski kriteriji. Teorija graničnih stanja izotropnih, anizotropnih, ortotropnih i strukturno nehomogenih materijala. Teorija graničnih stanja s utjecajem promjenljivog opterećenja. Opći pristup određivanju dopuštenih naprežanja. Diferencijalni i integralni oblici veza između naprežanja i deformacija kod viskoelastičnih materijala. Linearna teorija viskoelastičnosti. Linearna teorija termoviskoelastičnosti. Nelinearna teorija viskoelastičnosti. Teorija viskoplastičnosti. Funkcije puzanja i funkcije relaksacije. Boltzmannov princip superpozicije. Metoda reoloških modela. Rubne zadaće i metode rješavanja. Metoda operatora. Volterrov princip. Metoda Laplaceove transformacije. Eksperimentalna podrška konstitutivnom modeliranju materijala i konstrukcija.

Naziv predmeta: MEHANIKA LOMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Povijesni razvoj mehanike loma. Idealna čvrstoća materijala. Duktilnost i krhkost. Fizika loma. Načini propagacije pukotina. - Linearno elastična mehanika loma: Osnovne jednačbe, Utjecaj pukotina na koncentraciju naprezanja, Griffith-ov uvjet za razvoj pukotine (energetski pristup) i Irwin-ova modifikacija, Brzina oslobađanja energije, Osnovni oblici razvoja pukotine, Polje naprezanja i pomaka u okolišu pukotine, Faktor intenziteta naprezanja i njegovo značenje, Kriteriji loma. - Elasto-plastična mehanika loma: Područje plastičnosti u vrhu pukotine, Dugdale-ov model za elasto-plastične materijale, Otvaranje pukotine u vrhu, Rice-ov konturni integral, Stabilni i nestabilni razvoj pukotine, Kriteriji loma. - Ponašanje materijala: Mehanizmi loma metala i nemetala (plastični materijali, kompoziti, keramika, beton i kamen). – Dinamički lom. - Parametri mehanike loma mjerodavni za ponašanje materijala pri pojavi pukotina i njihovo eksperimentalno određivanje. Numeričke metode u mehanici loma. Primjena mehanike loma pri proračunu i dimenzioniranju konstrukcija.

Naziv predmeta: PLASTIČNOST I PUZANJE U ANALIZI KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Plastične pojave i pretpostavke fenomenске teorije. Ponašanje izotropnih i anizotropnih materijala. Ploha popuštanja i očvršnuća. Von Misesov princip maksimuma i Druckerov postulat. Zakon asociiranog tečenja. Kriteriji stabilnosti. Generalizacija rubne zadaće. Eksperimentalna svojstva graničnih stanja. Zadaće granične ravnoteže. Opći kriterij tečenja. Druckerov i Hillov potencijal. Plastičnost s očvršnućem. Zakon konstitucije. Mises-Levyeve jednačbe. Prandtl-Reussov materijal. Savijanje i torzija štapa. Ravninske zadaće. Zadaće cikličke plastičnosti. Nasljedne teorije visko-elastičnosti i plastičnosti. Boltzmannov princip. Jezgre diferencijalnog tipa. Integralna jednačba Volterra. Abelovi operatori. Laplaceova transformacija. Visko-elastični diferencijalni operatori. Zakoni nasljedne elastičnosti. Jezgre puzanja i relaksacije. Test puzanja i relaksacije. Konstitutivni zakoni anizotropnog nasljednog tijela. Potencijal naprezanja i deformacije. Princip Volterra. Varijacioni princip. Jezgre općenitog tipa. Puzanje betona. Nelinearne teorije.

Naziv predmeta: NUMERIČKE METODE TEORIJE PLASTIČNOSTI

Okvirni sadržaj predmeta :

Formulacija metode konačnih elemenata u mehanici kontinua. Fizikalna nelinearnost, generalizacije reoloških modela. Elasto-plastičnost i elasto-viskoplastičnost. Granične plohe loma (von Mises, Mohr Coulomb, Tresca, Drucker Prager). Postulat stabilnog materijala. Plastični tok, uvjet konzistencije. Efektivna plastična deformacija i efektivno naprezanje. Evolucija graničnih ploha kao rezultat plastičnih deformacija. Matrica elastoplastičnosti. Matrica elasto-viskoplastičnosti. Integracija inkrementa naprezanja, eksplicitni i implicitni postupci. Konzistentna tangentna matrica elastoplastičnosti. Globalna i lokalna petlja za simultano zadovoljenje ravnoteže i zakona ponašanja materijala. Uvjeti konvergencije. Modeli ponašanja uobičajenih inženjerskih gradiva. Modeliranje pukotina i diskontinuiteta.

## Naziv predmeta: NUMERIČKI MODELI DINAMIKE KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Direktna integracija jednadžbi gibanja u linearnim i nelinearnim problemima. Implicitne (metoda centralnih diferencija) i eksplicitne metode (Houbolt, Wilson, Newmark) direktne integracije. Implicitno – eksplicitna metoda prediktor – korektor. Nelinearna dinamika plošnih konstrukcija. Numeričko rješavanje poopćenog problema vlastitih vrijednosti za velike sustave. Rayleigh Ritzova metoda, pretraživanje s pomoću svojstava determinante (engl. determinant search), iteracija po podprostorima (engl. subspace iteration), metoda Lanczososa.

## Naziv predmeta: TEORIJA TANKOSTIJIENIH NOSAČA OTVORENIH PROFILA

Okvirni sadržaj predmeta :

Saint Venantova slobodna torzija tankostijenih štapova otvorenog profila. Ograničena torzija tankostijenih štapova otvorenog profila. Saint Venantov moment torzije. Moment ograničene torzije. Koordinatni sustavi. Sektorske koordinate. Glavni pol. Središte posmika i središte uvijanja. Sektorske geometrijske karakteristike poprečnog presjeka. Primjeri sektorskih geometrijskih karakteristika jednostavnijih otvorenih profila. Pomaci, deformacije, naprezanja i unutarnje sile u poprečnom presjeku tankostijenog štapa otvorenog profila. Bimoment. Diferencijalne jednadžbe ravnoteže štapa. Rubni uvjeti. Rješenje diferencijalne jednadžbe ograničene torzije tankostijenog štapa otvorenog profila. Analogija između savijanja i ograničene torzije. Složeno opterećenje tankostijenih štapova otvorenog profila. Tankostijeni štapovi otvorenog profila bočno pridržani rotacionim i linijskim vezama. Pojednostavljena metoda proračuna tankostijenih štapova otvorenog profila bočno pridržani trapezno profiliranim limom. Stabilnost tankostijenih štapova otvorenog profila. Opće jednadžbe izvijanja. Izvijanje i uvijanje. Bočno izvijanje tankostijenog štapa otvorenog profila.

## Naziv predmeta: PRIMJENA MEHANIKE LOMA NA BETONSKE KONSTRUKCIJE

Okvirni sadržaj predmeta :

Općenito o potrebi primjene mehanike loma pri proračunu i dimenzioniranju betonskih i armiranobetonskih konstrukcija. Osnove linearne i nelinearne mehanike loma. Određivanje parametara mjerodavnih za ponašanje betona pri pojavi pukotina. Primjena mehanike loma pri nelinearnoj analizi konstrukcija metodom konacnih elemenata. Uzimanje u obzir osnovnih principa mehanike loma pri dimenzioniranju betonskih i armiranobetonskih konstrukcija. "Size effect" - utjecaj veličine konstrukcije na graničnu nosivost, duktilitet, minimalnu potrebnu glavnu armaturu i minimalnu potrebnu konstruktivnu armaturu. Tokom predavanja fenomen "Size effect" će biti teorijski razjašnjen uz prikaz više primjera iz inženjerske prakse: (1) Betonske i armiranobetonske grede napregnute na savijanje; (2) Grede dominantno opterećene na posmik (vitke gede i visokostijeni nosači); (3) Grede opterećene torzijonim momentima i (4) Brane.

## Naziv predmeta: POSEBNA POGLAVLJA DINAMIKE KONSTRUKCIJA I POTRESNOG INŽINJERSTVA

Okvirni sadržaj predmeta:

Analiza djelovanja raznih vrsta dinamičkih opterećenja s naglaskom na međusobne razlike (uključujući probleme aeroelastične stabilnosti i parametarskih oscilacija). Kaotične oscilacije. Primjena numeričkih metoda u dinamici. Grafički prikazi rezultata dinamičkih analiza s objašnjenjima. Mehanizam potresa, svojstva zabilježenih intenzivnih potresa i ponašanje različitih objekata i njihovih konstruktivnih elemenata za vrijeme potresa. Primjena načela i teorije dinamike u seizmičkoj analizi. Uloga duktilnosti pri dinamičkom odzivu konstrukcije (postojeći, zahtjevani i projektni). Tehnike poboljšanja seizmičkih svojstava konstrukcije. Utjecaj nekonstruktivnih elemenata na dinamička svojstva konstrukcije. Međudjelovanje konstrukcija – tlo, potresni i projektni spektri. Propisi i njihova primjena. Seizmičke analize u elastičnom i neelastičnom području.

## Naziv predmeta: TRODIMENZIONALNA ANALIZA PLOČA

Okvirni sadržaj predmeta :

Općenito o trodimenzionalnim rješenjima poprečno opterećenih ploča.

Riješenja za pravokutnu ploču: fleksiona i afleksiona.

Karakteristično volumensko opterećenje uz koje isčezava poprečno normalno naprezanje.

Trodimenzijski izvod modifikirane klasične teorije ploča.

Proširenje modifikirane klasične teorije ploča za poprične posmične deformacije.

Numerička rješenja za trodimenzionalnu analizu ploča.

## Naziv predmeta: NUMERIČKE METODE ZA ANALIZU DISKONTINUIRANIH SREDINA

Okvirni sadržaj predmeta :

Kontinuum i diskontinuirane sredine. Matematički modeli. Međudjelovanja, kontakti i rubni uvjeti. Metoda diskretnih elemenata. Prostorno pretraživanje i sortiranje. Integracija jednadžbi gibanja. Primjer: modeliranje opterećenja silosa. Metoda analize diskontinuiranih deformacija (DDA). Općenite metode konačnih razlika. Metode particije jedinice: metoda numeričke višestrukosti, bezmrežne metode, XFEM, GFEM. Primjene u modeliranju zidanih konstrukcija i u mehanici loma.

## Naziv predmeta: PRORAČUN POUZDANOSTI KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Koncept pouzdanosti konstrukcija. Osnovni pojmovi teorije vjerojatnosti.

Geometrijske i fizikalne neodređenosti konstrukcija.

Definiranje postupaka za proračun pouzdanosti konstrukcija (FORM, FOSM, SORM).

Uvod u stohastičku metodu konačnih elemenata. Formulacija stohastičke metode konačnih elemenata.

Utjecaj varijabilnosti fizikalnih i geometrijskih karakteristika konstrukcije na varijabilnost odziva konstrukcije.

Proračun varijabilnosti odziva konstrukcije i pouzdanosti konstrukcije stohastičkom metodom konačnih elemenata.

Naziv predmeta: POLIMERI I KOMPOZITI U KONSTRUKCIJAMA

Okvirni sadržaj predmeta :

Mehanika polimernih i kompozitnih konstrukcija. Reološki modeli. Oblikovanje kompatibilnih i nekompatibilnih sklopova. Teorijske pretpostavke za slojevite kompozite, tanke ploče, sendvič ploče, grede, ljuske. Kriteriji loma. Metode proračuna polimernih i kompozitnih konstrukcija prema graničnim stanjima nosivosti i uporabljivosti. Teorijske i eksperimentalne podloge za dimenzioniranje ležajeva prijelaznih, protuseizmičkih i protuvibracijskih naprava. Dimenzioniranje sklopova primjenjenih u mostogradnji, viskogradnji i industrijskim postrojenjima. Statička i dinamička svojstva konstrukcija u ovisnosti o primjenjenim polimernim i kompozitnim sklopovima. Trajna, promjenjiva i slučajna djelovanja. Primjeri projektiranja sklopova prema europskim i drugim međunarodno priznatim normama. Ispitivanje elemenata sklopova, složenih sklopova i izvedenih konstrukcija. Osiguranje kvalitete. Monitoring, održavanje i sanacija. Stanje razvoja.

Naziv predmeta: LINEARNA I NELINEARNA DINAMIKA MOSTOVA

Okvirni sadržaj predmeta :

Područje i povijest dinamike mostova; Linearni i nelinearni odgovor sistema sa jednim stupnjem slobode za slučajno opterećenje: vremenska i frekventna analiza; Korak po korak integracijske metode, Metoda konstantne akceleracije; Slobodne oscilacije sistema sa više stupnjeva slobode; Matrica prigušenja za sisteme sa više stupnjeva slobode; Numeričke i tehnike konačnih elemenata i rješenja: za dinamička i seizmička djelovanja, te efekte vjetra: Tipovi elemenata; Matrice krutosti i početni uvjeti; Oscilacije uzrokovane prometom; Teoretski model mosta; Modeliranje vozila i pokretne vertikalne sile; Masa elemenata, krutost i prigušenje elemenata; Utjecaj brzine i mase vozila na dinamička naprezanja u mostu.

Srednje (prosječno) opterećenje rasponske konstrukcije vjetrom; Gibanje potaknuto opterećenjem vjetra; Udarne oscilacije; Spojene oscilacije flatera.

Seizmičko djelovanje, Proračun mosta na sile potresa, Provjera nosivosti, Posebna pravila armiranja.

Naziv predmeta: NOSIVI SUSTAVI ČELIČNIH KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Veza teorije i prakse u konstruktorstvu. Podjela nosivih sustava-konstrukcija. Sustavi ovisni o obliku. Kableske konstrukcije, paralelni rasponski sustavi, radijalni rasponski sustavi, biaksijalni rasponski sustavi i kableske rešetke. Platna i pneumatske strukture, sustavi s zračnim jastukom. Rešetkasti sustavi. Ravninske rešetke, linearni sustavi, naborani rešetkasti sustavi, sustavi rešetaka koje se sijeku. Zakrivljene rešetke, jednostruko zakrivljeni sustavi, sustavi sedlastog oblika, sustavi u obliku

kupole i sferni sustavi. Prostorne rešetke, ravne, naborane i zakrivljene. Sustavi ovisni o krutosti na savijanje, nosači, okviri i roštilji. Plošni sustavi, pločasti, naborane konstrukcije i ljuske. Podjela višekratnih nosivih sustava. Rasterske višekratne konstrukcije. Višekratni sustavi s jezgrom, konzolni sustavi, indirektno opterećeni sustavi. Višekratne konstrukcije izvedene kao mosni sustavi. Tipovi konstrukcijskih elemenata za nosive sustave. Normirani proizvodi valjanja. Jako zakrivljene cijevi i valjani profili. Tipovi tehničkih platna i užadi. Zaključak i strategija daljnjeg razvoja nosivih sustava čeličnih konstrukcija.

Naziv predmeta: VISOKE ZGRADE

Okvirni sadržaj predmeta :

Područje gradnje visokih poslovnih tornjeva je u žiži interesa najbogatijih država svijeta. Utrka u dosezanju „najviše zgrade na svijetu“ je prisutna od egipatskih faraona. Svjedoci smo u zadnjih nekoliko godina da se ta utrka proširila i u našu sredinu. Ovaj kolegij daje teoretska i praktična znanja o problemima projektiranja visokih zgrada. Konstrukcija može biti čelična, betonska ili kompozitna. Daju se osnovni tipovi konstruktivnih rješenja u različitim materijalima (čelik, beton, kompozitni), problemi opterećenja vjetra, seizmička opterećenja, udar letjelice, problemi temeljenja, konstruktivni detalji stupova, greda, ploča. Daje se prikaz preliminarnih metoda primjerenih stadiju konceptualnog dizajna nosive konstrukcije, te prikazi detaljnih analiza primjerenih stadiju konačnog dimenzioniranja nosive konstrukcije.

Naziv predmeta: POSEBNA POGLAVLJA PREDNAPETIH BETONSKIH KONSTRUKCIJA

Okvirni sadržaj predmeta :

Prednapinjanje kao postupak u betonskim konstrukcijama je alatka konstrukteru bez koje je teško zamisliti modernu betonsku konstrukciju velikih raspona. Međutim, jedako važna činjenica je da se najveći broj grešaka u betonskim konstrukcijama dogodio upravo u prednapetim konstrukcijama. Kolegij daje znanja o primjeni prednapinjanja u posebnim konstrukcijama visokogradnje (prednapete međukatne ploče), mostogradnje (prijepusna gradnja), geomehanike (sidrenje, prednapeti betonski piloti), pomorskih obalnih konstrukcija (piloti), vanobalnih konstrukcija (naftne platforme), plivajućih konstrukcija (plivajući dokovi), konstrukcijama betonskih tankova za tekućine i plinove pod visokim pritiskom (prednapeti tank za LPG), kod nosivih konstrukcija nuklearnih elektrana. Daju se napredna znanja nužna za izvedbu trajnih prednapetih betonskih konstrukcija, te opis mjera sanacije oštećenih prednapetih konstrukcija.