



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2024/2025
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA MECCANICA
INSEGNAMENTO	MACCHINE PER L'ENERGIA RINNOVABILE
TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20933-Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	23191
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/08
DOCENTE RESPONSABILE	BECCARI STEFANO Professore Associato Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	54
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	BECCARI STEFANO Lunedì 15:00 19:00 Ufficio docente

DOCENTE: Prof. STEFANO BECCARI

PREREQUISITI	Termodinamica, Fisica tecnica, Meccanica dei fluidi, Meccanica applicata alle macchine, Macchine
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente al termine del corso conoscerà le problematiche inerenti al funzionamento teorico delle macchine alimentate con fonti di energia rinnovabili: ambiti di utilizzo, prestazioni, rendimenti, limiti operativi. Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente sarà in grado di valutare l'opportunità di applicare le diverse tipologie di macchine studiate a concreti casi ingegneristici e di stabilirne le corrette modalità di regolazione. Autonomia di giudizio Lo studente sarà in grado di effettuare la scelta della macchina più opportuna per la singola specifica applicazione, sulla base della tipologia e della quantità di energia rinnovabile a disposizione e del tipo di utenza. Abilità comunicative Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarà in grado di sostenere conversazioni sia su tematiche energetiche ed impiantistiche che sull'impiego di turbine idrauliche, eoliche e ad energia mare-motrice. Capacità d'apprendimento Al termine del corso lo studente avrà appreso le interazioni tra le tematiche relative alle energie rinnovabili e le problematiche operative delle macchine che sfruttano tali energie, e questo gli consentirà di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia e discernimento.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	prova orale. Valutazione prova orale in trentesimi, con voto massimo 30/30. Valutazione: Eccellente. 30-30 e lode. Ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprietà di linguaggio, buona capacità analitica, lo studente è in grado di applicare in totale autonomia le conoscenze acquisite, risolvendo correttamente tutti i quesiti proposti. Molto buono. 27-29. Buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente è in grado di applicare le conoscenze acquisite con discreta autonomia, risolvendo correttamente tutti i quesiti proposti con pochi errori di valutazione. Buono. 24-26. Conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite, lo studente risolve tutti i quesiti proposti con soluzioni mediamente corrette. Soddisfacente. 21-23. Non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprietà di linguaggio, scarsa capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite, lo studente risolve la maggior parte dei quesiti proposti con soluzioni mediamente corrette. Sufficiente. 18-20. Minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima o nulla capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite, lo studente risolve la maggior parte dei quesiti proposti con errori accettabili. Insufficiente. Non possiede una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento, lo studente non risolve la maggior parte dei quesiti proposti.
OBIETTIVI FORMATIVI	Studio ed apprendimento del funzionamento degli impianti motori idraulici, eolici e ad energia marina e delle macchine che operano al loro interno. Potenze, rendimenti e regolazione dei suddetti impianti.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	lezioni frontali
TESTI CONSIGLIATI	Dispense del corso. G. Cornetti "Macchine idrauliche", Ed. Il Capitello, Torino, 1994. D. Cocco, P. Puddu, "Tecnologie delle energie rinnovabili", libreriauniversitaria.it, 2022. Lorenzo Battisti "gli impianti motori eolici", città studi edizioni, Torino, 2022.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	Introduzione richiami di termodinamica e di macchine a fluido: primo principio della termodinamica per un sistema aperto, principio di conservazione della portata in moto stazionario, triangoli delle velocità, teorema di Eulero.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
17	Impianti motori idraulici Impianti motori idraulici per la produzione di energia elettrica: elementi principali dell'impianto (condotta forzata, organi della regolazione, turbina, alternatore); rendimenti caratteristici dell'impianto e potenze ottenibili; le tipologie di turbine idrauliche (Pelton, Francis e Kaplan) e la loro classificazione in funzione della velocità specifica: triangoli delle velocità; metodi di regolazione, rendimenti e potenze; mappe di funzionamento e curve di regolazione. Similitudine di funzionamento, criteri per il dimensionamento, scelta della macchina e diagramma di Cordier-Balje. Impianto di pompaggio con macchina reversibile (pompa/turbina). Turbina Turgo, turbina Cross-flow.
22	Turbine eoliche formazione dei venti globali (cenni); formazione dei venti locali (formazione della brezza di mare/terra e della brezza di monte/valle); definizione dell'intensità di turbolenza e velocità media del vento; considerazioni sulla densità dell'aria al variare della quota e sulla velocità del vento al variare della quota; classificazione delle turbine eoliche e tipologia di impianti; potenza di una vena fluida indisturbata; coefficiente di potenza reale; limite di Betz (andamento velocità e pressione, conservazione della portata in massa e della quantità di moto), calcolo c_1, definizione fattore di interferenza "a" e "b" definizione e calcolo del coeff. di potenza ideale (k_p) e calcolo del valore massimo; considerazioni su k_p e rendimento organico, efficienza aerodinamica della pala (cenni); coeff. di potenza reale (k'_p) e dipendenza dal Tip Speed Ratio (TSR); considerazioni per diverse tipologie di turbine; curva di potenza reale di un aerogeneratore e considerazioni sulla regolazione; valutazione del rendimento di un generatore eolico; scelta del sito per l'installazione di un parco eolico; studio anemologico di un sito, misure di velocità e direzione del vento, curva di densità di probabilità di Weibull, curva di probabilità cumulata, calcolo della producibilità.
12	Energia marina generalità, classificazione impianti di sfruttamento; impianti di sfruttamento dell'energia dalle maree: formazione delle maree (interazione gravitazionale e forza centrifuga - cenni); classificazione impianti, impianto con sbarramento a bacino singolo in riflusso (schema di massima, andamento livello del mare e del bacino, fasi, calcolo energia disponibile, considerazioni); impianto con sbarramento a bacino singolo in flusso (cenni); impianto con sbarramento a bacino singolo bidirezionale (andamento livello del mare e del bacino, fasi, calcolo energia disponibile, considerazioni); considerazioni sui sistemi a doppio bacino e sull'impiego del pompaggio; esempi di impianti reali; impianti di sfruttamento dell'energia del moto ondoso: cenni sul moto ondoso; densità di potenza del moto ondoso; classificazione impianti; captatori a colonna d'acqua oscillante fissi e galleggianti; captatori a corpi oscillanti galleggianti; captatori a corpi oscillanti sommersi; captatori a corpi oscillanti con circuito oleodinamico; captatori overtopping fissi e galleggianti; impianti di sfruttamento dell'energia delle correnti marine: cenni sulle turbine marine.