



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Anno Accademico 2021/2022

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

Insegnamento	Idraulica
CFU	9
Settore Scientifico Disciplinare	ICAR/01
Metodologia didattica	Lezioni frontali ed esercitazioni
Nr. ore di aula	72
Nr. ore di studio autonomo	153
Nr. ore di laboratorio	-
Mutuazione	No
Annualità	II Anno
Periodo di svolgimento	I semestre

Docente	E-mail	Ruolo	SSD docente
Mauro De Marchis	Mauro.demarchis@unikore.it	PA	ICAR/01

Propedeuticità	Nessuna
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://unikore.it/index.php/it/attivita-didattiche-ingegneria-civile-e-ambientale/calendario-lezioni>

## Obiettivi formativi

Fornire gli strumenti per la progettazione e la verifica dei sistemi idraulici. Fornire gli strumenti per lo studio delle correnti a pelo libero che si instaurano in seno ai corsi idrici. Il corso fornisce i principali elementi per effettuare la progettazione e la verifica del funzionamento delle opere idrauliche siano esse in pressione che a superficie libera. Il corso intende fornire le conoscenze di base per la comprensione dei sistemi idraulici. Essendo il corso il primo ad affrontare i temi dell'idraulica, il corso di Idraulica intende fornire agli studenti gli strumenti fondamentali per lo studio e la comprensione di quegli elementi più propriamente progettuali che si affrontano nei corsi successivi di costruzioni idrauliche e impianti di trattamento sanitario.

## Contenuti del Programma

Nozioni introduttive

- 1.1 I fluidi come sistemi continui
- 1.2 L'elemento fluido
- 1.3 Approccio lagrangiano e approccio euleriano

- 1.4 Traiettorie e campi
- 1.5 Le equazioni del moto
- 1.6 Equazioni globali e equazioni locali
- 1.7 Simbologia
- 1.8 Derivazione rispetto allo spazio
- 1.9 Derivazione rispetto al tempo

#### Cinematica dei fluidi ed equazioni di continuità

- 2.1 Effetti del moto su un elemento fluido
- 2.2 I cambiamenti di configurazione in un campo di moto
- 2.3 Velocità angolari e di deformazione nel caso tridimensionale
- 2.4 Significato cinematico di divu
- 2.5 Il tensore gradu e la sua decomposizione
- 2.6 Traiettorie, linee di corrente, linee di fumo
- 2.7 Tubi di flusso e correnti
- 2.8 Portata di massa e portata di volume
- 2.9 L'equazione di continuità in forma indefinita
- 2.10 L'equazione di continuità per i tubi di flusso e le correnti

#### Le equazioni del moto dei fluidi

- 3.1 La seconda legge di Newton
- 3.2 Il tensore degli sforzi
- 3.3 Il tensore degli sforzi per i fluidi incomprimibili newtoniani. La viscosità dinamica e cinematica
- 3.4 Equazioni indefinite dei liquidi viscosi newtoniani (di Navier-Stokes)
  - 3.4.1 Scritture semplificate delle equazioni di Navier-Stokes
- 3.5 Le diverse forme delle equazioni indefinite del moto
  - 3.5.1 Teorema di Bernoulli generalizzato
  - 3.5.2 Equazioni indefinite dei liquidi perfetti: equazione di Eulero e teorema di Bernoulli
  - 3.5.3 Equazione dell'idrostatica
  - 3.5.4 Equazioni del moto delle correnti lineari
  - 3.5.5 Equazioni differenziali della linea dell'energia e del profilo delle correnti a pelo libero in moto permanente
  - 3.5.6 Equazione differenziale delle correnti a pelo libero in moto vario (equazione di de Saint-Venant)
- 3.6 L'equazione globale dell'equilibrio dinamico

#### Idrostatica

- 4.1 Pressioni e piano dei carichi idrostatici - Legge di Stevino
- 4.2 Serbatoi in pressione ed in depressione
- 4.3 Spinte su pareti piane
- 4.4 Spinte su superfici curve
  - 4.4.1 Il metodo dell'equazione globale
  - 4.4.2 Il metodo delle componenti
- 4.5. Strumenti di misura della pressione
  - 4.5.1 Il manometro semplice
  - 4.5.2 Il manometro differenziale
  - 4.5.3 Il manometro a molla tubolare o tipo Bourdon
  - 4.5.4 Cenni ai trasduttori elettrici di pressione

#### Applicazioni del teorema di Bernoulli

- 5.1. Efflusso da un serbatoio attraverso una luce a spigolo vivo

- 5.2. Efflusso da un serbatoio attraverso una condotta sboccante nell'atmosfera
- 5.3. Condotta fra due serbatoi a quota differente
- 5.4. Misura della velocità col tubo di Pitot
- 5.5. Misura della portata con il venturimetro o tubo di Venturi e con altri apparecchi deprimogeni
- 5.6. Misura della portata con misuratori elettromagnetici e ad ultrasuoni (cenni)

#### Moti laminari

- 6.1. Moto laminare uniforme nei tubi a sezione circolare
- 6.2. Moti piani
  - 6.2.1. Moto tra due piani paralleli e fissi
- 6.3. Riepilogo delle distribuzioni di velocità e delle leggi di resistenza nei moti laminari

#### Moti turbolenti

- 7.1 Generalità sulla turbolenza
- 7.2. L'approccio statistico allo studio della turbolenza
- 7.3. Le equazioni di Reynolds
- 7.4. Le correnti in regime turbolento
- 7.5. Cenni sui modelli di turbolenza

#### Moto uniforme turbolento nelle condotte in pressione a sezione circolare

- 8.1. Confronto dei diagrammi di velocità in moto laminare e turbolento
- 8.2 Influenza della parete sul regime di moto
- 8.3 Distribuzioni degli sforzi in regime turbolento
- 8.4 Considerazioni cinematiche sul termine  $pu'v'$
- 8.5 Le leggi di resistenza
- 8.6 Le leggi di resistenza in regime di tubo liscio
- 8.7 Il profilo di velocità logaritmico di Prandtl
- 8.8 Il profilo di velocità nello strato limite viscoso
- 8.9 Le leggi di resistenza in tubi artificialmente scabri.
- 8.10 Le leggi di resistenza nei tubi commerciali
- 8.11 La formula di Colebrook-White
- 8.12 Le formule per il moto di transizione
- 8.13 Le formule pratiche per il moto puramente turbolento
- 8.14 I problemi tecnici del moto uniforme
- 8.15 Riepilogo delle distribuzioni di velocità e delle leggi di resistenza nelle condotte in pressione

#### Corte condotte

- 9.1 Le perdite di carico localizzate
  - 9.1.1 Caratteri qualitativi delle perdite localizzate
  - 9.1.2 Formulazione matematica delle perdite localizzate
- 9.2 Generalizzazione dell'equazione del moto per una condotta semplice e per una condotta complessa
  - 9.2.1 Primo problema di verifica: assegnati i diametri, le lunghezze e le scabrezze dei diversi tratti di una condotta e le quote piezometriche dei nodi estremi, calcolare la portata.
  - 9.2.2 Secondo problema di verifica: assegnati i diametri, le lunghezze e le scabrezze dei diversi tratti di una condotta e la portata defluente, calcolare la perdita di carico complessiva
  - 9.2.3 Problema di progetto: assegnati la lunghezza, la scabrezza ed il dislivello tra i carichi totali dei nodi estremi di una condotta e la portata in essa defluente, calcolare i diametri dei vari tratti.
- 9.3 Esercizi svolti
  - 9.3.1 Problema di laboratorio: calcolo della scabrezza assoluta di un materiale
  - 9.3.2 Calcolo della portata mediante la formula di Colebrook-White

- 9.3.3 Problema di progetto: calcolo del diametro con la formula di Colebrook-White
- 9.3.4 Condotta complessa a tre rami
- 9.3.5 Condotta complessa a tre rami con valvola per la regolazione della portata
- 9.3.6 Verifica di una corta condotta con venturimetro
- 9.3.7 Calcolo della portata defluente in una condotta tra due serbatoi di quota nota

## Lunghe condotte

- 10.1 Definizione di lunghe condotte
- 10.2 Influenza del profilo sul funzionamento delle condotte
  - 10.2.1 Vincoli sulle pressioni relative negative
  - 10.2.2 Vincoli sulle pressioni relative positive
  - 10.2.3 Avviamento del moto in una condotta a gravità - necessità di innescare il moto
- 10.3 Applicazioni specifiche delle lunghe condotte
  - 10.3.1 Erogazioni o immissioni concentrate ai nodi
  - 10.3.2 Erogazione distribuita lungo il percorso
  - 10.3.3 Condotta formata da rami in parallelo
  - 10.3.4 Il problema dei tre serbatoi
- 10.4 Esercizi svolti
  - 10.4.1 Progetto di una lunga condotta fra due serbatoi
  - 10.4.2 Verifica a tubi nuovi della lunga condotta fra due serbatoi considerata nell'esercizio 10.4.1
  - 10.4.3 Progetto e verifica di una lunga condotta fra due serbatoi, con diametro unico
  - 10.4.4 Verifica di una lunga condotta con spillamento
  - 10.4.5 Verifica di una lunga condotta con un ramo in servizio misto

## Impianti di sollevamento

- 11.1. Potenza di una corrente
- 11.2. Principi di funzionamento delle pompe centrifughe
  - 11.2.1 Diagrammi caratteristici di una pompa centrifuga
- 11.3. Principi di funzionamento del sistema condotta – pompa centrifuga
  - 11.3.1 Variazione della curva caratteristica della condotta
  - 11.3.2 Variazione della curva caratteristica della pompa
  - 11.3.3 Cenni sui fenomeni di moto vario negli impianti di sollevamento
  - 11.3.4 Fenomeno di colpo d'ariete
- 11.4. Funzionamento di più pompe disposte in serie e in parallelo
  - 11.4.1 Pompe centrifughe in parallelo
- 11.5. Cenni sul funzionamento degli impianti idroelettrici
  - 11.5.1 Turbine ad azione e turbine a reazione
- 11.6. Esercizi
  - 11.6.1- Schema elementare d'impianto di sollevamento: calcolo della potenza della pompa
  - 11.6.2- Schema elementare d'impianto di sollevamento: portata massima sollevabile
  - 11.6.3- Schema elementare d'impianto idroelettrico di produzione di energia

## Moto permanente negli alvei a fondo fisso

- 12.1- Generalità
- 12.2. Relazione tra il tirante idrico, la portata e l'energia della corrente in una sezione
- 12.3. Equazioni della linea dell'energia e del profilo di corrente
- 12.4. Moto uniforme
- 12.5. Alvei a debole pendenza e a forte pendenza. La pendenza critica
- 12.6. Propagazione delle piccole perturbazioni di livello nelle correnti lente e in quelle veloci
- 12.7. Andamento qualitativo dei possibili profili di corrente e delle corrispondenti linee dell'energia
- 12.8. Tracciamento dei profili di corrente e delle corrispondenti linee dell'energia
- 12.9. Distribuzione delle velocità e degli sforzi tangenziali e leggi di resistenza nel moto uniforme

delle correnti a  
superficie libera

12.9.1- Applicazione numerica

12.10. Riepilogo delle formule del moto uniforme negli alvei cilindrici a fondo fisso

Moto delle correnti filtranti

13.1- Generalità

13.2. Le falde acquifere

13.3. La legge di Darcy e permeabilità

13.4. La legge di Darcy in forma vettoriale. Linee di corrente e superfici isopieziche

13.5. Misure della permeabilità in laboratorio su campioni di terreno

Applicazioni ed esercitazioni numeriche

Le applicazioni numeriche e le esercitazioni verranno svolte in aula informatica.

1) Diagrammi delle pressioni e calcolo delle spinte idrostatiche su superfici piane e curve.

Misura delle pressioni mediante manometri metallici, semplici e differenziali, ecc.

2) Applicazioni del teorema di Bernoulli: efflusso da un serbatoio attraverso luci a battente, efflusso da un serbatoio attraverso una condotta sboccante nell'atmosfera, collegamento di due serbatoi a quota diversa con una condotta, tubo di Pitot, venturimetro per condotte.

3) Le condotte a gravità. Applicazione delle formule del moto uniforme nei problemi di verifica, di progetto, di laboratorio. Le perdite di carico localizzate. La equazione e la curva caratteristica di una condotta a gravità con perdite continue e perdite localizzate, e l'andamento delle linee piezometrica e dei carichi totali. Modifiche della curva caratteristica con l'invecchiamento della condotta o per effetto di aperture o chiusure di valvole. Regolazione della portata e della pressione di una condotta durante l'esercizio. Le lunghe condotte con servizio di estremità, o con servizio misto o con alimentazione dai due estremi. Le lunghe condotte con tratti in depressione. Andamento relativo tra la piezometrica e l'asse della condotta.

4) Le condotte elevatorie. Curve caratteristiche di una pompa centrifuga: portata - prevalenza, rendimento, potenza assorbita. Determinazione del punto di funzionamento di un impianto di sollevamento e sua regolazione. Caratteristiche di pompe in serie e pompe in parallelo. Dimensionamento di una condotta elevatoria.

5) Tracciamento dei profili di corrente in alvei a forte e/o debole pendenza.

---

Risultati di apprendimento (descrittori di Dublino)

I risultati di apprendimento attesi sono definiti secondo i parametri europei descritti dai cinque descrittori di Dublino.

1. Conoscenza e capacità di comprensione: Il corso intende fornire allo studente le nozioni di base per arrivare ad analizzare le problematiche inerenti dell'ingegneria Idraulica Ambientale. Descrivere i sistemi fisici che regolano il moto dei flussi sia in pressione che a superficie libera. Valutare gli aspetti generali che riguardano la progettazione idraulica di base. Il corso fornirà le conoscenze di base in relazione alla progettazione e gestione dei sistemi idraulici.
2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate: Fornire le conoscenze pratico progettuali per saper dimensionare e verificare impianti idraulici quali grandi acquedotti, reti cittadine e alvei a pelo libero, attraverso la predisposizione di esercitazioni teoriche qualitative ed esercitazioni quantitative al computer
3. Autonomia di giudizio: L'attività tecnico pratica del corso pone gli studenti di fronte alle scelte tipiche della progettazione di condotte in pressione, di serbatoi in pressione e di alvei a pelo libero. Gli studenti dovranno formarsi alla determinazione delle migliori scelte progettuali, valutare le alternative tecniche e le implicazioni delle loro scelte tecniche attraverso un percorso di responsabilizzazione della scelta progettuale.

4. **Abilità comunicative:** Le esercitazioni al computer andranno discusse in aula durante le esercitazioni ed i ricevimenti. I risultati delle verifiche e della progettazione dei sistemi idraulici saranno oggetto dell'esame. Per questa ragione, gli studenti dovranno essere capaci di esporre e giustificare le scelte modalità di calcolo utilizzate.
5. **Capacità di apprendere:** Il corso 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

---

##### Testi adottati e di riferimento

Giuseppe Curto, Enrico Napoli : Idraulica, Volume primo, Editoriale Bios, 2004

Giuseppe Curto, Enrico Napoli : Idraulica, Volume secondo, Editoriale Bios, 2006

##### Testi Consigliati

Duilio Citrini, Giorgio Nosedà – Idraulica – Casa Editrice Ambrosiana, 1975

Michele Mossa – Idraulica C.E.A. (Casa Editrice Ambrosiana) - Gruppo Zanichelli, 2013.

##### Materiale didattico a disposizione degli studenti:

Ad integrazione dei libri di testo, sono fornite dispense su temi specifici del corso, tavole sinottiche riepilogative, esercitazioni quantitative sui temi del corso. Sono infine forniti anche appunti inerenti i possibili quesiti di esame.

##### Testi di approfondimento:

Enrico Marchi, Antonello Rubatta – Meccanica dei fluidi – Casa Editrice UTET, 1981

---

#### Modalità di accertamento delle competenze

---

##### Solo colloquio orale.

La verifica delle conoscenze tecniche apprese dagli allievi si svolgerà attraverso un colloquio orale finale la cui durata è indicativamente pari a 1 ora. Il colloquio finale verterà sia sugli aspetti teorici del corso che su quelli più propriamente applicativi. Per quanto concerne questi ultimi, la discussione della parte pratica prevede l'accertamento delle competenze acquisite dall'allievo in tutti e tre i seguenti temi:

- idrostatica
- correnti in pressione
- correnti a superficie libera

La valutazione dell'apprendimento sarà focalizzata sulla valutazione dei risultati attesi, in accordo con i descrittori di Dublino.

Il voto sarà dato in trentesimi e varierà da 18/30 a 30/30 con lode. L'obiettivo della prova d'esame consiste nel verificare il livello di raggiungimento delle conoscenze, competenze e abilità indicati. Il voto sarà espresso, secondo il seguente schema di valutazione:

- Ottimo (30- 30 e lode) : Ottima conoscenza e comprensione degli argomenti trattati. Ottima capacità di applicare le conoscenze acquisite per risolvere gli esercizi proposti e nell'affrontare nuove problematiche. Eccellenti capacità espositive.
- Molto buono (26-29): Buona conoscenza e comprensione degli argomenti trattati. Buona capacità di applicare le conoscenze acquisite per risolvere gli esercizi proposti e nell'affrontare nuove problematiche. Ottime capacità espositive.
- Buono (24-25): Buona conoscenza e comprensione degli argomenti trattati. Discreta capacità di applicare le conoscenze acquisite per risolvere gli esercizi proposti e nell'affrontare nuove

problematiche. Buone capacità espositive.

- Discreto ( 21-23): Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti trattati. Limitata capacità di applicare le conoscenze acquisite per risolvere gli esercizi proposti e nell'affrontare nuove problematiche.

- Sufficiente (18-20) : Conoscenza minima degli argomenti trattati e limitata capacità di applicare le conoscenze acquisite per risolvere gli esercizi proposti.

- Insufficiente: Manca di una conoscenza accettabile degli argomenti trattati e non dimostra una sufficiente capacità di applicare le conoscenze acquisite per risolvere gli esercizi.

---

#### Date di esame

Le date di esami saranno pubblicate sulla pagina web del corso di laurea:

<https://unikore.it/index.php/it/ingegneria-civile-ambientale-esami/calendario-esami>

---

#### Modalità e orario di ricevimento

Gli orari di ricevimento saranno pubblicati sulla pagina personale del docente:

<http://www.unikore.it/index.php/docenti>