SOLARNI INŽENIRING

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Solarni inženiring
Course title:	SOLAR ENERGY ENGINEERING
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**	**Izbirnost**
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Procesno strojništvo (smer)	3. letnik	1. semester	obvezen

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0577731
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3041-V

Predavanja /Lectures	**Seminar /Seminar**	**Vaje /Tutorials**	**Klinične vaje /Clinical tutorials**	**Druge oblike študija /Other forms of study**	**Samostojno delo /Individual student work**	**ECTS**
30		30			40	4

Nosilec predmeta/Lecturer:	Andrej Kitanovski, Sašo Medved
Vrsta predmeta/Course type:	Izbirni strokovni predmet/Elective specialised course

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo -Projektno aplikativni program.	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Obnovljivi viri energije v obdobju do leta 2050: Tehnologije za izkoriščanje; Modeliranje potenciala; Potencial OVE v SLO. 2. Uporaba sončne energije v skoraj nič energijskih stavbah: Akcisjki načrt za uvajanje OVE in stavbe s samooskrbo s tehnologijami za pretvarjanje sončne energije; EPBD direktiva; Definicije in določanje kazalnikov samooskrbe stavb, računske metode. 3. Sončno sevanje in obsevanje: Solarna geometrija; Prehod sončnega sevanja skozi ozračje; Podatkovne baze; Inženirska orodja za modeliranje komponent sončnega sevanja. 4. Optimiranje sprejemnih površin za zajem sončnega sevanja: Senčenje zajemnih površin; Optimiranje stacionarnih in sledilnih aplikacij s primeri; Metode in orodja za vrednotenje senčenja in prehoda sončnega sevanja v ovoju stavb. 5. Principi in tehnologije naravnega ogrevanje stavb: Termodinamični principi delovanja; Inženirske metode načrtovanja; Energijska bilanca stavb; Odnos med učinkovito rabo energije v stavbah in solarnimi dobitki pri naravnem ogrevanju stavb, študijski primeri. 6. Naprave za solarno ogrevanje: Sprejemniki sončne energije za nizko, srednje in visokotemperaturne aplikacije; Izkoristek sprejemnikov in sodobne	1. Renewable energy perspectives towards 2050: Technologies for utilization; RES potential assessment and modelling; RES potential in Slovenia. 2. Utilization of solar energy in nearly and net zero energy buildings: Action plan for utilization of RES and nZEB buildings based on solar eenrgy technologies; Directive on energy efficiency of buildings (EPBD); Evaluation of energy efficiency of buildings and on-site energy production; calculation methods. 3. Solar irradiation and radiation: Solar geometry; Transmittance of solar irradiation in atmosphere; Data base and manipulation of data; Engineering tools for modelling of solar irradiation components. 4. Optimization of solar irradiation on tilted surfaces: Shading of capture surfaces; Optimization of stationary and sun tracking capturing surfaces with examples; Calculation methods and tools for evaluation of shading and transmition of solar irradiation in the envelope of the buildings. 5. Basics and applications for passive heating of the buildings: Thermodynamic principles of operation; Engineering design methods; Energy balance of the buildings; The impact of passive heating on energy efficiency of the buildings, case studies.

tehnologije; □ Hranilniki v solarnih ogrevalnih sistemih; □ Inženirsko načrtovanje komponent solarnih ogrevalnih sistemov. 7. Sistemi solarnega ogrevanja: □ Koncepti toplozračnih in toplovodnih sistemov; □ Inženirsko načrtovanje in vrednotenje energijske učinkovitosti; □ Povezava z modeli rabe energije v stavbah; □ Okoljske in stroškovni vidiki solarnega ogrevanja. 8. Solarni hladilni sistemi: □ Procesi sorbcijskega in sušilno-hlapilnega solarnega hlajenja; □ Inženirsko načrtovanje komponet; □ Inženirsko modeliranje solarnega hlajenja. 9. Solarni sisitemi za proizvodnjo električne energije I: □ PV celice kot generator električne energije, □ vrste in učinkovitost; □ Okoljski in stroškovni vidiki PV sistemov; □ BIPV; □ Povezava PV celic v module in elektrarne. 10. Solarni sistemi za proizvodnjo električne energije II: □ Načrtovanje otočnih in omrežnih sistemov; □ Baterije; □ Modeliranje energijsih bilanc; □ Priključitev PV sistema v omrežje; □ Spodbujevalne sheme. 11. Aplikacije PV v stavbah: □ Celovito modeliranje PV generatorjev in stavbnih sistemov, vračilna doba in okoljske deklaracije PV celic in PV sistemov. 12. Dimenzioniranje solarnih toplotnih sprejemnikov sončne energije: □ Preračun toplotnega sprejemnika sončne energije (izbira komponent in materialov, določitev toplotnih in optičnih karakteristik, karakteristike	6. Devices for active solar heating: □ Solar collectors for low, medium in high temperature applications; □ Solar collector efficiency and contemporary technologies; □ Heat storages in solar heating systems; □ Engineering design of active solar heating devices. 7. Active solar heating systems: □ Concepts of air and hydronic active solar heating systems; □ Engineering design and assessment of active solar heating systems; □ Integration of active solar heating systems in energy balance of the buildings; □ Environment and cost assessment of active solar heating systems. 8. Solar cooling systems: □ Basics of sorption and DEC solar cooling; □ Engineering design of components in solar cooling systems; □ Energy performance of solar cooling systems. 9. PV systems I: □ Basics of PV cells, □ PV cells technologies; □ Environmental and cost assessment of PV systems; □ BIPV; □ PV module technologies. 10. PV systems II: □ Design of off-grid and grid PV systems; □ Batteries for PV systems; □ Energy efficiency modelling; □ Requirements for grid connected PV systems; □ Supporting schemes and actions. 11. Applications of PV systems in buildings: • Integration of PV systems and building service systems; • Cost Efficiency of PV systems; • Environment Product Declaration of PV cells and systems. 12. Dimensioning of solar thermal collectors:

toplotnih izgub in toplotnih kontaktov, izolacija, absorber in pokrivni sloj, izbira materialov ohišja); Enostaven sistem upravljanja in pripadajoči algoritmi; Distribucijsko omrežje in preračuni prenosnikov toplote in dimenzionaranje hranilnika; Integracija v celoviti sistem ogrevanja, vključno s prenosniki toplote in hranilnikom. 13. Dimenzioniranje solarnih fotonapetostnih sistemov: Preračun vseh komponent fotonapetostnega sistema (izbira komponent in materialov, določitev toplotnih in optičnih karakteristik, fotonapetostne celice in električni tokokrog); Sistem upravljanja in pripadajoči algoritmi; Integracija v celoviti fotonapetostni sistem z inverterjem oz. baterijami. 14. Dimenzioniranje hibridnih fotonapetostnih-toplotnih sprejemnikov sončne energije: Izbira ustreznega koncepta hibridnega sprejemnika sončne energije; Analiza vplivnih parametrov glede na toplotne in električne karakteristike; Preračun komponent hibridnega toplotnega sprejemnika; Sistem upravljanja in pripadajoči algoritmi; Integracija v celoviti sistem sistem ogrevanja, vključno s prenosniki toplote in hranilnikom, integracija v celoviti fotonapetostni sistem z inverterjem oz. baterijo. 15. Dimenzioniranje sistemov s koncentracijo sončne energije: Izbira ustreznega koncepta za (so)proizvodnjo elektrike in/ali toplote s pomočjo sistema koncentrirane sončne energije; Analiza vplivnih parametrov glede na toplotne in električne karakteristike; Preračun komponent fotonapetostnega sistema s koncentracijo sončne energije; Preračun komponent toplotnega	• Design calculation of solar thermal collector (selection of components and materials, definition of thermal and optical characteristics, heat losses and thermal contacts, selection of isolation materials, absorber and absorptive surfaces, housing); • Control system and algoritms; • Solar heat distribution, design calculation of heat exchangers and of thermal storage; • Integration into bulding’s heating systems 13. Dimensioning of solar photovoltaic systems: • Design calculation of photovoltaic systems (selection of components and materials, definition of thermal and optical characteristics, PV cells and electrical circuits); • Control system and algoritms; • Integration into total system with inverters and electrical storage. 14. Dimensioning of hybrid photovoltaic•thermal collectors: • Selection of an appropriate photovoltaic-thermal concept; • Analysis of influential parameters with respect to thermal or electrical characteristics; • Design calculation for hybrid photovoltaic-thermal collector; • Control system and algoritms; • Integration into total heating system and electrical system. 15. Dimensioning of concentrated solar systems: • Selection of an appropriate concept for concentrated solar (co)generation of heat and electricity; • Analysis of influential parameters with respect to thermal or electrical characteristics; • Design calculation for concentrated photovoltaic solar system; • Design calculation for concentrated solar (co)generation system; • Control system and algoritms; • Integration into total system for energy conversion, storage and supply.

(so)proizvodnega sistema s koncentracijo sončne energije; Upravljanje in pripadajoči algoritmi za koncentrirane sisteme sončne energije; Integracija v celovite sisteme pretvorbe energij – shranjevanja in oskrbe.	

Temeljna literatura in viri/Readings:

Medved, S., Arkar, C.: Energija in okolje : obnovljivi viri energije. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta: Projekt Concerto Remining-Lowex, 2009.

Hsieh, J. S. Solar Energy Engineering. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ, 1986.

Tyagi, H., et al. (Eds.) Applications of Solar Energy. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018.

Lenz, B., Schreiber, J., Stark, T. Sustainable buildings services : Principles, systems, concepts. Detail Green Books, München, 2011.

Goswami, Y., Principles of Solar Engineering, CRC Press, 2015

Duffie, J. A., Beckman, W. A. , Solar Engineering of Thermal Processes, 2013

Wilfried van Sark (Ed.), PV System Design and Performance, MDPI Energies, p.360, 2019

Zhifeng Wang, Design of Solar Thermal Power Plants, Academic Press, p.490, 2019

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: Spoznati tehnologije in inženirske metode načrtovanja in presoje tehnologij za pretvarjanje sončne energije v toploto, hlad in električno energijo. Kompetence: S2-PAP, P3-PAP: Sposobnost samostojnega dela v okviru znanj s področja načrtovanja solarnih naprav. S11-PAP, P3-PAP: Sposobnost reševanja strokovnih problemov v svojem delovnem okolju.	Education goals: Learn about technologies and acquire engineering methods for designing and evaluating technologies for utilization of solar energy for heating, cooling and electricity production. Student kompetence: S2-PAP, P3-PAP Ability to work independently within the knowledge of the design of solar installations. S11-PAP, P3-PAP: Ability to solve professional problems in work environment.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanja: Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na področju uporabe	Knowledge: Z1: Thorough professional theoretical and practical knowledge in field of the

sončne energije za proizvodnjo toplote, hladu in električne energije na stavbah in z oddaljenimi sistemi. Spretnosti: S1.2: Obvladovanje zahtevnih, kompleksnih procesov načrtovanja solarnih naprav in sistemov z vidika energijske, okoljske in stroškovne presoje.	utilization of solar energy for production of the heat, cold and electricity in building and remote systems that is supported with a broad theoretical and methodological basis. Skills: S1.2 Mastering demanding and complex design process for solar installations and systems in terms of energy, environment and cost assessment by independante usage of lnowledge in new working situations.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Klasične oblike poučevanja: P1: Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov. P3: Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri. P4: Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki z dostopom na daljavo. Moderne oblike poučevanja: P6: Interaktivna predavanja P8: Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog P15: Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje	Conventional teaching methods: P1: Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases. P3: Auditorial exercises, in which theoretical content from lectures is supplemented with practical examples. P4. Laboratory exercises with special-purpose computer tools and experimenat devices wih remote access. Contemporary and flexible teaching methods: P6: Interactive lectures. P8. Making and presenting of applied seminars. P15. Application of multimedia presentations for preparations to the lectures and exercises.

Načini ocenjevanja:	**Delež/ Weight**	**Assessment:**
Teoretične vsebine (predavanja)	50,00 %	Theory
Samostojno delo na vajah	15,00 %	Tutorials
Delo na laboratorijskih vajah (vključno s poročili)	15,00 %	Individual lab work with written report
Seminar	20,00 %	Individual seminar work

Reference nosilca/Lecturer's references:

Sašo Medved

DOMJAN, Suzana, **MEDVED, Sašo**, ČERNE, Boštjan, ARKAR, Ciril. Fast modelling of nZEB metrics of office buildings built with advanced glass and BIPV facade structures. Energies. Aug. 2019, vol. 12, iss. 16, f. 1-18, ilustr. ISSN 1996-1073. https://www.mdpi.com/1996-1073/12/16/3194, DOI: 10.3390/en12163194. [COBISS.SI-ID 16752155]

ARKAR, Ciril, **MEDVED, Sašo**. Optimization of latent heat storage in solar air heating system with vacuum tube air solar collector. Solar energy. [Print ed.]. Jan. 2015, vol. 111, str. 10-20, ilustr. ISSN 0038-092X. DOI: 10.1016/j.solener.2014.10.013. [COBISS.SI-ID 13778971]

ARKAR, Ciril, **MEDVED, Sašo**. Combined sensible and latent heat storage in building solar air heating system. V: FRANKOVIĆ, Bernard (ur.). Energija i okoliš 2014 : međunarodni kongres : [nove tehnologije u energetici i zaštiti okoliša] = Energy and the environment 2014 : international congress : [new techlnologies in energy engineering and environmental protection]. XXIV. znanstveni skup o energiji i zaštiti okoliša = 24th Scientific Conference on Energy and the Environment, Opatija - Croatia, October 22 - 24, 2014. Opatija: Hrvatski savez za sunčevu energiju = Croatian solar energy association, 2014. Str. 117-128, ilustr. [COBISS.SI-ID 13753115]

MEDVED, Sašo, ARKAR, Ciril. Energija in okolje : obnovljivi viri energije. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta: Projekt Concerto Remining-Lowex, 2009. 177 str., ilustr. ISBN 978-961-6063-96-8. [COBISS.SI-ID 245350912]

ARKAR, Ciril, VETRŠEK, Jure, DOMJAN, Suzana, **MEDVED, Sašo**. Pregled ter energijska in ekonomska analiza centralnih solarnih ogrevalnih sistemov v Sloveniji. [S. l.]: [s. n.], 2007. [52] str., ilustr. SOLARGE. [COBISS.SI-ID 10617627]

Andrej Kitanovski

POTOČNIK, Primož, VIDRIH, Boris, **KITANOVSKI, Andrej**, GOVEKAR, Edvard. Neural network, ARX, and extreme learning machine models for the short-term prediction of temperature in buildings. Building simulation, ISSN 1996-3599, 2019, str. 1-17, ilustr. [COBISS.SI-ID 16588315]

POREDOŠ, Primož, TOMC, Urban, PETELIN, Nada, VIDRIH, Boris, FLISAR, Uroš, **KITANOVSKI, Andrej**. Numerical and experimental investigation of the energy and exergy performance of solar thermal, photovoltaic and photovoltaic-thermal modules based on roll-bond heat exchangers. Energy conversion and management, ISSN 0196-8904,2020, vol. 210, str. 1-21, ilustr.[COBISS.SI-ID 17080603]

POTOČNIK, Primož, VIDRIH, Boris, **KITANOVSKI, Andrej**, GOVEKAR, Edvard. Optimizacija in adaptivna regulacija vremensko vodenega ogrevanja. V: Akademija strojništva 2018 : povezovanje in mreženje, 7. mednarodna konferenca strojnih inženirjev 2018, Ljubljana, Cankarjev dom, 25. oktober 2018, (Svet strojništva, ISSN 1855-6493, Letn. 7, št. 3/4). Ljubljana: Zveza strojnih inženirjev Slovenije. 2018, letn. 7, št. 3/4, str. 71, ilustr. http://www.zveza-zsis.si/2018/10/25/svet-strojnistva-akademija-strojnistva-2018/. [COBISS.SI-ID 16353051]

POREDOŠ, Primož, **KITANOVSKI, Andrej**, ŠUKLJE, Tomaž, ARKAR, Ciril, MEDVED, Sašo. Design and experimental-based thermal characterization of heat exchangers made of wavy tubes. 28th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Pau, France. Pau: Université de Pau et des Pays de l'Adour. 2015, datoteka 51120 (f. 1-

10).[COBISS.SI-ID 14114331]

KITANOVSKI, Andrej, JELENC, Blaž, PLAZNIK, Uroš, POREDOŠ, Alojz. Razvoj selektivnega fotonapetostnega toplotnega sprejemnika sončne energije s selekcijo sevalnega spektra : končno poročilo. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2015. 70 f. [COBISS.SI-ID 13900315]