



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Anno Accademico 2022/2023

Corso di Studi in Ingegneria Civile - Ambientale, classe di laurea L-7

Insegnamento	Impianti di depurazione delle acque
CFU	9
Settore Scientifico Disciplinare	ICAR03
Nr. ore di aula	60
Nr. ore di studio autonomo	153
Nr. ore di laboratorio	12
Mutuazione	No
Annualità	III Anno
Periodo di svolgimento	I semestre

Docente	E-mail	Ruolo ⁱ	SSD docente
Gaetano Di Bella	Gaetano.dibella@unikore.it	PA	ICAR/03

Propedeuticità	Nessuna
Prerequisiti	Basi di chimica, idraulica (condotte a pelo libero e in pressione)
Sede delle lezioni	Facoltà di Ingegneria e Architettura

Moduli

N.	Nome del modulo	Docente	Durata in ore

Orario delle lezioni

L'orario delle lezioni sarà pubblicato sulla pagina web del corso di laurea:

https://gestioneaule.unikore.it/agendaweb_unikore/index.php?view=easycourse&_lang=it

Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti le conoscenze di base per il dimensionamento degli impianti di trattamento delle acque reflue civili finalizzate allo scarico regolamentato in corpo idrico ricettore. Col fine di agevolare e, al contempo, verificare il graduale processo di apprendimento, durante le lezioni teoriche sono previste concomitanti esercitazioni progettuali e calcolistiche. In particolare, sarà assegnata agli studenti una esercitazione di gruppo, finalizzata alla progettazione di massima di un impianto di depurazione con schema a "fanghi attivi convenzionale". L'insegnamento completerà l'impostazione teorica dell'Ingegneria ambientale di base, affrontando gli argomenti relativi allo scarico in corpi idrici ricettori e prove di laboratorio per le analisi delle acque reflue, contribuendo al progetto formativo del Corso di Studi.

Contenuti del Programma

1 Nozioni introduttive (6)

- 1.1 Ciclo integrato delle acque
- 1.2 Fognatura A Sistema Separato
- 1.3 Caratteristiche delle acque reflue

- 1.4 Campionamento delle acque di scarico
- 1.5 Tecniche di campionamento
- 1.6 Caratteristiche chimiche, fisiche, organolettiche
- 1.7 Impostazione del ciclo di trattamento
- 1.8 Normativa sul trattamento delle acque reflue

2 La Grigliatura delle acque reflue (6)

- 2.1 Pretrattamenti delle acque reflue
- 2.2 Griglie a pulizia manuale
- 2.3 Griglia a pulizia meccanica
 - 2.3.1 Griglia piana verticale
 - 2.3.2 Griglia ad arco ad asse orizzontale a pulizia meccanica
- 2.5 Criteri di scelta delle griglie
- 2.6 Sistema per lo scarico del materiale grigliato
- 2.7 Dimensionamento delle griglie
 - 2.7.1 calcolo di progetto e
 - 2.7.2 calcoli di verifica
- 2.8 Staccatura
- 2.9 Trituratori

3 La disabbatura (6)

- 3.1 Scopo della disabbatura
- 3.2 Tipologia di disabbatura
 - 3.2.1 Dissabbiatore a canale
 - 3.2.2 Dissabbiatore verticale (o "meccanico" o "centrifugo")
 - 3.2.3 Dissabbiatore aerato
- 3.3 Sistemi di aerazione del dissabbiatore aerato
- 3.4 Dimensionamento delle griglie:
 - 3.4.1 calcolo di progetto
 - 3.4.2 calcoli di verifica
- 3.5 Confronto fra i vari tipi di dissabbiatori

4 Sedimentazione (12)

- 4.1 Scopo della sedimentazione
- 4.2 Legame tra tipo di sedimentazione e unità di trattamento
- 4.3 Sedimentazione statica (legge di Stokes)
- 4.4 Sedimentazione granulare
 - 4.4.1 Teoria di Hazen
 - 4.4.2 Verifica dell'efficienza
- 4.5 Sedimentazione fioccosa
- 4.6 Sedimentazione di massa
 - 4.6.1 Determinazione della curva di sedimentabilità del fango
 - 4.6.2 funzionamento in continuo
 - 4.6.3 Teoria del FLUSSO SOLIDO
- 4.7 Progetto di una vasca di sedimentazione
 - 4.7.1 calcolo di progetto
 - 4.7.2 calcoli di verifica
- 4.8 Tipologie dei bacini di sedimentatori
 - 4.8.1 Particolari tecnici e costruttivi
 - 4.8.2 Sistemi di completamento (Scum box, canalette, stamazzi, etc)

5 Trattamenti biologici (18)

- 5.1 Elementi di microbiologia
- 5.2 Elementi di biochimica
- 5.3 Differenza tra metabolismo aerobico e anaerobico

- 5.4 Fasi della rimozione del carbonio organico
 - 5.4.1 Equazioni di Monod
 - 5.4.2 Equazioni di Michaelis–Menten
- 5.5 Fattori che influenzano i processi biologici
- 5.6 I Rattori Biologici
 - 5.6.1 reattori in discontinuo
 - 5.6.2 reattori a pistone (Plug Flow)
 - 5.6.3 reattori a miscelazione completa
- 5.7 Reattori con e senza ricircolo cellulare
- 5.8 Il sistema a fanghi attivi
 - 5.8.1 il carico del fango
 - 5.8.2 lo SVI
 - 5.8.3 l'età del fango
- 5.9 Sistemi di aerazione
 - 5.9.1 Aeratori superficiali
 - 5.9.2 Aerazione con insufflazione d'aria
- 5.10 Dimensionamento del Reattore biologico
 - 5.10.1 calcolo di progetto
 - 5.10.2 calcoli di verifica

6 Altri trattamenti biologici (3)

- 6.1 Nitrificazione o denitrificazioni
- 6.2 Letti percolatori
- 6.3 Reattori a supporto rotante
- 6.4 Biodischi

7 Disinfezione (3)

- 7.1 Fattori che determinano la patogenicità
- 7.2 Metodi chimici
- 7.3 Metodi fisici
- 7.4 Disinfezione con il cloro
 - 7.4.1 Curva di breakpoint
 - 7.4.2 Criteri di dimensionamento

8 Trattamento dei fanghi di depurazione (6)

- 8.1 Caratteristiche dei fanghi
- 8.2 Produzione di fango di supero
- 8.3 Ispessimento: statico e dinamico
- 8.4 Stabilizzazione biologica: aerobica e anaerobica
- 8.5 Disidratazione: meccanica e naturale

9 Corpi Ricettori E Prevenzione Inquinamento Dei Corpi Idrici (6)

- 9.1 Inquinamento e recupero dei corpi idrici
- 9.2 Fiumi
 - 9.2.1 Modello di Streeter e Phelps
 - 9.2.2 Deficit di ossigeno
 - 9.2.3 Riossigenazione dei fiumi
- 9.3 Laghi
 - 9.3.1 Eutrofia dei laghi
 - 9.3.2 termica dei laghi
 - 9.3.3 Ruolo delle sostanze nutritive
 - 9.3.4 Indici di stato trofico
 - 9.3.5 Criterio a "limiti mobili"
 - 9.3.6 Criterio a "limiti fissi"
 - 9.3.7 Tecniche di risanamento dei laghi

9.4 Scarico a mare

9.4.1 Formazione del getto

9.4.2 Schema di riferimento: tipi di getti in mare

9.4.3 Diluizione iniziale e fenomeni di diluizione susseguente

9.4.4 Abaco di Abraham

9.5 Condotte sottomarine: particolari costruttivi

10 Sistemi a fanghi attivi con trattamento «avanzato» (6)

10.1 Membrane Bioreactor

10.1.1 Fouling

10.1.2 Moduli a membrane

10.1.3 Casi Studio

10.2 Moving Bed Biofilm Reactor

10.2.1 Supporti

10.2.2 Parametri operative

10.2.3 Casi studio

Applicazioni ed esercitazioni numeriche (25%)

L'insegnamento prevede lo svolgimento di esercitazioni pratiche/calcolistiche di progettazione di depuratori volti al trattamento di acque reflue civili.

Le esercitazioni devono essere svolte in gruppi che, di norma, sono costituiti da 3-5 studenti. A ciascun gruppo sarà assegnato un centro urbano, con relative dotazioni e popolazione (residenti e fluttuanti), sul quale saranno sviluppate tutte le considerazioni progettuali per la scelta e il lay-out di trattamento. Specifiche modalità di ricevimento e di supporto a distanza sono previste per gli studenti non frequentanti o lavoratori.

Essendo distribuite durante l'insegnamento a valle della discussione teorica dei metodi progettuali e delle scelte tecniche ingegneristiche, le esercitazioni in aula guidano l'allievo nell'elaborazione calcolistica del progetto di massima.

Le unità di cui si prevede il calcolo progettuale sono:

LINEA acque

- Grigliatura
- Dissabbiatura
- Sedimentazione primaria
- Vasca biologica
- Sedimentazione secondaria
- Disinfezione

LINEA FANGHI

- Ispessimento
- Digestione
- Disidratazione

Gli elaborati da produrre sono 4: 1) Relazione tecnica del progetto; 2) Planimetria dei percorsi idraulici (a scala idonea); 3) Sistemazione stradale, planimetrica e barriera verde; 4) Raccolta dei fogli di calcolo su schede di esercitazione riepilogative appositamente prodotte

L'insegnamento sarà completato da visite presso il laboratorio LISA dove verranno sviluppate lezioni pratiche/laboratoriali che completino e integrino le abilità e le conoscenze viva voce acquisite durante le lezioni frontali.

Risultati di apprendimento (descrittori di Dublino)

Alla fine dell'insegnamento, gli studenti dovranno aver conseguito le seguenti abilità e conoscenze:

1. **Conoscenza e capacità di comprensione:**

L'insegnamento intende fornire allo studente le nozioni di base per analizzare le problematiche legate all'inquinamento ambientale e le tecniche di mitigazione rivolte al trattamento dei reflui civili al corretto smaltimento in corpi idrici ricettori. In particolare, l'insegnamento focalizza l'attenzione sulla progettazione di un impianto di depurazione convenzionale. In particolare, saranno acquisite le tecniche di depurazione biologica di base (fanghi attivi, biomasse adese) e si approfondiranno le tematiche relative alla gestione degli scarichi in tutti i corpi idrici superficiali (fiumi, laghi, mare). Infine, con lo scopo di completare l'inquadramento riguardante le tematiche di base dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale, verranno descritti i processi di gestione e trattamento riguardanti lo smaltimento o il recupero (di materiali ed energia) dai fanghi di depurazione.

2. **Conoscenza e capacità di comprensione applicate:**

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti specifiche ed approfondite conoscenze sulle tematiche commesse alla depurazione delle acque reflue. In particolare, saranno dettagliatamente approfonditi i calcoli di dimensionamento e verifica delle singole unità di processo. L'ulteriore approfondimento pratico verrà realizzato tramite la discussione di tavole in CAD riguardanti piante e sezioni delle differenti opere civili presenti negli impianti di trattamento affrontati. Saranno in definitiva fornite le conoscenze pratico progettuali relative agli impianti di depurazione di reflui municipali finalizzate allo smaltimento convenzionale (non in "aree sensibili"). Completando le conoscenze della progettazione con l'approfondimento dello scarico a mare con condotte sottomarine.

3. **Autonomia di giudizio:**

L'attività tecnico pratica dell'insegnamento pone gli studenti di fronte alle scelte tipiche della progettazione e la valutazione delle alternative di processo (digestione aerobica o anaerobica; layout completi o semplificati). Gli studenti dovranno formarsi alla determinazione delle migliori scelte progettuali, valutare le alternative di processo di pretrattamento, assumendo su sé stessi la responsabilità della scelta progettuale.

4. **Abilità comunicative:**

Le esercitazioni progettuali andranno discusse in aula durante le esercitazioni, revisioni e i ricevimenti. La giustificazione delle scelte progettuali sarà oggetto dell'esame. Per questa ragione, gli studenti dovranno essere capaci di esporre e difendere le proprie scelte progettuali

5. **Capacità di apprendere:**

L'insegnamento prevede che gli studenti, pur avendo alcuni testi principali da cui poter attingere per lo studio, debbano raccogliere informazioni e conoscenze da una molteplicità di fonti che, lezione per lezione, saranno indicate al fine di comporre la propria formazione. Questo aspetto è particolarmente importante nella logica dell'evoluzione della disciplina che richiederà ai futuri ingegneri una continua formazione e specializzazione.

Testi per lo studio della disciplina

I Testi per lo studio della disciplina sono presenti in biblioteca di Ateneo

Testi principali:

- Bonomo Luca, Trattamenti delle acque reflue, Mc Graw-Hill Ed., Milano (Italia) 2008
- Metcalf Eddy, Ingegneria delle acque reflue: Trattamento e Riuso, Mc Graw-Hill 4th Ed., Milano (Italia) 2006

Testi di riferimento:

- Giovanni De Feo, Sabino De Gisi, Maurizio Galasso. Acque reflue: Progettazione e gestione di impianti per il trattamento e lo smaltimento. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2012.

- Sigmund Carlo, Teoria e Pratica della depurazione delle Acque Reflue, Dario Flaccovio Ed., Palermo (Italia) 2006

Il docente indicherà agli studenti periodicamente, lungo l'arco temporale di erogazione dell'insegnamento, la rispondenza tra le nozioni impartite e il testo di riferimento e/o di supporto adottato.

Metodi e strumenti per la didattica

Il docente utilizzerà prevalentemente l'erogazione di didattica frontale, intervallate da esercitazione calcolistiche, da sviluppare al computer con frequenza settimanale, in cui gli studenti risolveranno problemi dell'ingegneria sanitaria ambientale volta alla progettazione degli impianti di depurazione. Le lezioni saranno erogate attraverso un supporto informatico costituito da presentazioni Power Point e l'eventuale ausilio di una lavagna virtuale proiettata in aula. Alla fine della lezione tutto quello che sarà proiettato sarà erogato agli studenti in formato pdf, sulla piattaforma informatica dell'Ateneo, il cui accesso è riservato agli studenti dell'insegnamento e a chi ne faccia richiesta.

Materiali didattici messi a disposizione dello studente

- allegati tecnici e schede tecniche;
- quaderni di esercitazione dispense dell'insegnamento del docente
- Power Point formato pdf

Modalità di accertamento delle competenze

Solo colloquio orale.

Dal momento che la discussione delle esercitazioni progettuali è parte fondamentale della verifica finale, il completamento delle esercitazioni rappresenta un prerequisito per l'ammissione all'esame. Gli elaborati delle esercitazioni progettuali, devono essere consegnate sia in formato elettronico che cartaceo (in raccoglitore e secondo le modalità consone alla presentazione di progetti preliminari), almeno una settimana prima della data di avvio dell'appello d'esami a cui lo studente intende partecipare.

Il colloquio finale discuterà gli elaborati delle esercitazioni svolte (50% della valutazione) e gli aspetti teorici della disciplina discussi durante l'insegnamento e riportati nella precedente scheda nella sezione Contenuti (50% della valutazione). L'accesso all'esame finale non è soggetto a nessun accertamento preventivo o in-itinere.

Specificatamente, col fine di agevolare e, al contempo, verificare il graduale processo di apprendimento, l'accertamento finale consisterà in una discussione orale (della durata variabile tra i 30-40 minuti) che riguarderà gli aspetti sia teorici che pratici degli argomenti di ingegneria trattati durante l'insegnamento (nell'ambito dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale di base volta alla gestione/progettazione degli impianti di depurazione).

In particolare, la discussione delle esercitazioni sarà sviluppata simulando la procedura di validazione dei progetti tecnici prevista dal Codice degli Appalti e verterà sui seguenti elementi:

- scelte progettuali e layout delle opere progettate in relazione ai requisiti funzionali previsti nel progetto di massima del depuratore municipale.
- giustificazione delle scelte progettuali e tecnologiche e discussione dei calcoli di dimensionamento effettuati;
- discussione degli elaborati grafici sviluppati e delle scelte tecnologiche adottate per le opere in progetto.

Le domande sugli aspetti teorici della disciplina riguarderanno metodi di dimensionamento e scelte progettuali per la corretta gestione degli Impianti convenzionali di depurazione a Fanghi Attivi, le tecniche e procedure di monitoraggio ambientale, la Gestione degli scarichi e lo smaltimento in corpi idrici superficiali.

Il colloquio si intende superato, con la votazione di 18/30, quando lo studente dimostra:

- minime conoscenze tecniche di base sugli aspetti di progettazione e gestione dei

- depuratori;
- capacità di autonoma applicazione dei metodi progettuali in relazione a semplici problemi di dimensionamento idraulico e impiantistico;
- capacità di applicazione delle conoscenze acquisite per formulare semplici valutazioni di funzionalità depurativa in relazione a fissati pre-requisiti di corretto smaltimento in corpi idrici superficiali.

Il voto di 30/30, con eventuale lode, è assegnato quando lo studente dimostra:

- piena conoscenza degli aspetti tecnici e tecnologici connessi con la progettazione la realizzazione e la gestione dei depuratori municipali;
- autonoma applicazione dei criteri e metodi di dimensionamento acquisiti anche in relazione a problemi idraulici;
- capacità di autonoma elaborazione di giudizi tecnici basati sulle conoscenze acquisite anche in relazione alla risoluzione di problemi di gestione e di infrastrutture civili esistenti.

Date di esame

Le date d'esame saranno pubblicate nella pagina web del corso di laurea:
https://gestioneaule.unikore.it/agendaweb_unikore//index.php?lang=it

Modalità e orario di ricevimento

Gli studenti si ricevono, di norma, il martedì ed il giovedì pomeriggio. Al fine di ridurre i tempi di attesa, si chiede di voler formalizzare la richiesta di ricevimento tramite E-mail.

Nel caso di necessità, direttamente collegate all'emergenza sanitaria (SARS/COVID), sarà possibile concordare ricevimento online previa richiesta al docente.

Nel dettaglio, gli orari di ricevimento saranno pubblicati sulla pagina personale del docente:

<https://www.unikore.it/index.php/it/ing-civile-ambientale-persone/docenti-del-corso/itemlist/category/1934-prof-gaetano-di-bella>

ⁱ PO (professore ordinario), PA (professore associato), RTD (ricercatore a tempo determinato), RU (Ricercatore a tempo indeterminato), DC (Docente a contratto).