UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Vzdrževanje letal
Course title:	AIRCRAFT MAINTENANCE
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Prometni pilot letala/helikopterja (smer)	2. letnik	1. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Snovanje in vzdrževanje letal (smer)	2. letnik	1. semester

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0563988
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3077-V

Predavanja	**Seminar**	**Vaje**	**Klinične vaje**	**Druge oblike študija**	**Samostojno delo**	**ECTS**
30		30			40	4

Nosilec predmeta/Lecturer:	Franc Majdič, Marko Polajnar, Mitjan Kalin
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.	ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Temeljni pojmi povezani z vzdrževanjem: - Delovno sredstvo, - Standard SIST EN 13306, - 3-je stebri vpliva na delovanje delovnega sredstva, - Zanesljivost, vzdrževalnost, razpoložljivost & modeli okvar, - Delitev tehnologij, - Strategije vzdrževanja.	1. Basic terms related to maintenance: - Asset, - Standard SIST EN 13306, - 3 pillars of influence for the asset performance, - Reliability, maintainability, availability & failure patterns, - Divison of maintenance technologies, - Maintenance strategies.

2. Predpisi in zakonodajni okvir:
- Letalske agencije CAA, EASA, FAR in njihove pristojnosti pri vzdrževanju letal,
- Slovenski Zakon o letalstvu in sestava agencije CAA, EASA in Skupne Evropske uredbe glede vzdrževanja,
- Stalna plovnost,
- Pridobitev licenc za vzdrževanje letal in dokumenti o vzdrževanju.
3. Značilnosti in postopki vzdrževanja letal:
- Vzdrževanje osredotočeno na zanesljivost,
- "Soft-time" in "hard-time" koncept,
- Linijsko vzdrževanje,
- Bazno vzdrževanje.
4. Korozija in čiščenje letal:
- Vrste korozij na letalu in značilnosti, zaznavanje/pregled,
- preprečevanje, odstranjevanje,
- Korozijska področja na letalu,
- Čiščenje letal.
5. Pregled letal – ostali postopki:
- Vizualni nadzor,
- Uporaba neporušnih metod,
- Pregledi ostalih sklopov: pnevmatike, klima, staranje letala.
6. Metode za iskanje vzroka okvar:
- Izvedba analize vzroka okvar,
- Orodja za analizo glavnega vzroka,
- 6 sigma in orodja za kvaliteto.
7. Principi delovanja hidravlike in hidravlične kapljevine v letalstvu:
- Hidravlični pojmi, medsebojne relacije ,
- Naloge in namen uporabe hidravlične kapljevine,
- Vrste hidravličnih kapljevin s poudarkom na fosfatnih estrih (letalstvo),
- Postopek dela s fosfatnimi estri, varnostni ukrepi, ...).
8. Delitev hidravličnih sestavin v letalstvu, rezervoarji, filtri:
- Primarne in sekundarne sestavine,
- Krmiljene in ostale sestavine,
- Linijski in integralni rezervoarji z nadtlakom,
- Hidravlični rezervoarji za helikopterje,
- Hidravlični filtri in izmenjevalniki toplote.
9. Hidravlične črpalke v letalstvu, principi delovanja, vzdrževanje, itn.:
- Ročne črpalke,
- Zobniške črpalke,
- Lamelne črpalke,
- Gerotor črpalke,
- Več-batne črpalke,
- Linijske črpalke s spremenljivo iztisnino,
- Razbremenitev črpalke,
- Zračne turbine,
- Diagnostika črpalk in vzdrževanje.
10. Tlačni krmilni ventili in hidravlični akumulatorji,

2. Regulations and legislation frame:
- Aviation agencies CAA, EASA, FAR and their jurisditction at aircraft maintenance,
- The Slovenian aviation act and compositon of CAA, EASA and Joint European Regulation on maintenance,
- Airworthness,
- Licenses for aircraft maintainance and maintenance documentation
3. Specifics and procedures in aircraft maintenance:
- Reliability-centered maintenance,
- Soft-time in hard-time concept,
- Line maintenance,
- Base maintenance.
4. Corrosion and aircraft cleaning:
- Types of corrosion on aircraft, features, detection/inspection,
- Prevention, removal,
- Corrosion prone areas on aircraft,
- Aircraft cleaning.
5. Aircraft inspection – other procedures:
- Visual inspection,
- Non-destructive methods,
- Inspection of other components: tyres, air-conditioning, ageing of aircraft
6. Methods for detecting failure root causes:
- Performing feilure root cause analysis,
- Tools for failure root cause analysis,
- 6 sigma in quality tools.
7. Basic principles of fluid power and hydraulic fluids in aircraft:
- Hydraulics concepts, mutual relations,
- Tasks and purpose of using hydraulci fluid,
- Types of hydraulic fluids with a focus on phosphate esters,
- Phosphate ester handling and preucations.

8. Groups of hydraulic components in aircrafts, tanks, filters:
- Primary and secondary components,
- Controlled and non-controlled components,
- Line and integral overpressure tanks,
- Helicopter hydraulic tanks,
- Hydraulic filters and heat exchangers.

9. Aviation hydraulic pumps, operating principles, maintenance, etc.:
- Manual pumps,
- Gear Pumps,
- Vane pumps,
- Gerotor pumps,
- Multi-piston pumps,
- Variable displacement line pumps,
- Pump unloading,
- Air turbines,

principi delovanja, vzdrževanje, itn.: - Tlačna stikala, - Tlačni regulatorji, tlačni reducirni ventili, - Omejilni – varnostni ventili, - Temperaturni – omejilni varnostni ventili, - Membranski akumulatorji, akumulatorji z mehom, batni akumulatorji, - Vzdrževanje hidravličnih akumulatorjev, - Odstranjevanje in namestitev akumulatorjev. 11. Hidravlični potni in samo-delujoči ventili, principi delovanja, vzdrževanje, itn.: - Zasučni ventili, sedežni ventili, - Batni ventili, odprtotočni ventili, - Elektrohidravlično servo krmiljenje, - Dušilke in zaslonke, - Protipovratni ventili, protipovratni ventil z zaslonko, povratno-dušilni ventili, - Hidravlično varovanje, zaporednostni ventili, - Izbirni (ali) ventili, - Prioritetni ventili, - Tokovni delilniki. 12. Hidravlične izvršilne sestavine in tesnjenje, principi delovanja, vzdrževanje, itn.: - Hidravlični valji, - Hidravlični valji z notranjim zaklepom, - Servo hidravlični valji, - Hidravlični motorji, - Tesnila in tesnilni paketi. 13. Hidravlični sistemi v letalih, principi delovanja, vzdrževanje, itn.: - Odprto in zaprto- točni hidravlični sistemi, - Hidravlični sistem za Boeing 777 Airliner, - Hidravlični sistem za Airbus 380, - Hidravlični sistem helikopterja Bell 214ST. 14. Pnevmatični sistemi v letalih, principi delovanja, vzdrževanje, itn.: - Opis pnevmatskega sistema, - Izvor komprimiranega zraka, tlačna posoda, - Nadzor vlage, filtri, - Tlačni krmilni ventili, tokovni ventili, - Ostale sistemske sestavine, pnevmatični krmilni blok, primarno tlačno zaznavalo, - Osnovni polnilni ventil, varnostni priključek. 15. Pomembni napotki za vzdrževanje letalskih hidravličnih sistemov: - Servisna popravila, - Izpiranje hidravličnih sistemov, - Servisni pregledi, - Odkrivanje napak in vzdrževanje.	- Pump diagnostics and maintenance. 10. Pressure control valves and hydraulic accumulators, principles of operation, maintenance, etc .: - Pressure switches, - Pressure regulators, pressure reducing valves, - Safety valves - relief valves, - Temperature-limiting relief valves, - Diaphragm accumulators, bellows accumulators, piston accumulators, - Hydraulic accumulator maintenance, - Removal and installation of hydraulic accumulators 11. Directional control and self-acting valves, operating principles, maintenance, etc .: - Rotary valves, seat valves, - Spool valves, open circuit valves, - Electro-hydraulic power control, - Hydraulic throttle and noozle valves, - Check valves, check valves with nozle, check valve with throttle valve, - Hydraulic protection, sequence valves, - Shuttle hydraulic valves, - Priority valves, - Hydraulic flow dividers. 12. Hydraulic actuators and seals, operating principles, maintenance, etc .: - Hydraulic cylinders, - Hydraulic cylinders with internal lock, - Servo hydraulic cylinders, - Hydraulic motors, - Seals and sealing packages. 13. Hydraulic systems in aircraft, operating principles, maintenance, etc .: - Open and closed-loop hydraulic systems, - Hydraulic system for Boeing 777 Airliner, - Hydraulic system for Airbus 380, - Bell 214ST helicopter hydraulic system. 14. Pneumatic airplane systems, operating principles, maintenance, etc .: - Description of the pneumatic system, - Source of compressed air, pressure vessel, - Moisture control, filters, - Pressure control valves, flow valves, - Other system components, pneumatic control block, primary pressure sensor, - Basic filling valve, safety connection. 15. Important notes for the maintenance of aviation hydraulic systems: - Service repairs, - Hydraulic system flushing, - Service inspections,

	- Error detection and maintenance

Temeljna literatura in viri/Readings:

Harry A. Kinnison, Tariq Siddiqui, Aviation Maintenance Management, McGraw-Hill, 2013

Introduction to Aircraft Maintenance, Avotek, 2012

Michael J. Kroes, William A. Watkins, Frank Delp, Ronald Sterkenburg, Aircraft Maintenance & Repair, McGraw-Hill, 2013

D. Findeisen, S. Helduser, Ölhydraulik: Handbuch der hydraulischen Antriebe und Steuerungen, 6. Auflage, Springer Verlag, 2015

B. Casey, Insider secrets to hydraulics, Hydraulics supermarket, 2002.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: Spoznati veljavno domačo in evropsko zakonodajo, ki ureja stalno plovnost in vzdrževanje letal Spoznati tehnike za iskanje vzrokov okvar Spoznati obliko poročil in način podajanja ugotovitev za letalske nesreče kot posledice nepravilnega vzdrževanja. Spoznati vzdrževanje hidravličnih sistemov na letalih Spoznati osnovno angleško terminologijo povezano z vzdrževanjem letal. Kompetence: P8-PAP: Sposobnost izvajanja vzdrževanja letal in zagotavljanja stalne plovnosti v skladu z veljavno zakonodajo in predpisi. S11-PAP: Sposobnost analize in iskanja vzrokov okvar. S5-PAP + P6-PAP: Sposobnost kritične presoje poročil o letalskih nesrečah zaradi nepravilnega vzdrževanja in celovita predstavitev. S1-PAP: Sposobnost organizacije in vodenja vzdrževanja na hidravličnih sistemih na letalih. S14-PAP: Sposobnost komunikacije in uporabe glavnih angleških terminov v povezavi z vzdrževanjem letal.	Goals: Learn about current domestic and European legislation about airworthness and aircraft maintenance Learn techniques for root cause analysis Learn the format of the official reports and how to report main findings for air accidents as a result of improper maintenance. Learn about maintenance of hydraulic systems on aircraft Learn basic English terminology about aircraft maintenance Competences: P8-PAP: Ability to perform aircraft maintenance and ensure continued airworthiness in accordance with applicable legislation and regulations. S11-PAP: Ability of performing root cause analysis. S5-PAP + P6-PAP: Ability of critical appraisal of official reports about air accidents due to improper maintenance. S1-PAP: Ability to organize and manage maintenance on hydraulic systems on aircraft. S14-PAP: Ability of communication and usage main English terminology related to aircraft maintenance.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanja: Z1: Poglobljeno poznavanje vzdrževanja letal s specifikami posameznih letalskih sistemov, vključno z veljavno zakonodajo in predpisi. Spretnosti:	Knowledge: Z1: In-depth knowledge of aircraft maintenance along with specifics of certain aircraft systems, including current legislation and regulations. Skills:

S1.1: Priprava načrtov vzdrževalnih posegov na hidravličnih sistemih na letalih. S1.2: Poznavanje okvira in omejitev glede vzdrževanja letal. S1.3: Iskanje glavnega vzroka okvare in izvedba ustreznih korektivnih ukrepov. S1.4: Sposobnost predlaganja in uvedbe novih rešitev na področju vzdrževanja letal znotraj obstoječega zakonodajnega okvira.	S1.1: Preparation of maintenance plans for aircraft hydraulic systems. S1.2: Knowledge of aircraft maintenance framework and limitations. S1.3: Identify the root cause of the failure and take appropriate corrective action. S1.4: Ability to propose and introduce new aircraft maintenance solutions within current legislation frame.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
1. P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki. 2. P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki: - hidravlična preizkuševališča in , - diagnostična oprema za meritve hidravličnih parametrov na letalu: tlak, pretok, temperatura, vlaga, čistoča, ...). 3. P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki e-verzije predstavitve predavanj . 4. P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog. 5. P9 Skupinsko delo (študije primerov, predstavitev in razprava o prebranem).	1. P2 Dealing with the learning material in an orderly and pre-explained systematic manner. 2. P4 Laboratory tutorials with dedicated teaching aids: - hydraulic test facilities and - diagnostic equipment for measuring hydraulic parameters on aircraft: pressure, flow, temperature, humidity, cleanliness, viscosity, dielectric constant, ...). 3. P5 Use of study materials in the form of an e-version of the lecture presentation. 4. P8 Making and presentation of applied seminar tasks. 5. P9 Teamwork (case studies, presenation and discussion).

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Teoretična snov (predavanja).	50,00 %	Theory (lectures).
Laboratorijsko delo na vajah (vključno s kolokvijem).	25,00 %	Laboratory tutorials (including tutorial exam).
Seminar.	25,00 %	Project.

Reference nosilca/Lecturer's references:

Mitjan Kalin:

KALIN, Mitjan, VIŽINTIN, Jože, VERCAMMEN, K., BARRIGA, J., ARNŠEK, Aleš. The lubrication of DLC coatings with mineral and biodegradable oils having different polar and saturation characteristics. Surface & coatings technology, ISSN 0257-8972. [Print ed.], 2006, letn. 200, št. 14/15, str. 4515-4522. http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2005.03.016. [COBISS.SI-ID 9063451]

MAJDIČ, Franc, **KALIN, Mitjan**. Characteristics of the stationary behaviour of water- and oil-based power-control hydraulics. Mechanika, ISSN 1392-1207, 2014, vol. 20, no. 3, str. 274-281, ilustr., doi: 10.5755/j01.mech.20.3.5301. [COBISS.SI-ID 13537563]

KOGOVŠEK, Janez, **KALIN, Mitjan**. Lubrication performance of graphene-containing oil on steel and DLC-coated surfaces. Tribology international, ISSN 0301-679X. [Print ed.], Oct. 2019, vol. 138, str. 59-67, ilustr. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301679X19302853?via%3Dihub, doi: 10.1016/j.triboint.2019.05.026. [COBISS.SI-ID 16748827]

KALIN, Mitjan, BRODNIK ŽUGELJ, Blaž, RANT, Andraž, MOČNIK, Aljoša. Methodology for evaluation of tribological

mechanisms and quality of sliding bearings. V: GOLOBIČ, Iztok (ur.), CIMERMAN, Franc (ur.). Engineering - development and innovations for new employments 2014 : proceedings of the 4th AMES International Conference, Ljubljana, Slovenia, October 23th, 2014. 1st ed. Ljubljana: Association of Mechanical Engineers of Slovenia - AMES. 2015, str. 117-124, ilustr. [COBISS.SI-ID 14133275]

POLAJNAR, Marko, BRODNIK ŽUGELJ, Blaž, KOGOVŠEK, Janez, **KALIN, Mitjan**. Analiza poškodbe spodnjega vodilnega radialnega segmentnega ležaja v ČHE Avče. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo, 2017. 77 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 15696923]

Franc Majdič:

MAJDIČ, Franc, KALIN, Mitjan. Test rig and comparison of pressure changes at transient phenomena in water- and oil-based power-comtrol hydraulics. Journal of vibroengineering, ISSN 1392-8716, Feb. 2014, vol. 16, iss. 1, str. 401-411, A3, SCI

STRMČNIK, Ervin, **MAJDIČ, Franc**. Comparison of leakage level in water and oil hydraulics. Advances in mechanical engineering, ISSN 1687-8140, 2017, vol. 9, no. 11, str. 1-12, A4, SCI

MAJDIČ, Franc, PEZDIRNIK, Jože. Notranje puščanje sestavin in sistemov pogonsko - krmilne hidravlike (PKH). Vzdrževalec : revija Društva vzdrževalcev Slovenije, ISSN 1318-2625, dec. 2014, št. 162, str. 50-55, feb./apr. 2015, št. 163, str. 37-42, jun./avg. 2015, št. 165/166, str. 52-57, strokovni članek

MAJDIČ, Franc, PEZDIRNIK, Jože. Hidravlični akumulator (HA) : kot dodatni vir hidravlične tlačne energije, uporabljen pri napravah z neenakomerno porabo v sistemih pogonsko-krmilne hidravlike (PKH). Vzdrževalec : revija Društva vzdrževalcev Slovenije, ISSN 1318-2625, feb./apr. 2016, št. 169/170, str. 53-59, ilustr., jun./avg. 2016, št. 171/172, str. 52-56, strokovni članek

MAJDIČ, Franc. Vzdrževanje hidravličnih naprav. Ventil : revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, ISSN 1318-7279. [Tiskana izd.], 2018, letn. 24, št. 4, str. 316-318, ilustr., dec. 2018, letn. 24, št. 6, str. 478-483, ilustr., feb. 2019, letn. 25, št. 1, str. 54-58, ilustr., jun. 2019, letn. 25, št. 3, str. 224-227, ilustr., avg. 2019, letn. 25, št. 4, str. 298-300, strokovni članek

Marko Polajnar:

POLAJNAR, Marko, KALIN, Mitjan, THORBJORNSSON, Ingólfur, THORGRIMSSON, Jon Thor, VALLE, Nathalie, BOTOR-PROBIERZ, Agnieszka. Friction and wear performance of functionally graded ductile iron for brake pads. Wear. [Print ed.]. 2017, vol. 382-383, str. 85-94, ilustr. ISSN 0043-1648.

POLAJNAR, Marko, KALIN, Mitjan. Effect of the slide-to-roll ratio and the contact kinematics on the elastohydrodynamic friction in diamond-like-carbon contacts with different wetting behaviours. Tribology letters. Oct. 2015, vol. 60, iss. 1, str. 1-10, ilustr. ISSN 1023-8883.

KALIN, Mitjan, **POLAJNAR, Marko**. The wetting of steel, DLC coatings, ceramics and polymers with oilsand water : the importance and correlations of surface energy, surfacetension, contact angle and spreading. Applied Surface Science. [Print ed.]. Feb. 2014, vol. 293, str. 97-108, ilustr. ISSN 0169-4332.

KALIN, Mitjan, **POLAJNAR, Marko**. Preskus obrabne odpornosti masti. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo, 2017. 3 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 15233051]

POLAJNAR, Marko, KALIN, Mitjan, THIÉBAUT, Benoît, JARNIAS, Frederic. Role of lubricant and test temperature for EHD friction reduction by employing DLC coatings. V: DÖRR, Nicole (ur.), KALIN, Mitjan (ur.). ECOTRIB 2019 : book of abstracts. 7th European Conference on Tribology with the special event MaTri ’19, 4th Austria-India-Symposium on Materials Engineering and Tribology, Wien, Austria, 12-14 June 2019. Wiener Neustadt: Österreichische Tribologische Gesellshaft, [2019]. Str. 51, ilustr. ISBN 978-3-901657-60-3. [COBISS.SI-ID 16682779]