



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2023/2024
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2023/2024
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERIA E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER L'AMBIENTE
<b>INSEGNAMENTO</b>	BONIFICA SITI CONTAMINATI
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	B
<b>AMBITO</b>	50372-Ingegneria per l'ambiente e territorio
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	09005
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ICAR/03
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	DI TRAPANI DANIELE Professore Associato Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	144
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	81
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	1
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	1° semestre
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>DI TRAPANI DANIELE</b> Martedì 15:00 17:00 il Dipartimento di Ingegneria, area Idraulica secondo piano, Studio Docente, Stanza n. 2035. Necessario un preventivo appuntamento via mail all'indirizzo daniele.ditrapani@unipa.it Mercoledì 12:00 13:00 il Dipartimento di Ingegneria, area Idraulica secondo piano, Studio Docente, Stanza n. 2035. Necessario un preventivo appuntamento via mail all'indirizzo daniele.ditrapani@unipa.it Giovedì 12:00 13:00 il Dipartimento di Ingegneria, area Idraulica secondo piano, Studio Docente, Stanza n. 2035. Necessario un preventivo appuntamento via mail all'indirizzo daniele.ditrapani@unipa.it

DOCENTE: Prof. DANIELE DI TRAPANI

<b>PREREQUISITI</b>	Conoscenze di base ingegneria sanitaria ambientale, chimica e idraulica, che consentano di comprendere i principi e processi analizzati nel corso.
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p>Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente al termine del Corso acquisirà conoscenze su: criteri e metodi per la valutazione dei suoli contaminati; i piani di intervento per il risanamento dei siti contaminati; l'analisi di rischio per la valutazione del livello potenziale di inquinamento; i metodi per la messa in sicurezza e la bonifica dei siti contaminati.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze acquisite sulle procedure e norme per gli interventi sui siti contaminati; sull'interpretazione dei dati relativi allo stato di qualità dei suoli contaminati; sui metodi per la redazione di una procedura di analisi di rischio per i siti contaminati; sulle tecniche di bonifica e di messa in sicurezza dei siti contaminati e i relativi criteri di dimensionamento.</p> <p>Autonomia di giudizio Lo studente sarà in grado di valutare il grado di inquinamento dei suoli contaminati; predisporre il piano di monitoraggio dei siti contaminati; sviluppare uno studio di analisi di rischio di siti contaminati; predisporre i piani di bonifica e messa in sicurezza di siti contaminati.</p> <p>Abilità comunicative Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche trattate nel corso, quali la descrizione dello stato di inquinamento di un sito contaminato e delle relative matrici ambientali (suolo, acqua sotterranea, gas interstiziale); le modalità di intervento per la salvaguardia della salute a causa della presenza dello stato di inquinamento; la scelta delle migliori strategie di intervento per la messa in sicurezza del sito e/o per la sua bonifica.</p> <p>Capacità d'apprendimento Lo studente acquisirà capacità di apprendimento nel campo dell'ingegneria dei suoli e delle falde contaminati. Potrà quindi partecipare a master di secondo livello e corsi di perfezionamento su tematiche specifiche dell'ingegneria ambientale, con particolare riferimento all'inquinamento e risanamento di suoli e falde contaminati.</p>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p>L'esame si svolge in forma orale con singola prova, anche per gli studenti non frequentanti. L'esaminando deve rispondere a minimo tre domande, poste oralmente, sull'elaborato sviluppato durante le esercitazioni e su tutti gli argomenti previsti nel programma e trattati durante il corso. La verifica finale mira a valutare se lo studente abbia conoscenza e comprensione degli argomenti e abbia acquisito competenza interpretativa e autonomia di giudizio di casi concreti.</p> <p>La soglia della sufficienza sarà raggiunta quando lo studente mostri conoscenza e comprensione degli argomenti almeno nelle linee generali e abbia competenze applicative in ordine alla risoluzione di casi concreti; lo studente deve ugualmente possedere capacità espositive e argomentative tali da consentire la trasmissione delle sue conoscenze all'esaminatore. Al di sotto di tale soglia, l'esame risulta insufficiente. Quanto più, invece, l'esaminando con le sue capacità argomentative ed espositive riesce a interagire con l'esaminatore e quanto più le sue conoscenze e capacità applicative vanno nel dettaglio della disciplina oggetto di verifica, tanto più la valutazione sarà positiva. La valutazione avviene in trentesimi.</p> <p>Dettaglio dei metodi di valutazione: Eccellente - 30 - 30 e lode Esito: ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprietà di linguaggio, buona capacità analitica, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti. Molto buono - 26-29 Esito: buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti. Buono - 24-25 Esito: conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti. Soddisfacente - 21-23 Esito: il candidato 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. Sufficiente - 18-20 Esito: minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima o nulla capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite Insufficiente Esito: il candidato non possiede una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti</p>

<b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>	Gli argomenti trattati nel corso sono diretti a fornire la necessaria preparazione degli allievi ingegneri che intendono svolgere la loro attività professionale nel campo dell'ingegneria ambientale, con particolare riferimento allo studio dei meccanismi di inquinamento di suolo e falde e degli strumenti d'intervento per la valutazione del rischio di inquinamento di origine antropica di tipo industriale e civile e la definizione degli interventi necessari per la messa in sicurezza e/o la bonifica del sito.
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	La didattica sarà organizzata mediante lo svolgimento di lezioni frontali, esercitazioni per la redazione di un progetto a gruppi e conseguente revisione dei temi, seminari ed eventuale organizzazione di visite tecniche.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<p>Dispense e materiale bibliografico sono distribuiti durante il corso. Per maggiori approfondimenti, si suggerisce la consultazione dei seguenti testi:</p> <p>L. Bonomo (edr.): "Bonifica di siti contaminati". Ed. McGraw-Hill, Milano, 2005. ISBN-10: 8838662789 ISBN-13: 978-8838662782.</p> <p>A. Di Molfetta, R. Sethi: "Ingegneria degli acquiferi". Springer Italia ed., Milano, 2012. ISBN: 978-88-470-1850-1</p> <p>M. Gorla: "Siti contaminati". Ed. Flaccovio, Palermo, 2012. ISBN: 978-88-579-0136-7.</p> <p>J. Kuo: "Practical design calculations for groundwater and soil remediation". Lewis pub., N.Y., 1999. ISBN: 9781466585232.</p> <p>R. Sethi, Di Molfetta, A. "Groundwater Engineering: A Technical Approach to Hydrogeology, Contaminant Transport and Groundwater Remediation". Springer Nature, 2019. ISBN-10: 3030205142. ISBN 13: 978-3-030-20514-0.</p> <p>M. Mendola, L. Morra: "Bonifica dei siti inquinati". Ed. DEI, Roma, 2010. ISBN 10: 88-496-2951-6 - ISBN 13: 978-88-496-2951-4.</p> <p>Handouts and bibliographic material will be provided regularly during the course. For more insights, it is suggested to consult the following books:</p> <p>L. Bonomo (edr.): "Bonifica di siti contaminati". Ed. McGraw-Hill, Milano, 2005. ISBN-10: 8838662789 ISBN-13: 978-8838662782.</p> <p>A. Di Molfetta, R. Sethi: "Ingegneria degli acquiferi". Springer Italia ed., Milano, 2012. ISBN: 978-88-470-1850-1</p> <p>M. Gorla: "Siti contaminati". Ed. Flaccovio, Palermo, 2012. ISBN: 978-88-579-0136-7.</p> <p>J. Kuo: "Practical design calculations for groundwater and soil remediation". Lewis pub., N.Y., 1999. ISBN: 9781466585232.</p> <p>R. Sethi, Di Molfetta, A. "Groundwater Engineering: A Technical Approach to Hydrogeology, Contaminant Transport and Groundwater Remediation". Springer Nature, 2019. ISBN-10: 3030205142. ISBN 13: 978-3-030-20514-0.</p> <p>M. Mendola, L. Morra: "Bonifica dei siti inquinati". Ed. DEI, Roma, 2010. ISBN 10: 88-496-2951-6 - ISBN 13: 978-88-496-2951-4.</p>

### PROGRAMMA

ORE	Lezioni
5	Definizione di sito inquinato. Caratteristiche dei suoli. Caratteristiche degli inquinanti. Idrostatica e idrodinamica dei suoli saturi e insaturi. Diffusione degli inquinanti nel suolo. Fenomeni di inquinamento dei suoli. Monitoraggio dei siti contaminati: analisi dirette e indirette.
3	Riferimenti normativi: il D.L. 471/99; il D.lgs. 36/2003; il D.lgs. 152/2006; D.lgs. 121/2020; le norme collegate.
3	Piani di intervento: piano di caratterizzazione, progetto preliminare e progetto definitivo; modello concettuale del sito. Tipologie di intervento: messa in sicurezza d'emergenza, bonifica e ripristino ambientale, bonifica con misure di sicurezza, messa in sicurezza permanente.
5	L'analisi di rischio: definizioni, modelli; rischio sanitario e rischio ambientale. Presentazione dei principali software per l'analisi di rischio di un sito contaminato: RBCA, RISK-NET
3	Gli interventi per il risanamento dei siti contaminati: interventi di bonifica e di messa in sicurezza: generalità, classificazione, criteri di scelta. Trattamenti in situ ed ex situ, on site e off site.
20	Trattamenti biologici: bioventing, biosparging, bioflushing, compostaggio (biopile, a cumuli rivoltati), landfarming, bioreattori, phytoremediation, barriere reattive permeabili, attenuazione naturale controllata. Trattamenti fisici e chimico-fisici: soil washing, soil vapor extraction, air sparging, multi phase extraction, ossidazione chimica, solidificazione/stabilizzazione, soil flushing, recupero del prodotto libero. Trattamenti termici: desorbimento termico, termodistruzione.
10	Tecniche di messa in sicurezza: barriere idrauliche, pump and treat, tecniche di incapsulamento (barriere verticali e orizzontali, capping). Geosintetici: tipologie, criteri di scelta e di utilizzazione.
2	Confronti tecnici ed economici sull'applicabilità delle tecniche di bonifica e messa in sicurezza.
2	Sedimenti contaminati in aree marino-costiere: aspetti normativi, aspetti legati al campionamento e movimentazione, tecniche di intervento per il recupero/smaltimento
2	La bonifica delle discariche: interventi di isolamento e aerazione; landfill mining. Aspetti tecnici e procedurali di progetto e gestione operativa e post-operativa. I Piani di adeguamento.
2	La bonifica dell'amianto: caratteristiche dei materiali e dei rifiuti contenenti amianto. Tecniche di bonifica. Normativa.
2	Bonifica e ripristino ambientale siti orfani e brownfields. Dismissione di siti industriali.

<b>ORE</b>	<b>Esercitazioni</b>
22	Svolgimento di una procedura di analisi di rischio per un caso di sito contaminato, con utilizzo del software RISKNET. Dimensionamento di massima di alcuni interventi di bonifica e messa in sicurezza di siti contaminati: bioventing, PRB, pump & treat, etc.