



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2018/2019

## IDRAULICA

<b>Anno immatricolazione</b>	2017/2018
<b>Anno offerta</b>	2018/2019
<b>Normativa</b>	DM270
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE
<b>Curriculum</b>	PERCORSO COMUNE
<b>Anno di corso</b>	2°
<b>Periodo didattico</b>	Annualità Singola (01/10/2018 - 14/06/2019)
<b>Crediti</b>	12
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Prerequisiti</b>	Analisi matematica: concetti di: funzione (anche a più variabili), limite, derivata, integrale. Fisica: Misura delle grandezze fisiche e unità di misura. Principi ed equazioni fondamentali della meccanica. Energia. Principio di conservazione dell'energia. Fisica matematica: Grandezze scalari e vettoriali. Elementi fondamentali del calcolo vettoriale. Geometria delle masse.
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Nel modulo di Fondamenti di idraulica lo studente deve acquisire i fondamenti di base della statica e della dinamica dei fluidi incompressibili. Deve inoltre essere in grado di risolvere alcuni semplici problemi di idraulica relativi al calcolo delle correnti in pressione per quanto riguarda: spinte esercitate dai liquidi sulle pareti dei recipienti che li contengono, foronomia, resistenze al moto dei liquidi entro condotti, scambi di energia fra macchine e correnti idrauliche, problemi di dimensionamento e di verifica di condotti semplici e di impianti di pompaggio.</p> <p>Con il modulo di "Idraulica Applicata", lo studente deve acquisire i concetti e gli strumenti operativi necessari per risolvere i problemi di idraulica delle correnti in moto permanente a superficie libera in alvei artificiali. Deve saper delineare in termini qualitativi e calcolare numericamente i profili di rigurgito di correnti a pelo libero in funzione delle condizioni al contorno che caratterizzano la corrente stessa e di eventuali singolarità.</p>



A) Modulo di "Fondamenti di idraulica". Introduzione

Grandezze meccaniche e unità di misura. Stati di aggregazione della materia. I fluidi come sistemi continui. Sforzi interni nei sistemi continui.

Alcune proprietà dei liquidi

Densità e peso specifico. Dilatabilità e comprimibilità. Viscosità. Tensione di vapore.

Idrostatica

Relazione fra gravità e pressione. La pressione atmosferica: pressioni assolute e relative. Le unità di misura della pressione usate nella pratica tecnica. Piano dei carichi idrostatici e diagrammi delle pressioni. Misura delle pressioni. Spinta idrostatica su pareti piane.

Fondamenti di cinematica dei liquidi

Descrizione euleriana del moto dei liquidi. Entità cinematiche (traiettorie, linee di corrente, tubi di flusso, filetto fluido, flusso attraverso una superficie). Moti accelerati, uniformi e ritardati. Le correnti. Portata e velocità media di una corrente in una sezione trasversale.

Idrodinamica: equazione di continuità e teorema di Bernoulli

I principi di conservazione. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad un filetto fluido. Il teorema di Bernoulli. Distribuzione della pressione nelle sezioni trasversali delle correnti. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad una corrente gradualmente variata.

Foronomia e misura della portata

Cenni di foronomia. Il tubo di Pitot. Il venturimetro.

Le perdite di carico nei liquidi reali

I diversi regimi di movimento delle correnti uniformi. La dissipazione energetica nel moto laminare. La dissipazione energetica nel moto turbolento. Effetto della scabrezza della parete sulla dissipazione energetica. L'Abaco di Moody. Calcolo idraulico delle condotte. Formule di resistenza cosiddette pratiche. Le perdite di carico localizzate nelle correnti in pressione.

Cenni agli impianti idroelettrici e di pompaggio

Scambi di energia fra macchine e correnti idrauliche. Schemi tipo degli impianti idroelettrici e di pompaggio. Verifica idraulica e dimensionamento di un impianto di pompaggio.

**B) MODULO DI "IDRAULICA APPLICATA"**

Richiami sulle correnti:

Il concetto di corrente. Caratteristiche spaziali e temporali delle correnti. Le equazioni di continuità e del moto.

Caratteristiche geometriche delle correnti a superficie libera

Grandezze geometriche che caratterizzano la sezione trasversale.

Grandezze geometriche che caratterizzano il profilo longitudinale.

Rappresentazione della geometria degli alvei naturali.

Il moto uniforme nelle correnti a superficie libera  
Il moto uniforme. Formule di resistenza per le correnti a pelo libero e coefficienti di scabrezza. Scale di deflusso. Scale di deflusso per sezioni chiuse. Scale di deflusso per sezioni composte. Problemi di verifica e di dimensionamento in condizioni di moto uniforme: metodi grafici (scale di deflusso specifiche e normalizzate) e metodi numerici (bisezione). Instabilità del moto uniforme (correnti rapide).

Caratteristiche energetiche di una corrente a superficie libera  
Energia rispetto al fondo. Relazione fra energia e tirante idrico a portata costante. Relazione fra portata e tirante idrico a energia costante. Stato critico. Correnti lente, critiche e veloci. Alvei a pendenza debole, critica e forte.

Caratteristiche generali dei profili di moto permanente gradualmente variato  
L'equazione del moto permanente gradualmente variato. Possibili profili di moto permanente negli alvei a debole e a forte pendenza, negli alvei a pendenza critica, negli alvei orizzontali e acclivi. Sezioni di controllo.

Il raccordo fra due diversi profili di moto permanente  
Il passaggio attraverso lo strato critico. Il risalto idraulico. Spinta totale. Relazione fra spinta e tirante idrico a portata costante. Relazione fra portata e tirante idrico a spinta costante. Localizzazione del risalto.

Tracciamento dei profili di rigurgito  
Il concetto di rigurgito e sua propagazione verso monte e verso valle. Integrazione delle equazioni del moto permanente gradualmente variato per gli alvei prismatici.

Singularità nelle correnti a superficie libera  
Generalità sulle correnti rapidamente variate. Scale caratteristiche (scala della singularità e scala del profilo di moto permanente). Soglie di fondo ben raccordate. Stramazzo a larga soglia. Contrazioni laterali raccordate e brusche. Modellatori a risalto. Rigurgito provocato dalle pile dei ponti.

**Metodi didattici**

Lezioni, esercitazioni pratiche e laboratori

**Testi di riferimento**

Gallati M., Sibilla S. . Fondamenti di Idraulica. Carocci editore, Roma.  
Citrini D., Nosedà D.. Idraulica. Tamburini, Milano.

**Modalità verifica apprendimento**

Lo studente deve sostenere due prove scritte, rispettivamente sui contenuti dei moduli di Fondamenti di idraulica e di Idraulica applicata. Il superamento dell'esame richiede il superamento di entrambe le prove con voto positivo, dopo il quale è possibile sostenere una prova orale (facoltativa) sui contenuti dell'intero corso.

**L'insegnamento è suddiviso**

502543 - **FONDAMENTI DI IDRAULICA**

502938 - **IDRAULICA APPLICATA**



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2018/2019

## FONDAMENTI DI IDRAULICA

<b>Anno immatricolazione</b>	2017/2018
<b>Anno offerta</b>	2018/2019
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ICAR/01 (IDRAULICA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE
<b>Curriculum</b>	PERCORSO COMUNE
<b>Anno di corso</b>	2°
<b>Periodo didattico</b>	Primo Semestre (01/10/2018 - 18/01/2019)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	52 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	FENOCCHI ANDREA - 1 CFU SIBILLA STEFANO - 5 CFU
<b>Prerequisiti</b>	Analisi matematica: concetti di: funzione (anche a più variabili), limite, derivata, integrale. Fisica: misura delle grandezze fisiche e unità di misura, principi ed equazioni fondamentali della meccanica, principio di conservazione dell'energia. Fisica matematica: grandezze scalari e vettoriali, elementi fondamentali del calcolo vettoriale, geometria delle masse.
<b>Obiettivi formativi</b>	Al termine del Corso lo studente deve conoscere e capire i principi di base che regolano il moto dei liquidi nelle condotte e nei canali a superficie libera. Deve inoltre saper applicare questi principi all'impostazione e alla soluzione di semplici problemi di ingegneria idraulica applicata nel campo delle correnti in pressione per quanto riguarda: spinte esercitate dai liquidi sulle pareti dei recipienti che li contengono, determinazione della portata e delle resistenze al moto dei liquidi entro condotte, scambi di energia fra macchine e correnti

idrauliche, problemi di dimensionamento e di verifica di condotte semplici e di impianti di pompaggio.

#### Programma e contenuti

##### Introduzione

Grandezze meccaniche e unità di misura. Stati di aggregazione della materia. I fluidi come sistemi continui. Sforzi interni nei sistemi continui.

##### Alcune proprietà dei liquidi

Densità e peso specifico. Dilatabilità e comprimibilità. Viscosità. Tensione di vapore.

##### Idrostatica

Relazione fra gravità e pressione. La pressione atmosferica: pressioni assolute e relative. Le unità di misura della pressione usate nella pratica tecnica. Piano dei carichi idrostatici e diagrammi delle pressioni. Misura delle pressioni. Spinta idrostatica su pareti piane e su pareti curve.

##### Fondamenti di cinematica dei liquidi

Descrizione euleriana del moto dei liquidi. Entità cinematiche (traiettorie, linee di corrente, tubi di flusso, filetto fluido, flusso attraverso una superficie). Moti accelerati, uniformi e ritardati. Le correnti. Portata e velocità media di una corrente in una sezione trasversale.

##### Idrodinamica: equazione di continuità e teorema di Bernoulli

I principi di conservazione. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad un filetto fluido. Il teorema di Bernoulli. Distribuzione della pressione nelle sezioni trasversali delle correnti. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad una corrente gradualmente variata.

##### Foronomia e misura della portata

Cenni di foronomia. Il tubo di Pitot. Il venturimetro.

##### Le perdite di carico nei liquidi reali

I diversi regimi di movimento delle correnti uniformi. La dissipazione energetica nel moto laminare. La dissipazione energetica nel moto turbolento. Effetto della scabrezza della parete sulla dissipazione energetica. L'Abaco di Moody. Calcolo idraulico delle condotte. Formule di resistenza cosiddette pratiche. Le perdite di carico localizzate nelle correnti in pressione.

##### Cenni agli impianti idroelettrici e di pompaggio

Scambi di energia fra macchine e correnti idrauliche. Schemi tipo degli impianti idroelettrici e di pompaggio. Verifica idraulica e dimensionamento di un impianto di pompaggio.

#### Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 34

Esercitazioni (ore/anno in aula): 18

Attività pratiche (ore/anno in aula): 0

#### Testi di riferimento

Gallati M., Sibilla S. . Fondamenti di Idraulica. Carocci editore, Roma.

Citrini D., Nosedà D.. Idraulica. Tamburini, Milano.

**Modalità verifica  
apprendimento**

La verifica dell'apprendimento si svolgerà in forma scritta e prevederà in generale la soluzione di 2 esercizi, di cui il primo relativo al calcolo delle spinte idrostatiche su pareti piane o curve e il secondo relativo alla soluzione di un problema su foronomia e/o correnti in pressione (ad es: determinazione della portata e delle perdite di carico, verifica di un impianto idroelettrico o di pompaggio, ecc.).

La durata della prova è di 2 ore: durante la prova d'esame è consentito l'uso di manuali, tabelle, calcolatrici e appunti dello studente.

La valutazione della prova è effettuata in trentesimi.

**Altre informazioni**

**Obiettivi Agenda 2030 per lo  
sviluppo sostenibile**

[Gli obiettivi](#)





### IDRAULICA APPLICATA

<b>Anno immatricolazione</b>	2017/2018
<b>Anno offerta</b>	2018/2019
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ICAR/01 (IDRAULICA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE
<b>Curriculum</b>	PERCORSO COMUNE
<b>Anno di corso</b>	2°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (06/03/2019 - 14/06/2019)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	52 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	CIAPONI CARLO (titolare) - 6 CFU
<b>Prerequisiti</b>	Analisi matematica: concetti di: funzione (anche a più variabili), limite, derivata, integrale. Fisica: Misura delle grandezze fisiche e unità di misura. Principi ed equazioni fondamentali della meccanica. Energia. Principio di conservazione dell'energia. Fisica matematica: Grandezze scalari e vettoriali. Elementi fondamentali del calcolo vettoriale. Geometria delle masse.
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Il modulo di "Idraulica Applicata" costituisce il secondo modulo del Corso di Idraulica.</p> <p>Con il modulo di "Idraulica Applicata", lo studente deve acquisire i concetti e gli strumenti operativi necessari per risolvere i problemi di idraulica delle correnti in moto permanente a superficie libera in alvei artificiali. Deve saper delineare in termini qualitativi e calcolare numericamente i profili di rigurgito di correnti a pelo libero in funzione delle condizioni al contorno che caratterizzano la corrente stessa e di eventuali singolarità.</p>

## Programma e contenuti

Richiami sulle correnti:

Il concetto di corrente. Caratteristiche spaziali e temporali delle correnti. Le equazioni di continuità e del moto.

Caratteristiche geometriche delle correnti a superficie libera

Grandezze geometriche che caratterizzano la sezione trasversale.

Grandezze geometriche che caratterizzano il profilo longitudinale.

Rappresentazione della geometria degli alvei naturali.

Il moto uniforme nelle correnti a superficie libera

Il moto uniforme. Formule di resistenza per le correnti a pelo libero e coefficienti di scabrezza. Scale di deflusso. Scale di deflusso per sezioni chiuse. Scale di deflusso per sezioni composte. Problemi di verifica e di dimensionamento in condizioni di moto uniforme: metodi grafici (scale di deflusso specifiche e normalizzate) e metodi numerici (bisezione).

Instabilità del moto uniforme (correnti rapide).

Caratteristiche energetiche di una corrente a superficie libera

Energia rispetto al fondo. Relazione fra energia e tirante idrico a portata costante. Relazione fra portata e tirante idrico a energia costante. Stato critico. Correnti lente, critiche e veloci. Alvei a pendenza debole, critica e forte.

Caratteristiche generali dei profili di moto permanente gradualmente variato

L'equazione del moto permanente gradualmente variato. Possibili profili di moto permanente negli alvei a debole e a forte pendenza, negli alvei a pendenza critica, negli alvei orizzontali e acclivi. Sezioni di controllo.

Il raccordo fra due diversi profili di moto permanente

Il passaggio attraverso lo strato critico. Il risalto idraulico. Spinta totale. Relazione fra spinta e tirante idrico a portata costante. Relazione fra portata e tirante idrico a spinta costante. Localizzazione del risalto.

Tracciamento dei profili di rigurgito

Il concetto di rigurgito e sua propagazione verso monte e verso valle. Integrazione delle equazioni del moto permanente gradualmente variato per gli alvei prismatici.

Singularità nelle correnti a superficie libera

Generalità sulle correnti rapidamente variate. Scale caratteristiche (scala della singularità e scala del profilo di moto permanente). Soglie di fondo ben raccordate. Stramazzo a larga soglia. Contrazioni laterali raccordate e brusche. Modellatori a risalto. Rigurgito provocato dalle pile dei ponti.

## Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 34

Esercitazioni (ore/anno in aula): 18

## Testi di riferimento

Citrini D., Nosedà D.. Idraulica. Tamburini, Milano.

AA.VV.. Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione (Capitolo 12).

CSDU - Hoepli.

**Modalità verifica  
apprendimento**

L'esame di "Idraulica Applicata" si svolge in forma scritta. Il risultato positivo, se accettato dallo studente, sarà utilizzato, insieme al risultato dell'esame del modulo di "Fondamenti di Idraulica" ai fini del risultato finale del corso di "Idraulica" il cui voto è dato dalla media aritmetica (arrotondata per eccesso) dei voti riportati nei due moduli.

**Altre informazioni**

L'esame di "Idraulica Applicata" si svolge in forma scritta. Il risultato positivo, se accettato dallo studente, sarà utilizzato, insieme al risultato dell'esame del modulo di "Fondamenti di Idraulica" ai fini del risultato finale del corso di "Idraulica" il cui voto è dato dalla media aritmetica (arrotondata per eccesso) dei voti riportati nei due moduli.

**Obiettivi Agenda 2030 per lo  
sviluppo sostenibile**

[Gli obiettivi](#)