

## DIDATTICA EROGATA 2025/2026

### Ingegneria meccanica per le risorse marine (LM-33)

Dipartimento: INGEGNERIA INDUSTRIALE, ELETTRONICA E MECCANICA

Codice CdS: 108665

#### INSEGNAMENTI

##### Primo anno

##### Primo semestre

**20840040 - CONTROLLI AUTOMATICI PER APPLICAZIONI OFFSHORE** ( - ING-INF/04 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PASCUCCI FEDERICA	48	Affidamento di incarico retribuito	

**20810269 - FLUIDODINAMICA AVANZATA MODULO I - FONDAMENTI DI FLUIDODINAMICA NUMERICA** ( - ING-IND/06 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DI MARCO ALESSANDRO	24	Affidamento di incarico retribuito	
DI MARCO ALESSANDRO	24	Carico didattico	

**20810269 - FLUIDODINAMICA AVANZATA MODULO II - APPLICAZIONI DI FLUIDODINAMICA NUMERICA** ( - ING-IND/06 - 3 CFU - 24 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
COLICCHIO GIUSEPPINA	24	Affidamento in convenzione	

**20810272 - INGEGNERIA OFFSHORE E DELLE STRUTTURE MARINE MODULO I - STRUTTURE OFFSHORE** ( - ICAR/09 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PAOLACCI FABRIZIO	27	Affidamento di incarico retribuito	
PAOLACCI FABRIZIO	21	Carico didattico	

**20810188 - MACCHINE** ( - ING-IND/08 - 8 CFU - 64 ore - ITA )

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SALVINI CORIOLANO	40	Affidamento di incarico retribuito	
ROMANI JACOPO	24	Affidamento a titolo gratuito	

**20810271 - MECCANICA DEI ROBOT SOTTOMARINI ( - ING-IND/13 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BELFIORE NICOLA PIO	72	Affidamento di incarico retribuito	

**20810185 - TECNOLOGIA DEI MATERIALI PER COSTRUZIONI OFFSHORE ( - ING-IND/22 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LANZARA GIULIA	42	Carico didattico	
LANZARA GIULIA	6	Affidamento a titolo gratuito	

**Secondo semestre**

**20840040 - AZIONAMENTI ELETTRICI MARINI ( - ING-IND/32 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DI BENEDETTO MARCO	30	Affidamento di incarico retribuito	
DI BENEDETTO MARCO	18	Carico didattico	

**20810272 - INGEGNERIA OFFSHORE E DELLE STRUTTURE MARINE MODULO II - COSTRUZIONI MECCANICHE ( - ING-IND/14 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GIORGETTI ALESSANDRO	48	Carico didattico	

**20810194 - MOTORI TERMICI VOLUMETRICI E TURBOGAS ( - ING-IND/08 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CHIAVOLA ORNELLA	48	Affidamento di incarico retribuito	

**20810190 - TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO REMOTO OFFSHORE ( - ING-INF/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

*Curricula: Curriculum unico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MONTI ALESSIO	48	Carico didattico	

**Secondo anno**

**Primo semestre**

**20810270 - SISTEMI DI PRODUZIONE - MODULO I ( - ING-IND/17 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAPUTO ANTONIO CASIMIRO	48	Carico didattico	

**20810271 - MECCANICA DEI ROBOT SOTTOMARINI ( - ING-IND/13 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
------------	-----	---------------	--------

**20810557 - METODI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI OFFSHORE- MODELLAZIONE NUMERICA ( - ING-IND/15 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CICCONI PAOLO	30	Affidamento di incarico retribuito	
CICCONI PAOLO	18	Carico didattico	

**20810182 - MISURE MARINE ( - ING-IND/12 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SCORZA ANDREA	56	Carico didattico	
FIORI GIORGIA	16	Carico didattico	

**Secondo semestre**

**20810274 - MODULO I - PROGETTAZIONE DI TURBINE EOLICHE ( - ING-IND/04 - 5 CFU - 40 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SERAFINI JACOPO	24	Carico didattico	
SERAFINI JACOPO	16	Affidamento di incarico retribuito	

**20810274 - MODULO II - TECNOLOGIE E SISTEMI ENERGETICI ( - ING-IND/09 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CHIAVOLA ORNELLA	48	Carico didattico	

**20810274 - MODULO III - CONVERSIONE DELLA POTENZA ELETTRICA ( - ING-IND/32 - 5 CFU - 40 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LIDOZZI ALESSANDRO	40	Affidamento di incarico retribuito	

**20810270 - IMPIANTI OFFSHORE - MODULO II ( - ING-IND/17 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
Da assegnare	48	Bando	

**20810271 - MECCANICA DEI ROBOT SOTTOMARINI ( - ING-IND/13 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
------------	-----	---------------	--------

**20810557 - METODI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI OFFSHORE- MODELLAZIONE NUMERICA ( - ING-IND/15 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Curriculum unico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CICCONI PAOLO	30	Affidamento di incarico retribuito	
CICCONI PAOLO	18	Carico didattico	

**INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA**

Nominativo	Tot.Ore	Tipo incarico	Ore	Attività didattica
BELFIORE NICOLA PIO	72	Affidamento di incarico retribuito	72	20810271 - MECCANICA DEI ROBOT SOTTOMARINI
		Affidamento di incarico retribuito	72	20810271 - MECCANICA DEI ROBOT SOTTOMARINI
		Affidamento di incarico retribuito	72	20810271 - MECCANICA DEI ROBOT SOTTOMARINI
CAPUTO ANTONIO CASIMIRO	48	Carico didattico	48	20810270 - IMPIANTI OFFSHORE E SISTEMI DI PRODUZIONE
CHIAVOLA ORNELLA	96	Carico didattico	48	20810274 - ENERGIE RINNOVABILI MARINE
		Affidamento di incarico retribuito	48	20810194 - MOTORI TERMICI VOLUMETRICI E TURBOGAS
CICCONI PAOLO	48	Carico didattico	18	20810557 - METODI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI OFFSHORE- MODELLAZIONE NUMERICA
		Affidamento di incarico retribuito	30	20810557 - METODI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI OFFSHORE- MODELLAZIONE NUMERICA
		Carico didattico	18	20810557 - METODI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI OFFSHORE- MODELLAZIONE NUMERICA
		Affidamento di incarico retribuito	30	20810557 - METODI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI OFFSHORE- MODELLAZIONE NUMERICA
COLICCHIO GIUSEPPINA	24	Affidamento in convenzione	24	20810269 - FLUIDODINAMICA AVANZATA
DI BENEDETTO MARCO	48	Carico didattico	18	20840040 - AUTOMAZIONE INDUSTRIALE MARINA
		Affidamento di incarico retribuito	30	20840040 - AUTOMAZIONE INDUSTRIALE MARINA
DI MARCO ALESSANDRO	48	Carico didattico	24	20810269 - FLUIDODINAMICA AVANZATA
		Affidamento di incarico retribuito	24	20810269 - FLUIDODINAMICA AVANZATA
FIORI GIORGIA	16	Carico didattico	16	20810182 - MISURE MARINE
GIORGETTI ALESSANDRO	48	Carico didattico	48	20810272 - INGEGNERIA OFFSHORE E DELLE STRUTTURE MARINE
LANZARA GIULIA	48	Carico didattico	42	20810185 - TECNOLOGIA DEI MATERIALI PER COSTRUZIONI OFFSHORE
		Affidamento a titolo gratuito	6	20810185 - TECNOLOGIA DEI MATERIALI PER COSTRUZIONI OFFSHORE
LIDOZZI ALESSANDRO	40	Affidamento di incarico retribuito	40	20810274 - ENERGIE RINNOVABILI MARINE
MONTI ALESSIO	48	Carico didattico	48	20810190 - TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO REMOTO OFFSHORE
PAOLACCI FABRIZIO	48	Carico didattico	21	20810272 - INGEGNERIA OFFSHORE E DELLE STRUTTURE MARINE
		Affidamento di incarico retribuito	27	20810272 - INGEGNERIA OFFSHORE E DELLE STRUTTURE MARINE
PASCUCCI FEDERICA	48	Affidamento di incarico retribuito	48	20840040 - AUTOMAZIONE INDUSTRIALE MARINA
ROMANI JACOPO	24	Affidamento a titolo gratuito	24	20810188 - MACCHINE
SALVINI CORIOLANO	40	Affidamento di incarico retribuito	40	20810188 - MACCHINE
SCORZA ANDREA	56	Carico didattico	56	20810182 - MISURE MARINE
SERAFINI JACOPO	40	Carico didattico	24	20810274 - ENERGIE RINNOVABILI MARINE
		Affidamento di incarico retribuito	16	20810274 - ENERGIE RINNOVABILI MARINE
DOCENTE NON DEFINITO	48	Bando	48	20810270 - IMPIANTI OFFSHORE E SISTEMI DI PRODUZIONE
<b>Totale ore</b>	<b>888</b>			

## CONTENUTI DIDATTICI

### 20840040 - AUTOMAZIONE INDUSTRIALE MARINA

( *CONTROLLI AUTOMATICI PER APPLICAZIONI OFFSHORE* )

**Docente:** PASCUCCI FEDERICA

#### Italiano

##### Prerequisiti

Conoscenze di base di analisi matematica, algebra lineare e fisica

##### Programma

Analisi dei sistemi lineari Sistemi dinamici lineari e stazionari. Rappresentazioni ingresso-uscita e ingresso-stato-uscita. Evoluzione libera: matrice di transizione dello stato, modi naturali. Stabilità asintotica. Evoluzione forzata: risposta impulsiva, funzione di trasferimento. Relazioni tra autovalori e poli. Regime permanente e risposta armonica. Sistemi in retroazione. Sintesi di controlli automatici per sistemi lineari Il controllo automatico a retroazione: esempi, struttura e proprietà fondamentali. Precisione di risposta: tipo del sistema e relative condizioni. Limitazioni sull'errore a regime permanente. Reiezione dei disturbi: astatismo e relative condizioni. Attenuazione dei disturbi. Specifiche sulla risposta transitoria e legami con la risposta armonica ad anello aperto. Progetto nel dominio della frequenza: funzioni compensatrici elementari; sintesi delle funzioni compensatrici mediante rappresentazioni grafiche della risposta in frequenza. Progetto nel dominio del tempo: proprietà strutturali (raggiungibilità e osservabilità); assegnazione degli autovalori e stabilizzazione mediante retroazione dallo stato; osservatore asintotico o rilevatore dello stato; assegnazione degli autovalori e stabilizzazione mediante retroazione dall'uscita. Regolatori industriali PID Studio e applicazioni delle tecniche di sintesi studiate al controllo di strutture offshore. Progettazione e simulazione di controllori mediante MATLAB/Control System Toolbox e Simulink.

##### Testi

Paolo Bolzern, Riccardo Scattolini, Nicola Schiavoni, "FONDAMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI 4/ED", Mc Graw Hill

##### Bibliografia di riferimento

J.C. Doyle, B.A. Francis, A.R.Tannenbaum: "Feedback Control Theory", Maxwell MacMillan. G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini: "Feedback Control of Dynamic Dystems", Addison-Wesley. B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, "Robotics, Robotics. Modeling, Planning and Control", Springer.

##### Modalità erogazione

Testi da definire

##### Modalità di valutazione

La valutazione prevederà una prova intermedia ed, eventualmente, un lavoro progettuale oppure una prova orale e un lavoro progettuale

#### English

##### Prerequisites

Before attending classes in the Automation and Control Engineering MSc. Programme, it is advisable that the students have a satisfactory background in: calculus, linear algebra, and physics

##### Programme

Continuous-time linear dynamical systems. Input-output and input-state-output realisations. Natural response: state transition matrix, natural modes. Asymptotic stability. Forced response: impulse response, transfer function. Relation between poles and eigenvalues. Transient and Steady state response. Frequency response. Feedback systems. Closed loop systems: examples, structure and main properties. System types and steady state error. Disturbance rejection: constant and sinusoidal signals. Specifications; steady-state and transient; frequency domain characterisation. Loop shaping in frequency domain: choice of the elementary functions. Loop shaping in time domain: controllable and observable system; rank test; eigenvalue assignment via state feedback; observability and observer design. PID Examples of control systems applied to off-shore platforms. Controller design and system simulation via MATLAB/Control System Toolbox e Simulink.

##### Reference books

J.C. Doyle, B.A. Francis, A.R.Tannenbaum: "Feedback Control Theory", Maxwell MacMillan.

##### Reference bibliography

G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini: "Feedback Control of Dynamic Dystems", Addison-Wesley. B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, "Robotics, Robotics. Modeling, Planning and Control", Springer.

##### Study modes

-

##### Exam modes

-

### 20810274 - ENERGIE RINNOVABILI MARINE

( *MODULO II - TECNOLOGIE E SISTEMI ENERGETICI* )

**Docente:** CHIAVOLA ORNELLA

#### Italiano

## Prerequisiti

Sebbene non siano necessari specifici prerequisiti, gli studenti devono aver acquisito le conoscenze di base preliminari alla comprensione degli argomenti trattati.

## Programma

Analisi delle diverse fonti energetiche di interesse nell'ambito dell'ambiente marino: valutazione della disponibilità delle fonti, descrizione ed analisi dei diversi sistemi di captazione e relativi impianti. Energia eolica: stima della disponibilità della risorsa, tipologie di macchine disponibili, principio di estrazione del lavoro, prestazioni, problemi tecnologici e di installazione, impatto ambientale. Energia dal moto ondoso. sistemi a colonna d'acqua oscillante, sistemi a corpo oscillante, sistemi overtopping. Macchine e dispositivi per la produzione di potenza: stato dell'arte e linee di sviluppo. Energia dalle maree: sistemi a sbarramento: impianti a singolo bacino e a doppio bacino, caratteristiche del macchinario utilizzato, stato dell'arte e sviluppi futuri. Turbine per correnti di marea: tipologie sviluppate, stato dell'arte, linee di sviluppo. Energia termica (OTEC): sistemi a ciclo chiuso, aperto ed ibrido. Cicli termodinamici di riferimento e fluidi di lavoro. Stato dell'arte e linee di sviluppo. Energia osmotica: sistemi basati su processi PRO (Pressure-Retarded Osmosis), stato dell'arte e prospettive future. Biomasse: biocombustibili dal mare.

## Testi

Domenico Coiro; Tonio Sant, "Renewable Energy from the Oceans: From wave, tidal and gradient systems to offshore wind and solar", IET Digital Library, 2019 Simon Neill, M Reza Hashem, "Fundamentals of Ocean Renewable Energy", Elsevier Academic Press, 2018 Bernard Multon, "Marine Renewable Energy Handbook", Wiley-ISTE, 2013 Daniele Cocco, Pierpaolo Puddu, "Tecnologie delle energie rinnovabili", libreria universitaria.it, 2022

## Bibliografia di riferimento

Testi da definire

## Modalità erogazione

La didattica è organizzata con lezioni frontali. Alcune lezioni sono dedicate ad approfondimenti pratici di quanto appreso durante le lezioni teoriche, tramite esercitazioni guidate dal docente.

## Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale in cui vengono proposte domande finalizzate a verificare la comprensione dei concetti e la capacità dello studente di applicarli a contesti reali.

## English

### Prerequisites

Although specific prerequisites are not necessary, students must have acquired basic knowledge prior to understanding the topics covered.

### Programme

Analysis of marine renewable energy sources: description, availability, analysis of power collection systems. Wind energy: resource availability assessment, types of available machines, power production principles, performance evaluation, technical and installation issues, environmental impact. Wave energy: oscillating water column systems, oscillating body systems, overtopping systems. Machines and other devices for power production: state of the art and future developments. Tidal energy. Barrage based systems with single and double basin, types of available machines. Tidal current technologies: types of turbine, available technologies and future developments. Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC): closed cycle systems, open systems, hybrid systems. Reference thermodynamic cycles and working fluids. State of the art and future development. Osmotic Energy: Pressure-Retarded Osmosis (PRO) based systems, state of the art and expected development. Biofuel from marine biomass.

### Reference books

Domenico Coiro; Tonio Sant, "Renewable Energy from the Oceans: From wave, tidal and gradient systems to offshore wind and solar", IET Digital Library, 2019 Simon Neill, M Reza Hashem, "Fundamentals of Ocean Renewable Energy", Elsevier Academic Press, 2018 Bernard Multon, "Marine Renewable Energy Handbook", Wiley-ISTE, 2013 Daniele Cocco, Pierpaolo Puddu, "Tecnologie delle energie rinnovabili", S.G.E., 2016

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810274 - ENERGIE RINNOVABILI MARINE

( MODULO III - CONVERSIONE DELLA POTENZA ELETTRICA )

**Docente:** LIDOZZI ALESSANDRO

## Italiano

### Prerequisiti

Conoscenza delle applicazioni industriali elettriche, circuiti in corrente alternata e corrente continua. Conoscenza di base degli azionamenti elettrici e delle tecniche di regolazione e controllo.

### Programma

Architetture per la conversione della potenza elettrica nella generazione da fonti rinnovabili marine e relative strategie di regolazione: • eolico off-shore • fotovoltaico off-shore Classificazione e analisi in funzione della potenza generata e dei livelli della tensione elettrica. Trasporto della potenza elettrica da off-shore a on-shore, in corrente alternata e in corrente continua. Modalità di funzionamento in isola e grid-connected. Sistemi per l'energy storage.

### Testi

Testi disponibili gratuitamente tramite sistema SBA di Ateneo a complemento del materiale fornito dal docente.

<https://ingegneria.el.uniroma3.it/> <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=6047595>

<https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=6381785>

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Didattica frontale in aula • Lezioni 32h • Esercitazioni 8h Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. In particolare, si applicheranno le seguenti modalità: lezioni interattive su piattaforma TEAMS. Saranno di ausilio esercitazioni e simulazioni relative agli argomenti che verranno illustrati durante il corso. Le esercitazioni verranno svolte tramite l'impiego di software quali Matlab/Simulink e National Instruments LabVIEW. Sistemi Real-Time di tipo Hardware-In-the-Loop verranno impiegati per approfondire alcuni concetti illustrati durante il corso.

### Modalità di valutazione

L'accertamento finale del profitto verrà effettuato al termine dell'intero corso discutendo gli argomenti illustrati nelle lezioni.

### English

#### Prerequisites

Knowledge of industrial electrical applications, AC current and DC current circuits. Basic knowledge of electrical drives and the related control techniques.

#### Programme

Electric power conversion architectures and related control strategies for marine generating systems from renewable sources: • wind off-shore • photovoltaic off-shore Classification and analysis according to the generated power and electrical voltage levels. AC and DC power lines for electric power transmission from off-shore to on-shore sites. Intentional islanding and grid-connected modes of operation. Energy Storage Systems.

#### Reference books

Books available free of charge through the University SBA system to complement the material provided by the teacher.

<https://ingegneria.el.uniroma3.it/> <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=6047595>

<https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=6381785>

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810274 - ENERGIE RINNOVABILI MARINE

( MODULO I - PROGETTAZIONE DI TURBINE EOLICHE )

Docente: SERAFINI JACOPO

### Italiano

#### Prerequisiti

conoscenza di base di aerodinamica

#### Programma

Elementi di meteorologia: natura del vento, variabilità, turbolenza, eventi estremi Aerodinamica delle turbine eoliche ad asse orizzontale: disco attuatore, teoria del disco rotorico, BEMT, geometria di pala, effetti del numero finito di pale, curve di prestazione Progettazione delle turbine ad asse eolico orizzontale: normativa, progettazione di base, carichi estremi, fatica, dinamica del rotore, dimensionamento di navicella e torre, progettazione concettuale, effetto della gravità, trasmissione, modelli economici, progettazione delle pale e della trasmissione. Controllo: strategie di controllo di potenza, controllo di vibrazioni Installazione e realizzazione di farm, turbine offshore a fondazione fissa e galleggianti

#### Testi

Jenkins, N., Burton, T. L., Bossanyi, E., Sharpe, D., & Graham, M. (2021). Wind energy handbook. John Wiley & Sons.

#### Bibliografia di riferimento

.

#### Modalità erogazione

lezioni frontali

### Modalità di valutazione

discussione del progetto di gruppo esame orale (30 min circa)

### English

#### Prerequisites

fundamentals of aerodynamics

#### Programme

Fundamentals of meteorology: nature of wind, variability, turbulence, extreme events Horizontal axis wind turbine aerodynamics: actuator disc, rotor disc theory, BEMT, blade geometry, finite number of blades effect, performance curves Horizontal axis wind turbine design: regulations, base design, extreme loads, fatigue, rotor dynamics, design of nacelle and tower, conceptual design, gravity effect, gearbox and transmission, economic models, blade design, transmission design. Controls: power controllers, vibration controls Wind turbine installations and farm design, fixed-bottom wind turbine, floating wind-turbine

#### Reference books

Jenkins, N., Burton, T. L., Bossanyi, E., Sharpe, D., & Graham, M. (2021). Wind energy handbook. John Wiley & Sons.

#### Reference bibliography

.

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20810269 - FLUIDODINAMICA AVANZATA

( FLUIDODINAMICA AVANZATA MODULO I - FONDAMENTI DI FLUIDODINAMICA NUMERICA )

**Docente:** DI MARCO ALESSANDRO

### Italiano

#### Prerequisiti

E' importante che gli studenti abbiano già acquisito conoscenze sui fondamenti della fluidodinamica o dell'Idrodinamica.

#### Programma

Richiami di fluidodinamica: equazioni di governo per flussi viscosi e potenziali, forme adimensionali delle equazioni della fluidodinamica, gruppi adimensionali e problemi di similitudine, equazioni nella forma conservativa. Metodi numerici basati sulla teoria potenziale: secondo teorema di Green, funzione di Green di spazio libero, potenziale di sorgente, velocità indotta da un vortice, elementi integrali di contorno, metodo dei pannelli. Cenni sulla generazione della portanza su corpi aerodinamici. Profili alari e loro polari. Il caso di corpi 3D, la resistenza indotta, cenni alla teoria del filetto portante. Elementi di analisi dei segnali: serie e trasformate di Fourier. Elementi di probabilità e statistica: densità di probabilità, momenti statistici, processi stocastici, spettri e correlazioni di segnali non deterministici, formule di Wiener. Elementi di turbolenza: fenomenologia della turbolenza, cascata dell'energia e teoria di Kolmogorov. Approccio RANS: equazioni generali e principali modelli. Cenni alle tecniche LES. Strato limite, metodi integrali e soluzioni simili (soluzioni di Blasius e Falkner-Skan). Strato limite turbolento. Tecniche di discretizzazione e di integrazione: consistenza, accuratezza, convergenza e stabilità, metodi alle differenze finite, volumi finiti, cenni a metodi spettrali ed Elementi Finiti, schemi espliciti, impliciti, Crank-Nicholson, ADI. Esercitazioni pratiche mediante l'utilizzo di un codice industriale.

#### Testi

Il principale materiale didattico dell'insegnamento è costituito dalle dispense realizzate dal docente ed utilizzate durante le lezioni, reperibili dal sito del docente (link comunicato all'inizio del corso).

#### Bibliografia di riferimento

[1] Anderson, J.D.Jr, "Computational Fluid Dynamics – The Basics with Applications", McGraw-Hill, 1995. [2] An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, Henk Kaarle Versteeg, Weeratunge Malalasekera, Pearson Education. [3] Ferziger, J.H. and M. Peri#, "Computational Methods for Fluid Dynamic", Springer, 2002.

#### Modalità erogazione

Il corso si svolge mediante lezioni frontali in aula ed esercitazioni al computer. Il materiale didattico viene messo a disposizione attraverso il sito del docente o tramite la piattaforma Moodle. Il corso viene integrato da seminari tenuti da personale di alto profilo proveniente da industrie o centri di ricerca. Sono previste anche visite didattiche presso centri di ricerca ed aziende dell'area romana operanti nel settore delle tecnologie del mare. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. Per lo svolgimento delle lezioni si prevede la pubblicazione di video-lezioni (mediante la piattaforma Moodle) e l'utilizzo di piattaforme informatiche opportune (ad es. MS Teams o Skype) per supportare lo svolgimento delle lezioni e il ricevimento studenti in modalità telematica.

#### Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una discussione orale. Le date di esame per l'insegnamento seguiranno il calendario di esami del Collegio Didattico di Ingegneria Meccanica. Sarà prevista una data di esame per ogni appello a partire dalla quale saranno rese disponibili altre giornate per sostenere l'esame.

### English

## Prerequisites

Basic background on fluid- or hydro-dynamic.

## Programme

Fundamentals of Fluid Dynamics. Theory of potential flows and Boundary Element method. Basic concepts on the generation of lift for 2D and 3D bodies, the induced drag and the lifting line theory. Basic concepts of signal analysis, probability and statistics. Fundamental of Turbulence and RANS methodologies for CFD. Procedures for the discretization of the governing equations using finite difference and finite volume approach. Applications using an industrial code.

## Reference books

Notes distributed by the teacher.

## Reference bibliography

[1] Anderson, J.D.Jr, "Computational Fluid Dynamics – The Basics with Applications", McGraw-Hill, 1995. [2] An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, Henk Kaarle Versteeg, Weeratunge Malalasekera, Pearson Education. [3] Ferziger, J.H. and M. Perić, "Computational Methods for Fluid Dynamic", Springer, 2002.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810270 - IMPIANTI OFFSHORE E SISTEMI DI PRODUZIONE

( SISTEMI DI PRODUZIONE - MODULO I )

**Docente:** CAPUTO ANTONIO CASIMIRO

## Italiano

### Prerequisiti

Non ci sono prerequisiti fatte salve le conoscenze generali acquisite nei corsi di laurea triennale nella classe L9 Ingegneria industriale.

### Programma

Introduzione ai sistemi di produzione: concetti di processo, impianto industriale, sistema di produzione e azienda industriale. Descrizione delle tipologie di impianti industriali e sistemi di produzione. Criteri di classificazione. Modalità di produzione a magazzino e su commessa. Principali misure di prestazione dei sistemi produttivi. Analisi delle tecniche decisionali. Decisioni singolo criterio e multicriteri, decisioni in ambito deterministico, di rischio ed incertezza. Cenni ai metodi della programmazione lineare ed applicazione alla definizione del mix produttivo ottimale. Classificazione ed analisi dei costi industriali (costi fissi e variabili, costi di investimento ed esercizio, costi diretti ed indiretti, costi unitari, medi, marginali). L'equilibrio economico del sistema di produzione nel medio e lungo periodo. Analisi costi, volumi, profitto; volume di produzione ottimale, punto di pareggio, decisioni make or buy. Le fasi di progettazione di un impianto industriale e lo studio di fattibilità: preventivo tecnico, calcolo del capitale di investimento fisso e di esercizio, stima dei costi e ricavi di esercizio, conto economico previsionale, analisi finanziaria, con enfasi ed applicazioni specifiche per il settore oil & gas (es. stima CAPEX, OPEX, DRILLEX, costi di investimento di piattaforme offshore, impianti sottomarini e pipeline). Analisi di redditività di iniziative industriali (elementi di matematica finanziaria, ammortamenti, flussi di cassa ed indici di valutazione economica: VAN, PBT, TIR, PI). Analisi di sensibilità e del rischio, decisioni in condizioni di incertezza. Durata ottima dei beni strumentali. Scelta tra apparecchiature alternative e decisioni di rinnovo dei macchinari. Tecniche di gestione dei progetti: pianificazione delle attività e rappresentazione mediante diagrammi di Gantt e grafi. Tecniche reticolari: PERT e CPM. Il controllo dei costi di progetto. Analisi delle fasi di sviluppo di un progetto di esplorazione petrolifera e sfruttamento commerciale dei giacimenti. Analisi dei sistemi di produzione oil & gas offshore. a) Tipologie di giacimenti di idrocarburi e loro caratterizzazione. Stima delle dimensioni del giacimento. Meccanismi di spinta e processi di recupero primario, secondario e terziario. Motivi per la riduzione di produttività di un giacimento. b) Caratterizzazione fisica dei fluidi di giacimento (diagrammi di fase, fattori di volume, densità, viscosità, solubilità dei gas nell'olio). c) Tecnologie di perforazione ed estrazione degli idrocarburi (impianti di perforazione ed estrazione, apparecchiature di sicurezza, completamento dei pozzi, curve caratteristiche dei pozzi e del giacimento in regime stazionario, transitorio e pseudostazionario, determinazione del punto di lavoro di un pozzo, effetti dell'acqua di strato, perdite di carico per deflussi monofase e multifase, procedura di dimensionamento delle tubazioni di produzione e analisi nodale, sistemi gas lift, previsione della produttività nel tempo. d) Impianti di perforazione ed estrazione idrocarburi in mare: tipologie e classificazione (piattaforme fisse, galleggianti, impianti sottomarini), e loro componentistica, criteri di scelta.

### Testi

Dispense distribuite dal docente caricate sul sito Moodle.

### Bibliografia di riferimento

Chierici, G.L., Principi di Ingegneria dei Giacimenti Petroliferi, Agip S.p.A., 1989. Chierici, G.L., L'Ingegneria dei Giacimenti di Idrocarburi, Agip S.p.A., 1999. Ministero per la Transizione Ecologica, Piano per la Transizione Energetica Sostenibile delle Aree Idonee, PITESAI, 2021. ENI, Enciclopedia degli Idrocarburi. Vol. 1 Esplorazione, produzione e trasporto, 2009 (estratti).

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Prova orale eventualmente integrabile con applicazioni numeriche. Solitamente vengono poste tre domande su argomenti che coprono l'intero programma del corso.

## English

## Prerequisites

There are no prerequisites.

## Programme

Introduction to production systems. concepts of process, industrial plant, production system, industrial company. Classification of industrial plants and production systems. Make to stock and make to order production. main performance measures of industrial plants. Introduction to decision making techniques (single and multiobjective, decisions in deterministic uncertainty and risk conditions). Linear programming method and application to optimal production mix definition. Classification and quantification of industrial costs (fixed vs variable, investment vs operational, direct vs indirect, unit, average and marginal costs). Economic balance of a production system. Break even point, optimal production volume, make or buy decisions. Design steps of an industrial facility. Technical and economic feasibility study (estimation of capital investment, operating cost and revenues), financial analysis, with emphasis on offshore oil and gas initiatives. Profitability analysis of industrial investments in both deterministic and probabilistic environment. Decision analysis about replacement and choice between alternative equipment. Project management techniques: activities planning and representation (work breakdown structure, Gantt diagrams, graphs). PERT and CPM techniques for project control. Management of project costs. Analysis of the phases of an oil and gas offshore project. Analysis of oil & gas offshore systems. a) Types and characterization of hydrocarbons reservoirs. Estimation of reservoir size. Drive mechanisms and primary, secondary and tertiary recovery processes. Causes of reservoir productivity decline over time. b) Physical characterization of reservoir fluids (phase diagrams, volume factors, density, viscosity, gas solubility in oil). c) Technologies for wells drilling and hydrocarbon recovery (plants architectures and components, safety equipment, wells completion, characteristic curves of reservoir and tubing in stationary, transient and pseudotransient states, working point estimation, pressure losses for single and multi-phase flows, tubing sizing and nodal analysis procedure, gas lift systems, forecast of reservoir productivity over time. d) Offshore oil and gas drilling and extraction infrastructures: types and classification (fixed and floating platforms, subsea systems) main components and selection criteria.

## Reference books

Lecture notes provided by instructor and uploaded on Moodle web site.

## Reference bibliography

Jamal, J.A., Robello, G.S., Drilling Engineering, Dept. of Petroleum Engineering, Heriot-Watt University. Stanko, M., Petroleum Production Systems Compendium, Norwegian University of Science and Technology NTNU, 2020. Jansen, J.D., Currie, P.K., Modeling and Optimisation of Oil and Gas Production Systems, Lecture Notes for Course TA4490 Production Optimisation, TU Delft, 2004. King, G., Introduction to Petroleum and Natural Gas Engineering, Lecture notes for course PNG 301, College of Earth and Mineral Sciences, Penn State University, USA. Ahmed, T., Reservoir Engineering Handbook, Elsevier-Gulf Professional Publishing, 2019. Aird, P., Deepwater Drilling, Elsevier – Gulf Professional Publishing, 2019. Allain, O. et al., The Imperial College Lectures in Petroleum Engineering, Vol. 4, Drilling and Reservoir Appraisal, World Scientific, 2019. Amado, L., Reservoir Exploration and Appraisal, Gulf Professional Publishing, 2013. Archer, J.S., Wall, C.G., Petroleum Engineering. Principles and Practice, Graham & Trotman, 1986. Bai, Y., Bai, Q., Subsea Structural Engineering Handbook, Elsevier – Gulf Professional Publishing, 2010. Blunt, M.J., The Imperial College Lectures in Petroleum Engineering. Reservoir Engineering, World Scientific, 2017. Carlton J., Choo Y.S., Jukes, P., (Eds.) Encyclopedia of Maritime and offshore Engineering, Voll. 4-5, Wiley, 2018. Craft, B.C., Hawkins, M., Applied Petroleum Reservoir Engineering, Prentice Hall, 2015. Dake, L.P., Fundamentals of Reservoir Engineering, Elsevier, 1978. Economides, M.J., Hill, A.D., Ehlig-Economides, C., Zhu, D., Petroleum Production Systems, Prentice Hall, 2013. Fang, H., Duan, M., Offshore Operation Facilities. Elsevier, 2014. Ganat, T.A.A.O., Technical Guidance for Petroleum Exploration and Production Plans, Springer, 2020. Guo, B., Lyons, W.C., Ghalambor, A., Petroleum Production Engineering, Elsevier – Gulf Professional Publishing, 2007. Jahn, F., Cook, M., Graham, M., Hydrocarbon Exploration and Production, 2nd Edition, Elsevier, 2008. Jansen, J.D., Nodal Analysis of Oil and Gas Production Systems, 2017, Society of Petroleum Engineers, USA. Laik, S., Offshore Petroleum Drilling and Production, CRC Press, 2018. Lake, L.W. (Ed.), Petroleum Engineering Handbook, 7 voll. Society of Petroleum Engineers, 2006. Lyons, W., Working Guide to Petroleum and Natural Gas Production Engineering, Elsevier – Gulf Professional Publishing, 2010. Mitchell, R.F., Miska, S.Z., Fundamentals of Drilling Engineering, Society of Petroleum Engineers, 2011. Pedersen, K.S., Christensen, P.L., Shaikh, J.A., Phase behavior of Petroleum Reservoir Fluids, CRC Press, 2015. Rose, P.R., Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures, American Association of Petroleum Geologists, 2006. Samie, N.M., Practical Engineering Management of Offshore Oil and Gas Platforms, Elsevier – Gulf Professional Publishing, 2016.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810182 - MISURE MARINE

**Docente:** SCORZA ANDREA

## Italiano

### Prerequisiti

Conoscenza dei fondamenti della Fisica di base, dell'Analisi matematica e della Geometria, delle Scienze delle Costruzioni, delle Macchine, così come della Meccanica Applicata alle Macchine, dell'Elettrotecnica e dell'Elettronica.

### Programma

Concetto di misura e catena di misura. Grandezze fisiche, loro dimensioni e sistemi di unità di misura. Classificazione degli strumenti e caratteristiche metrologiche statiche e dinamiche. Caratterizzazione del comportamento dinamico degli strumenti di misura: sistemi del I ordine, sistemi del II ordine. Elementi di statistica applicata alle misure: errori ed incertezza di misura, valutazione e propagazione degli errori. Normativa nazionale ed internazionale sulla stima dell'incertezza di misura. Qualità e riferibilità delle misure. Taratura degli strumenti e metodi di interpolazione. Strumenti terminali analogici e digitali. Oscilloscopio. Multimetro. Ponte di Wheatstone e circuiti volt-amperometrici. Adattamento di impedenza. Amplificatori e filtri. Cenni di analisi dei segnali e risposta in frequenza dei sistemi. Sistemi automatici di acquisizione dati e strumentazione virtuale: Campionamento, Aliasing, Cenni alla programmazione e all'uso di strumentazione virtuale. Sensori e trasduttori. Misure di lunghezza e spostamento: strumenti meccanici, ottici ed elettrici; LVDT e

trasduttori senza contatto. Misure di Livello. Cenni sui sistemi ad ultrasuoni per misure di distanze e profili. Cenni sulle misure di conduttività elettrica e salinità. Misure di deformazione: estensimetri meccanici, elettrici a resistenza ed ottico-meccanici. determinazione di sollecitazioni semplici. Misure di massa e forza. Torsiometri. Cenni sulle misure di potenza. Misure di pressione: manometri a liquido e metallici e loro taratura. Cenni sulle misure di profondità. Misure di velocità. Misure di velocità di fluidi: tubo di pitot, trasduttore a ventolina, anemometro a filo caldo. Misure di velocità per mezzo di sistemi ad ultrasuoni: elementi di velocimetria doppler. Misure di portata. Misure di Temperatura: temperatura termodinamica; ITS 90; termometri primari. Termometro a gas, a liquido, termometri metallici e a vapor saturo. Termometri elettrici a resistenza e relativi circuiti di utilizzo. Termocoppie. Misure di vibrazione e accelerazione. Trasduttori piezoelettrici, relative catene di misura e taratura. Cenni alle misure dello stato del mare.

## Testi

• Francesco Paolo Branca "Misure Meccaniche" E.S.A. Editrice, 1980. • Marc Le Menn, Instrumentation and Metrology in Oceanography, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. 2012. • Rinaldo Vallascas "Fondamenti di Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze statiche e sistemi" Hoepli 2008. • Rinaldo Vallascas e Federico Patané "Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze tempo-varianti" Hoepli 2007. • W. Navidi, Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze, Mc Graw Hill, 2006. • Beckwith T.G., Marangoni R.D. & Lienhard J.H, Mechanical Measurements, Pearson Prentice Hall, 2007. • R. S. Figliola, D. E. Beasley, Theory and Design for Mechanical Measurements, 6th Edition, Wiley, 2015.

## Bibliografia di riferimento

• Ernest O. Doebelin "Strumenti e Metodi di Misura" a cura di Alfredo Cigada e Michele Gasparetto, McGraw-Hill Companies, 2008. • P. Cappa, Sensori e Trasduttori per Misure Meccaniche e Termiche, Voll. I-III, Borgia Editore, 1994. • Appunti distribuiti dal docente.

## Modalità erogazione

Lezioni frontali, in presenza.

## Modalità di valutazione

Il colloquio orale, oltre alla discussione di argomenti affrontati in aula, può prevedere lo svolgimento di qualche piccolo esercizio applicativo.

## English

### Prerequisites

Recommended preparation: Physics (Mechanics, Fluids, Waves, Thermodynamics, Optics, Electricity and Magnetism), Mathematical Analysis and Geometry, Theory of Structures (Mechanical of Structures, Mechanical of Solids), Machines, Applied Mechanics, Basics of Electrotechnics and Electronics

### Programme

Basic concepts of measurement methods and systems. physical quantities, dimensional analysis and systems of units of measurement. Classification of measurement devices, static and dynamic characteristics of instrumentation. measurement system behavior: first and second order systems. Fundamentals of probability and statistics, uncertainty analysis and measurement error estimation. national and international standard. Quality assurance and metrological traceability of measurements. Calibration of measuring devices and interpolation methods. Adjustment of instruments and methods of interpolation. Fundamentals of analog electrical measurements and devices: current, voltage and resistance measurements, voltmeters and oscilloscopes. loading errors and impedance matching. Analog signal conditioning: Amplifiers, Wheatstone Bridge Circuits. Fundamentals of signal analysis, Fourier Transform and the frequency spectrum, systems frequency response. Data Sampling. Digital devices and data acquisition: sampling concepts, data acquisition systems and components. Aliasing. Fundamentals of virtual instrumentation programming and application. Sensors and transducers. Measurements of length and displacement: mechanical optical and electric instrumentation. potentiometers, linear variable differential transformers and contactless transducers. Level Measurements. Fundamentals of ultrasound systems for length and profile measurements. Fundamentals of conductivity measurements. Salinity. Strain measurement: load classification, stress and strain, mechanical extensometers, resistance and optical strain gauges. Mass and force measurements. torque and power measurements. Pressure measurements: pressure concepts and sensing principles, piezometer, u-tube and bourdon tube manometers, pressure transducers and their calibration. Velocity measurements. measurements in moving fluids: pitot tube, fan and hot wire anemometers. Ultrasound systems for velocity measurements: fundamentals of doppler velocimetry. Flow measurements. Temperature measurements: temperature standards and definition, primary thermometers. gas, liquid-in-glass and metal thermometers, saturated vapor thermometers. Electrical resistance thermometry: concepts, resistance temperature detectors and thermistors, circuits and applications. Thermoelectric temperature measurement: thermocouples, concepts and applications. Acceleration, vibration, and shock measurement. Piezoelectric transducers: concepts, measurement set up and calibration. Fundamentals of sea state measurements.

### Reference books

• Francesco Paolo Branca "Misure Meccaniche" E.S.A. Editrice. • Marc Le Menn, Instrumentation and Metrology in Oceanography, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. 2012. • Rinaldo Vallascas "Fondamenti di Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze statiche e sistemi" Hoepli 2008. • Rinaldo Vallascas e Federico Patané "Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze tempo-varianti" Hoepli 2007. • W. Navidi, Statistics for Engineers and Scientists, 3rd edition, Mc Graw Hill, 2010. • Beckwith T.G., Marangoni R.D. & Lienhard J.H, Mechanical Measurements, Pearson Prentice Hall, 2007. • R. S. Figliola, D. E. Beasley, Theory and Design for Mechanical Measurements, 6th Edition, Wiley, 2015.

### Reference bibliography

• Ernest O. Doebelin "Strumenti e Metodi di Misura" a cura di Alfredo Cigada e Michele Gasparetto, McGraw-Hill Companies, 2008. • P. Cappa, Sensori e Trasduttori per Misure Meccaniche e Termiche, Voll. I-III, Borgia Editore, 1994. • Notes and presentations from the course.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20810182 - MISURE MARINE

**Docente:** FIORI GIORGIA

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza dei fondamenti della Fisica di base, dell'Analisi matematica e della Geometria, delle Scienze delle Costruzioni, delle Macchine, così come della Meccanica Applicata alle Macchine, dell'Elettrotecnica e dell'Elettronica.

#### Programma

Concetto di misura e catena di misura. Grandezze fisiche, loro dimensioni e sistemi di unità di misura. Classificazione degli strumenti e caratteristiche metrologiche statiche e dinamiche. Caratterizzazione del comportamento dinamico degli strumenti di misura: sistemi del I ordine, sistemi del II ordine. Elementi di statistica applicata alle misure: errori ed incertezza di misura, valutazione e propagazione degli errori. Normativa nazionale ed internazionale sulla stima dell'incertezza di misura. Qualità e riferibilità delle misure. Taratura degli strumenti e metodi di interpolazione. Strumenti terminali analogici e digitali. Oscilloscopio. Multimetro. Ponte di Wheatstone e circuiti volt-amperometrici. Adattamento di impedenza. Amplificatori e filtri. Cenni di analisi dei segnali e risposta in frequenza dei sistemi. Sistemi automatici di acquisizione dati e strumentazione virtuale: Campionamento, Aliasing, Cenni alla programmazione e all'uso di strumentazione virtuale. Sensori e trasduttori. Misure di lunghezza e spostamento: strumenti meccanici, ottici ed elettrici; LVDT e trasduttori senza contatto. Misure di Livello. Cenni sui sistemi ad ultrasuoni per misure di distanze e profili. Cenni sulle misure di conduttività elettrica e salinità. Misure di deformazione: estensimetri meccanici, elettrici a resistenza ed ottico-meccanici. determinazione di sollecitazioni semplici. Misure di massa e forza. Torsionometri. Cenni sulle misure di potenza. Misure di pressione: manometri a liquido e metallici e loro taratura. Cenni sulle misure di profondità. Misure di velocità. Misure di velocità di fluidi: tubo di pitot, trasduttore a ventolina, anemometro a filo caldo. Misure di portata. Misure di Temperatura: temperatura termodinamica; ITS 90; termometri primari. Termometro a gas, a liquido, termometri metallici e a vapor saturo. Termometri elettrici a resistenza e relativi circuiti di utilizzazione. Termocoppie. Misure di vibrazione e accelerazione. Trasduttori piezoelettrici, relative catene di misura e taratura. Cenni alle misure dello stato del mare.

#### Testi

• Appunti distribuiti dal docente • Francesco Paolo Branca "Misure Meccaniche" E.S.A. Editrice, 1980 • Marc Le Menn, Instrumentation and Metrology in Oceanography, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. 2012 • Ernest O. Doebelin "Strumenti e Metodi di Misura" a cura di Alfredo Cigada e Michele Gasparetto, McGraw-Hill Companies, 2008 • Rinaldo Vallasca "Fondamenti di Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze statiche e sistemi" Hoepli, 2008 • Rinaldo Vallasca e Federico Patané "Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze tempo-varianti" Hoepli, 2007 • P. Cappa, Sensori e Trasduttori per Misure Meccaniche e Termiche, Voll. I-III, Borgia Editore, 1994 • W. Navidi, Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze, Mc Graw Hill, 2006 • Beckwith T.G., Marangoni R.D. & Lienhard J.H, Mechanical Measurements, Pearson Prentice Hall, 2007 • R. S. Figliola, D. E. Beasley, Theory and Design for Mechanical Measurements, 6th Edition, Wiley, 2015

#### Bibliografia di riferimento

Eventuale bibliografia di riferimento verrà indicata durante le lezioni.

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Il colloquio orale, oltre alla discussione di argomenti affrontati in aula, può prevedere lo svolgimento di qualche piccolo esercizio applicativo.

### English

#### Prerequisites

Recommended preparation: Physics (Mechanics, Fluids, Waves, Thermodynamics, Optics, Electricity and Magnetism), Mathematical Analysis and Geometry, Theory of Structures (Mechanical of Structures, Mechanical of Solids), Machines, Applied Mechanics, Basics of Electrotechnics and Electronics.

#### Programme

Basic concepts of measurement methods and systems. physical quantities, dimensional analysis and systems of units of measurement. Classification of measurement devices, static and dynamic characteristics of instrumentation. measurement system behavior: first and second order systems. Fundamentals of probability and statistics, uncertainty analysis and measurement error estimation. national and international standard. Quality assurance and metrological traceability of measurements. Calibration of measuring devices and interpolation methods. Adjustment of instruments and methods of interpolation. Fundamentals of analog electrical measurements and devices: current, voltage and resistance measurements, voltmeters and oscilloscopes. loading errors and impedance matching. Analog signal conditioning: Amplifiers, Wheatstone Bridge Circuits. Fundamentals of signal analysis, Fourier Transform and the frequency spectrum, systems frequency response. Data Sampling. Digital devices and data acquisition: sampling concepts, data acquisition systems and components. Aliasing. Fundamentals of virtual instrumentation programming and application. Sensors and transducers. Measurements of length and displacement: mechanical optical and electric instrumentation. potentiometers, linear variable differential transformers and contactless transducers. Level Measurements. Fundamentals of ultrasound systems for length and profile measurements. Fundamentals of conductivity measurements. Salinity. Strain measurement: load classification, stress and strain, mechanical extensometers, resistance and optical strain gauges. Mass and force measurements. torque and power measurements. Pressure measurements: pressure concepts and sensing principles, piezometer, u-tube and bourdon tube manometers, pressure transducers and their calibration. Velocity measurements. measurements in moving fluids: pitot tube, fan and hot wire anemometers. Flow measurements. Temperature measurements: temperature standards and definition, primary thermometers. gas, liquid-in-glass and metal thermometers, saturated vapor thermometers. Electrical resistance thermometry: concepts, resistance temperature detectors and thermistors, circuits and applications. Thermoelectric temperature measurement: thermocouples, concepts and applications. Acceleration, vibration, and shock measurement. Piezoelectric transducers: concepts, measurement set up and calibration. Fundamentals of sea state measurements.

## Reference books

• Notes and presentations from the course • Francesco Paolo Branca "Misure Meccaniche" E.S.A. Editrice • Marc Le Menn, Instrumentation and Metrology in Oceanography, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. 2012 • Ernest O. Doebelin "Measurement Systems Application and Design" 4th Edition, McGraw-Hill Higher Education, New York, USA, 1990 • Rinaldo Vallascas "Fondamenti di Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze statiche e sistemi" Hoepli, 2008 • Rinaldo Vallascas e Federico Patané "Misure Meccaniche e Termiche. Grandezze tempo-varianti" Hoepli, 2007 • P. Cappa, Sensori e Trasduttori per Misure Meccaniche e Termiche, Voll. I-III, Borgia Editore, 1994 • W. Navidi, Statistics for Engineers and Scientists, 3rd edition, Mc Graw Hill, 2010 • Beckwith T.G., Marangoni R.D. & Lienhard J.H, Mechanical Measurements, Pearson Prentice Hall, 2007 • R. S. Figliola, D. E. Beasley, Theory and Design for Mechanical Measurements, 6th Edition, Wiley, 2015

## Reference bibliography

Any reference bibliography will be indicated during class lectures.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810194 - MOTORI TERMICI VOLUMETRICI E TURBOGAS

**Docente:** CHIAVOLA ORNELLA

### Italiano

#### Prerequisiti

Sebbene non siano necessari specifici prerequisiti, gli studenti devono aver acquisito le conoscenze di base preliminari alla comprensione degli argomenti trattati.

#### Programma

Motori volumetrici ad accensione spontanea e comandata, architettura, caratteristiche e prestazioni dell'insieme motore-utilizzatore. Alimentazione nei motori quattro e due tempi; analisi quasi-stazionaria del flusso nei condotti e attraverso le valvole e fenomeni non stazionari nei sistemi di aspirazione e scarico. La sovralimentazione. Modelli di calcolo e di analisi delle prestazioni di motori sovralimentati. Caratterizzazione dei combustibili per i motori. Impiego di combustibili non convenzionali e biocombustibili con particolare attenzione ad applicazioni di interesse per il settore nautico e navale. Alimentazione del combustibile, descrizione dei sistemi di iniezione. Caratterizzazione delle condizioni di moto della carica nel cilindro. Combustione nei motori ad accensione comandata e ad accensione spontanea. Modelli di interpretazione dei fenomeni e di analisi del processo di combustione. Combustioni anomale. Tecniche di indagine e di misura. Formazione degli inquinanti e misura delle emissioni. Tecnologie per il controllo delle emissioni, architetture dei sistemi di post-trattamento e processi chimico-fisici coinvolti. Turbine a gas: architettura delle turbine a gas; analisi delle prestazioni e valutazione delle caratteristiche funzionali di compressori, camere di combustione, turbine. L'aerodinamica interna della camera di combustione, i flussi di calore alle pareti e le tecniche di raffreddamento. Sistemi di alimentazione del combustibile, liquido e gassoso. Aspetti generali sulla combustione nei combustori di turbine a gas. Tipologia e formazione degli inquinanti. Tecnologie per il riduzione delle emissioni inquinanti.

#### Testi

G. Ferrari, "Motori a combustione interna" Ed. Esculapio, Bologna, 2016 H. Lefebvre, "Gas turbine combustion" Ed. Taylor & Francis, Philadelphia, 1999 G. Lozza, "Turbine a gas e cicli combinati" Ed. Progetto Leonardo, Bologna, 2000

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

La didattica è organizzata con lezioni frontali. Alcune lezioni sono dedicate ad approfondimenti pratici di quanto appreso durante le lezioni teoriche, tramite esercitazioni guidate dal docente.

#### Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale in cui vengono proposte domande finalizzate a verificare la comprensione dei concetti e la capacità dello studente di applicarli a contesti reali.

### English

#### Prerequisites

Although specific prerequisites are not necessary, students must have acquired basic knowledge prior to understanding the topics covered.

#### Programme

Reciprocating engines: gasoline and diesel engines. Design and performance characteristics of gasoline and diesel engines: preliminary analysis and detail design procedure. Four-stroke engines, two-stroke engines. Mechanical supercharging and turbocharging: objectives and applications. Characterization of fuels, alternative fuels and biofuels; lubricating oils. Fuel, air and combustion thermodynamics. Pollutants formation and control. Testing equipment and measurements. Gas Turbines: architecture of gas turbines. Performance analysis and evaluation of the functional characteristics of compressors, combustion chambers, turbines. The aerodynamics of the combustor chamber, the heat flows to the walls and cooling techniques. Fuel supply systems: liquid and gas. Pollutants formation and control.

#### Reference books

G. Ferrari, "Motori a combustione interna" Ed. Esculapio, Bologna, 2016 H. Lefebvre, "Gas turbine combustion" Ed. Taylor & Francis, Philadelphia, 1999 G. Lozza, "Turbine a gas e cicli combinati" Ed. Progetto Leonardo, Bologna, 2000

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810185 - TECNOLOGIA DEI MATERIALI PER COSTRUZIONI OFFSHORE

**Docente:** LANZARA GIULIA

### Italiano

#### Prerequisiti

non ci sono prerequisiti

#### Programma

Obiettivi del Corso Il corso ha un'impostazione mista, sia teorica che sperimentale, ed è finalizzato a fornire agli studenti una conoscenza approfondita dei materiali impiegati nelle costruzioni offshore, con particolare riferimento alle condizioni ambientali estreme tipiche di tali applicazioni (ad esempio piattaforme marine, turbine eoliche offshore, condotte sottomarine, ecc.), dove i materiali sono soggetti a combinazioni complesse di sollecitazioni chimiche, meccaniche e termiche. Contenuti Teorici Nella parte teorica del corso saranno trattati i seguenti argomenti: - Proprietà e comportamento dei principali materiali utilizzati in ambienti marini (metalli, compositi, polimeri, cementizi); - Meccanismi di degrado e corrosione in ambienti offshore; - Tecniche di caratterizzazione avanzata e multiscala dei materiali; - Tecnologie e metodologie per il monitoraggio strutturale in ambienti marini; Attività Sperimentali La parte sperimentale prevede lo svolgimento di attività di laboratorio, finalizzate allo sviluppo di una tesina progettuale con focus per esempio su materiali, energy harvesting o monitoraggio strutturale, applicati a casi studio specifici nel settore offshore. Gli studenti saranno coinvolti attivamente in: - Preparazione e caratterizzazione di materiali; - Utilizzo di strumenti per l'analisi e il monitoraggio delle prestazioni in condizioni simulate; - Discussione dei risultati e redazione di una relazione tecnica di gruppo. In alternativa, per studenti impossibilitati a frequentare le attività in presenza, è possibile concordare una tesina a carattere compilativo, basata su una revisione critica della letteratura, senza attività sperimentale.

#### Testi

sarà fornito il materiale didattico durante il corso

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

L'esame consiste in domande sugli argomenti trattati durante il corso e nella discussione della tesina. È possibile sostenere l'esame tramite due prove intermedie: una prova a metà corso, relativa ai contenuti teorici; una prova finale dedicata alla presentazione e discussione della tesina. In alternativa, le due prove possono essere sostenute in modalità ibrida, combinando le prove intermedie con un appello regolare del corso, secondo le preferenze dello studente.

### English

#### Prerequisites

ND

#### Programme

Course Objectives The course combines both theoretical and experimental approaches and aims to provide students with an in-depth understanding of the materials used in offshore constructions, with particular emphasis on the extreme environmental conditions typical of such applications (e.g., offshore platforms, wind turbines, subsea pipelines), where materials are exposed to complex combinations of chemical, mechanical, and thermal stresses. Theoretical Content The theoretical part of the course will cover the following topics: Properties and behavior of the main materials used in marine environments (metals, composites, polymers, cement-based materials); Degradation and corrosion mechanisms in offshore environments; Advanced and multiscale material characterization techniques; Technologies and methodologies for structural health monitoring in marine environments. Experimental Activities The experimental component includes laboratory work aimed at developing a project report focused, for example, on materials, energy harvesting, or structural monitoring applied to specific case studies in the offshore sector. Students will be actively involved in: Preparation and characterization of materials; Use of tools for performance analysis and monitoring under simulated conditions; Discussion of results and preparation of a group technical report. Alternatively, for students unable to attend in-person activities, a non-experimental literature-based project may be arranged, consisting of a critical review of the scientific literature, without laboratory work.

#### Reference books

Teaching materials provided during the course.

#### Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20810190 - TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO REMOTO OFFSHORE

**Docente:** MONTI ALESSIO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza dei fondamenti dell'analisi matematica e delle funzioni vettoriali a più variabili. Conoscenza delle proprietà fondamentali del campo elettrostatico e magnetostatico.

#### Programma

Modulo 0: Richiami di matematica e geometria. Richiami di matematica e geometria: numeri complessi, algebra matriciale, vettori e campi vettoriali, sistemi di coordinate. Modulo 1: Equazioni di Maxwell. Equazioni di Maxwell in forma integrale. Equazioni di Maxwell in forma differenziale. Importanza del termine di Maxwell di corrente di spostamento. Condizioni al contorno. Polarizzazione delle onde. Vettori complessi e polarizzazione. Relazioni costitutive dei mezzi materiali. Modulo 2: Propagazione del campo elettromagnetico. Equazione delle onde. Soluzione per onda piana. Propagazione di onde piane in dielettrici perfetti. Propagazione di onde piane in mezzi conduttori. Velocità di fase e velocità di gruppo. Lo spettro elettromagnetico. Leggi di Snell-Cartesio. Equazioni di Fresnel. Proprietà elettromagnetiche dell'acqua marina. Riflessione all'interfaccia aria/mare. Modulo 3: Fondamenti di antenne. Potenziali elettrodinamici. Funzione di Green per lo spazio libero. Sorgenti elementari del campo elettromagnetico: dipolo elettrico infinitesimo e dipolo corto. Concetto di antenna. Tipologie di antenne. Parametri elettrici e radiativi delle antenne. Equazione di Friis per i collegamenti punto-punto. Modulo 4: Diffusione elettromagnetica e RADAR. Diffusione elettromagnetica. Sezione d'urto RADAR. Equazione RADAR. Equazione RADAR per superfici distribuite. Determinazione della RCS di superfici statisticamente rugose (cenni). RCS della superficie marina. Radar scatterometri e studio dei venti oceanici. Radar altimetrici e determinazione dei livelli oceanici e dell'altezza d'onda significativa. Radar per imaging. Radar ad aperture reale e ad apertura sintetica (SAR). Utilizzo dei SAR per applicazioni oceanografiche. Modulo 5: Emissione elettromagnetica e radiometri. Radiazione termica. Intensità radiante. Radiazione termica della superficie marina: emissioni a microonde e nell'infrarosso. Radiometri a microonde e all'infrarosso. Utilizzo dei radiometri per la misura della temperatura superficiale dell'oceano, per l'analisi di eventi climatici anomali, instabilità e correnti oceaniche e per il monitoraggio del cambiamento climatico. Modulo 6: Telerilevamento con onde acustiche. Dualità tra onde elettromagnetiche ed onde acustiche. SONAR (cenni).

#### Testi

Materiale didattico messo a disposizione dal docente.

#### Bibliografia di riferimento

Per approfondimenti di specifici argomenti, è possibile consultare i seguenti testi: Fawwaz Ulaby, Umberto Ravaioli, Fondamenti di campi elettromagnetici, Pearson, 2021. John R. Apel, Principles of Ocean Physics, Academic Press, 1988. Seelye Martin, An Introduction to Ocean Remote Sensing, Cambridge University Press, 2014.

#### Modalità erogazione

Il corso è impartito tramite lezioni teoriche in aula e lo svolgimento di esercitazioni in ambiente di calcolo simbolico e numerico.

#### Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale finalizzata a verificare il livello di comprensione effettiva dei concetti e la capacità degli studenti di applicarli in contesti reali.

### English

#### Prerequisites

Knowledge of the fundamentals of mathematical analysis and multivariable calculus. Knowledge of the fundamental properties of the electrostatic and magnetostatic fields.

#### Programme

Unit 1: Maxwell's Equations. Maxwell's Equations in integral and differential forms. Importance of the Maxwell term. Boundary conditions. Complex vectors and polarization. Constitutive equations. Unit 2: Propagation of electromagnetic field. Free-space propagation of electromagnetic fields. Wave equation. Plane wave solution. Propagation of plane waves in lossless dielectrics. Propagation of plane waves in conducting media. Phase velocity and group velocity. Snell-Descartes Laws. Fresnel equations. Electromagnetic properties of sea water. Reflection at the air / sea interface. Unit 3: Antenna fundamentals. Electrodynamic potentials. Green's function. Elementary sources of the electromagnetic field: Hertzian dipole. Types of antennas. Electrical and radiative characteristics of antennas. Friis equation for point-to-point connections. Module 4: Electromagnetic scattering and RADAR. Electromagnetic scattering. RADAR cross section. RADAR equation. RADAR equation for distributed surfaces. RCS from statistically rough surfaces. RCS of the sea surface. Scatterometers and wind measurements. Altimeter radar and ocean height. Imaging radars. Real-aperture radar and synthetic aperture radar (SAR). SAR and ocean. Unit 5: Electromagnetic emission and radiometers. Thermal radiation. Thermal radiation from the sea surface. Microwave and infrared radiometers. Use of radiometers to measure the sea surface temperature, to investigate anomalous weather events and instabilities in ocean currents and for climate monitoring. Module 6: Remote sensing with acoustic waves. Duality between electromagnetic and acoustic waves. SONAR.

#### Reference books

Learning materials provided by the teacher.

#### Reference bibliography

To deepen specific topics, students may refer to the following books: Fawwaz Ulaby, Umberto Ravaioli, Fondamenti di campi elettromagnetici, Pearson, 2021. John R. Apel, Principles of Ocean Physics, Academic Press, 1988. Seelye Martin, An Introduction to Ocean Remote Sensing, Cambridge University Press, 2014.

### **Study modes**

-

### **Exam modes**

-