



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE

### RENATO IANNELLI

Academic year	2021/22
Course	INGEGNERIA DELLE INFRASTRUTTURE CIVILI E DELL'AMBIENTE
Code	062HH
Credits	9

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE	ICAR/03	LEZIONI	90	RENATO IANNELLI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Fornire un'informazione di base di interesse per l'ingegnere civile relativamente alla conoscenza dei fenomeni di inquinamento dell'acqua, nonché delle principali tecniche di gestione e trattamento delle acque primarie e delle acque reflue da destinare al riuso o alla restituzione all'ambiente. Il tutto con un particolare approfondimento (inclusa una esercitazione consistente nel progetto di massima di un impianto ed una visita tecnica) delle tecniche di depurazione delle acque reflue civili finalizzate al riuso o alla restituzione all'idrografia superficiale.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante l'esame orale conclusivo dell'insegnamento verrà verificata la conoscenza degli argomenti trattati e la capacità critica di confronto e di applicazione pratica degli argomenti teorici

##### *Capacità*

Progetto e gestione delle diverse fasi di un impianto di depurazione di acque reflue civili mediante confronto ragionato fra le principali tecnologie di trattamento di uso corrente nonché quelle più promettenti per il prossimo futuro

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Durante l'esame orale verrà verificato il progetto di un impianto di depurazione sviluppato durante le esercitazioni pratiche accertando la capacità critica di impostare il progetto sulla base degli elementi forniti nonché la correttezza di metodi utilizzati e dei risultati ottenuti.

##### *Comportamenti*

- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alle problematiche ambientali
- Lo studente potrà saper gestire responsabilità di progettazione di un impianto di depurazione
- Saranno acquisite opportune accuratezza e precisione nello svolgere attività legate a progettazione e conduzione di impianti di ingegneria sanitaria ambientale

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

- Durante le sessioni di esercitazione saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte
- Durante il lavoro di gruppo sono verificate le modalità di definizione delle responsabilità, di gestione e organizzazione delle fasi progettuali
- Al termine delle esercitazioni saranno richieste agli studenti una relazione e delle tavole relative al progetto sviluppato

##### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Concetti di base di idraulica e chimica

##### Indicazioni metodologiche

L'insegnamento di 9 crediti formativi (CFU) viene impartito nel primo periodo didattico (6 ore di lezione settimanali), riservando il secondo periodo didattico allo svolgimento delle esercitazioni pratiche (2 ore settimanali di esercitazioni pratiche). Al termine del secondo periodo



## UNIVERSITÀ DI PISA

didattico si svolge una visita di studio presso un impianto di trattamento di acque reflue o acque primarie diverso di anno in anno.

Durante il ciclo di esercitazioni pratiche viene sviluppato (a livello di progetto preliminare) il progetto di un impianto di depurazione di acque reflue civili completo delle diverse fasi di trattamento, di una linea di trattamento dei fanghi prodotti e di un sistema di post-trattamento finalizzato al riuso delle acque trattate.

Il processo biologico viene infine verificato con l'utilizzo del software Biowin.

Le esercitazioni vengono sviluppate in gruppi di 4 - 6 allievi ciascuno. Ogni gruppo, al termine del ciclo di esercitazioni, deve sviluppare i seguenti elaborati:

- Relazione tecnica con almeno i seguenti capitoli:
  - Parametri di progetto
  - Descrizione e commento delle scelte progettuali
  - Dimensionamento delle fasi di processo
  - Calcolo del profilo idraulico
- Planimetria generale, sistemazioni a verde e viabilità;
- Planimetria dei collegamenti idraulici;
- Schema di processo;
- Profilo idraulico dell'impianto.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il programma di dettaglio (con data/ora delle singole lezioni) può essere scaricato dalla [home page del docente](#)

**MACROARGOMENTO 1 (L = 1 ora)** Introduzione e generalità

Ingegneria sanitaria ambientale.

Inquinamento.

Sviluppo sostenibile.

Misurazione dello stato ambientale.

**MACROARGOMENTO 2 (L = 7 ore)** Param. misura inquinamento

sostanze solide, COD, BOD, misure respirometriche

nutrienti, altri parametri chimico-fisici, microbiologia

**MACROARGOMENTO 3 (L = 5 ore)** Principali fenomeni di inquinamento delle acque

Bilancio ossigeno acque correnti, Eq. Streeter & Phelps

Eutrofizzazione: generalità; classif. Stato trofico, eq. Vollenweider; analisi prevenzione e cura

Inquinamento chimico, microbiologico, termico

**MACROARGOMENTO 4 (L = 2 ore)** Normativa sulle acque

Principale normativa ambientale europea, italiana e regionale acque: testo unico ambientale, riuso, balneazione, ecc.

**MACROARGOMENTO 5 (L = 4 ore)** Depurazione biologica delle acque

microbiologia e biochimica

principi processi biologici

cinetica crescita biomassa e consumo substrati, ruolo ossigeno

temperatura, ambiti di validità.

Generalità su reattoristica: batch, CSTR e PFR

**MACROARGOMENTO 6 (L = 10 ore)** Depurazione biologica a fanghi attivi

modelli idrodinamici reattori, curve conversione; carico ed età fango; portata supero

fabbisogno ossigeno, portata ricircolo, criteri di dimensionamento

Nitrificazione e denitrificazione

Modellistica numerica: IWA ASM1. Pacchetti di simulazione processo a fanghi attivi.

Frazione attiva e grado di stabilizzazione della biomassa.

Esempi di dimensionamento di impianti a medio carico e ad ossidazione prolungata

**MACROARGOMENTO 7 (L = 5 ore)** Sedimentazione e flottazione

impostazione: tipi di sedimentazione

processi di sedimentazione e flottazione; sedimentatori primari e finali, sedimentatori lamellari, disoleatori

manufatti

Problemi gestionali e malattie del fango

**MACROARGOMENTO 8 (L = 8 ore)** Altri processi di depurazione biologica

Impianti a biomasse adese: percolatori, biodischi, MBBR

TF/SC, biofiltrazione sommersa. Contact/stabilization

Impianti MBR, SBR, cicli alternati. Oxidation ditch, biomasse granulari, deep shaft

Reattori anaerobici. UASB. Sistemi multistadio. Piccolissimi impianti: fosse biologiche e Imhoff

Trattamenti naturali: lagunaggi e fitodepurazione. Specie macrofite.

Criteri dimensionamento hSSF-CW. Pre e post trattamenti. Prestazioni tipiche. Campi applicazione

**MACROARGOMENTO 9 (L = 7 ore)** Trattamento e gestione dei fanghi di depurazione biologica

Generalità sul trattamento fanghi primari e di supero. Disidratazione e stabilizzazione.

Digestione anaerobica: obiettivi, principi, prod. biogas, Schemi mesofili mono/bistadio. Criteri progetto

Digest. Anaerobica: volumi digestione, estrazione acqua. Stabilizzazione aerobica

ispessimento e disidratazione meccanica

Essiccamento termico e incenerimento fanghi. Letti essiccamento e fitodisidratazione

**MACROARGOMENTO 10 (L = 2 ore)** Processi di chiariflocculazione e rimozione chimico fisica del fosforo

Chiariflocculazione

defosfatizzazione chimico-fisica



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

**MACROARGOMENTO 11 (L = 3 ore)** Processi di disinfezione e di ossidazione

Processi di ossido-riduzione. Principali agenti ossidanti e riducenti. Cinetica dei processi di disinfezione.

Cloro gas, ipocloriti e biossido di cloro

Altre tecniche di disinfezione

Processi di ossidazione avanzata

**MACROARGOMENTO 12 (L = 4 ore)** Processi di filtrazione tradizionale e su membrana

Processi di filtrazione di volume e superficie. Filtrazione su sabbia rapida e lenta Microstacciatura.

Trattamenti a membrana: classificazione; micro e ultrafiltrazione; osmosi inversa; nanofiltrazione.

Principali applicazioni dei processi a membrana. Dissalazione dell'acqua di mare.

**MACROARGOMENTO 13 (L = 2 ore)** Adsorbimento e scambio ionico

Adsorbimento e carboni attivi

Scambio ionico

**MACROARGOMENTO 14 (L = 2 ore)** Applicazione dei processi unitari alla potabilizzazione delle acque

Potabilizzazione acque superficiali: principali schemi di trattamento

Potabilizzazione acque sotterranee: principali schemi di trattamento

**MACROARGOMENTO 15 (L = 24 ore)** Esercitazione

Dimensionamento processo fanghi attivi denitro-nitro

Dissabbiatura, grigliatura, stacciatura

Dimensionamento defosfatazione, sedimentatori, eventuale omogeneizzazione-equalizzazione

Trattamenti finali; gestione acque pioggia; variab. stagionale

Dimensionamento linea fanghi

Verifica del processo con software BioWin: condizioni stazionarie

Verifica dinamica del processo con software BioWin: portate e carichi variabili

Calcolo profilo idraulico e dimens. stazione sollevamento

Verifica finale

**MACROARGOMENTO 16 (L= 4 ore)** Visita tecnica

Visita tecnica ad un impianto di trattamento acque primarie o acque reflue diverso di anno in anno

### Bibliografia e materiale didattico

Testi di riferimento:

Autore: Vari

Titolo: Dispense scaricabili dalla homepage del docente [people.unipi.it/renato\\_iannelli](http://people.unipi.it/renato_iannelli)

Autore: Luca Bonomo

Titolo: Trattamenti delle acque reflue

Editore: McGraw-Hill Italia

ISBN: 978-88-386-6518-9

Testi di consultazione:

Autore: Carlo Collivignarelli - Sabrina Sorlini

Titolo: Potabilizzazione delle acque - processi e tecnologie

Editore: Dario Flaccovio Editore

ISBN: 978-88-7758-856-2

Autore: Piero Sirini

Titolo: Ingegneria sanitaria-ambientale

Editore: McGraw-Hill Italia

ISBN: 88-386-0897-0

### Indicazioni per non frequentanti

Anche se la frequenza alle lezioni non è obbligatoria, è fortemente raccomandata. E' invece indispensabile partecipare alle esercitazioni di gruppo che si svolgono nel secondo periodo didattico.

In caso di assoluta impossibilità di frequentare la maggior parte delle lezioni, si raccomanda di studiare sul testo principale seguendo gli argomenti delle singole lezioni pubblicate sulla homepage del docente [people.unipi.it/renato\\_iannelli](http://people.unipi.it/renato_iannelli) ed utilizzando le dispense integrative scaricabili dalla stessa homepage del docente.

### Modalità d'esame

Esame orale

### Altri riferimenti web

<https://envirosim.com/products/biowin>

Ultimo aggiornamento 16/07/2021 13:28