

guide ai programmi dei corsi 1996/97



**INGEGNERIA PER L'AMBIENTE
E IL TERRITORIO**

**POLITECNICO
DI TORINO**

Le Guide sono predisposte sulla base dei testi forniti dai Consigli di settore e di corso di laurea.

I Facoltà di ingegneria

Preside: prof. Pietro Appendino

Corso di laurea	Presidente (coordinatore)
Ingegneria aeronautica	Prof. Gianfranco Chiocchia
Ingegneria per l'ambiente e il territorio	Prof. Antonio Di Molfetta
Ingegneria chimica	Prof. Vito Specchia
Settore civile/edile:	Prof. Giovanni Barla
Ingegneria civile	Prof. Giovanni Barla
Ingegneria edile	Prof. Secondino Coppo
Ingegneria elettrica	Prof. Roberto Napoli
Ingegneria gestionale	Prof. Agostino Villa
Settore dell'informazione:	Prof. Paolo Prinetto
Ingegneria delle telecomunicazioni	Prof. Mario Pent
Ingegneria elettronica	Prof. Carlo Naldi
Ingegneria informatica	Prof. Paolo Prinetto
Ingegneria dei materiali	Prof. Carlo Gianoglio
Ingegneria meccanica	Prof. Rosolino Ippolito
Ingegneria nucleare	Prof. Evasio Lavagno

II Facoltà di ingegneria (sede di Vercelli)

Preside: prof. Antonio Gugliotta

Corso di laurea	Coordinatore
Ingegneria civile	Prof. Riccardo Nelva
Ingegneria elettronica	Prof. Luigi Ciminiera
Ingegneria meccanica	Prof. Maurizio Orlando

Edito a cura del SERVIZIO STUDENTI

Politecnico di Torino

Corso Duca degli Abruzzi 24 – 10129 Torino - Tel. 564.6250

Stampato nel mese di giugno 1996

CASA EDITRICE CELID, Via Lodi, 27 - Torino - Tel. 248.93.26

Libreria: C.so Duca degli Abruzzi, 24 - Torino - Tel. 540.875

SOMMARIO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO	5
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI OBBLIGATORI	15
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI D'ORIENTAMENTO	100
INDICI ALFABETICI PER INSEGNAMENTO E PER DOCENTE	227

Le Guide ai programmi dei corsi di laurea in ingegneria. Scopo fondamentale dei presenti opuscoli è quello di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. In un momento particolarmente arduo di riforma e di scelte di sviluppo dell'assetto universitario, gli studenti devono poter decidere con il massimo della chiarezza, per potersi adeguare alle innovazioni, ed eventualmente anno per anno farsi ragione e modificare le scelte a seguito delle più specifiche verifiche attitudinali.

Nel 1996/97 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea* (elenco alla pagina a fronte). Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea possono essere articolati in indirizzi ed orientamenti. Dell'*indirizzo* eventualmente seguito viene fatta menzione nel certificato di laurea, mentre gli *orientamenti* corrispondono a differenziazioni culturali, di cui invece non si fa menzione nel certificato di laurea; gli orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti *Consigli dei corsi di laurea*, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli studi*. Nelle pagine di queste *Guide*, di ciascun corso di laurea viene data una breve descrizione, e viene illustrato il programma di attuazione degli orientamenti previsti per ogni indirizzo.

Gli insegnamenti. Il nuovo ordinamento didattico¹ prevede diversi tipi di insegnamenti, distinti in monodisciplinari, monodisciplinari a durata ridotta (nel seguito indicati come corsi ridotti), e integrati. Un *insegnamento monodisciplinare* è costituito da 80–120 ore di attività didattiche (lezioni, esercitazioni, laboratori, seminari ecc.) e corrisponde ad una unità didattica o annualità. Un *corso ridotto* è costituito da 40–60 ore di attività didattiche e corrisponde a mezza annualità. Un corso integrato è costituito da 80–120 ore di attività didattiche e corrisponde ad una annualità; esso è svolto – in moduli coordinati di almeno 20 ore ciascuno – da due o, al massimo, tre professori che fanno tutti parte della commissione d'esame.

Ogni corso di laurea corrisponde a 29 annualità complessive, ripartite, in ognuno dei cinque anni di corso, su due *periodi didattici* (detti anche impropriamente semestri); ogni periodo didattico è di durata pari ad almeno 13 settimane effettive di attività. Un'altra novità

¹ Decreto Ministeriale del 22.05.1995, pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 166 del 18.07.1995.

introdotta già dal DPR 20 maggio 1989² è costituita dal fatto che non sono prescritti specifici insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento della laurea in un determinato corso di laurea in Ingegneria, ma sono prescritti i numeri minimi di unità didattiche da scegliere in determinati raggruppamenti disciplinari consistenti in *gruppi*³ di discipline affini. Ogni Consiglio di corso di laurea può adeguare annualmente il piano degli studi alle nuove esigenze richieste dal rapido evolversi delle conoscenze e degli sviluppi tecnologici. Perciò ogni anno i vari Consigli dei corsi di laurea stabiliscono gli insegnamenti ufficiali, obbligatori e non obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

Tutte queste informazioni e norme vengono pubblicate ogni anno nella Guida dello Studente-*Manifesto degli Studi*.

Finalità e organizzazione didattica dei vari corsi di laurea. Le pagine di queste *Guide* illustrano per ognuno dei corsi di laurea attivati – ed eventualmente per ognuno dei rispettivi indirizzi attivati – le professionalità acquisibili dai laureati, nonché il concetto ispiratore dell'organizzazione didattica, fornendo tracce schematiche di articolazione delle discipline obbligatorie ed esemplificazioni relative ai corsi facoltativi, organicamente inquadrabili nei vari *curricula* accademici.

Ogni corso di laurea ha previsto l'organizzazione di tutti i corsi in periodi didattici. Per quanto concerne l'organizzazione didattica e l'attribuzione dei docenti agli insegnamenti, si segnala ancora che:

- alcuni corsi di laurea introducono già al terzo anno una scelta di corsi di indirizzo o di orientamento, che richiedono la formulazione di un'opzione fra le scelte segnalate: tali opzioni vanno esercitate all'atto dell'iscrizione;
- in relazione a talune difficoltà, che possono verificarsi all'atto dell'accorpamento di taluni CL per le discipline di carattere propedeutico (del primo e secondo anno), non è assicurata la corrispondenza dei docenti indicati con gli effettivi titolari di dette discipline. In alcuni casi, non essendo noto al momento della stampa delle *Guide*, il nome del docente è stato lasciato indeterminato ("Docente da nominare").

² Pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 186 del 10.08.1989.

³ Questi *gruppi* coincidono con quelli dei raggruppamenti concorsuali per i professori universitari.

Corso di laurea in Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Premessa

Il corso di laurea in *Ingegneria per l'ambiente e il territorio*, pur traendo origine dal soppresso corso di laurea in *Ingegneria mineraria*, di cui utilizza le basi culturali e professionali, ne amplia gli orizzonti e le finalità, ispirandosi anche alle problematiche della gestione del territorio e della tutela e conservazione dell'ambiente, così da presentarsi oggi come un *iter* universitario intersettoriale e differenziato in un ampio spettro, rivolto a formare professionalità che trovano fondamento in discipline tipiche dell'ingegneria civile, di quella industriale, nonché delle scienze della Terra.

Dal punto di vista didattico e professionale il Corso di laurea è articolato in cinque indirizzi notevolmente differenziati:

1. Ambiente
2. Difesa del suolo
3. Georisorse
4. Geotecnologie.
5. Pianificazione e gestione territoriale.

Sulla base di un complesso di discipline propedeutiche e metodologiche comuni a tutti i corsi di laurea in ingegneria, s'innesta la formazione tecnica che porta all'ingegnere

- dell'*Ambiente*, nei suoi tre orientamenti (*Sicurezza e salvaguardia ambientale*, *Processi e impiantisul territorio*, *Analisi dei sistemi e dei processi ambientali*),
- della *Difesa del suolo*
- delle *Georisorse*, con due orientamenti (*Risorse solide*, *Risorse fluide*),
- delle *Geotecnologie*
- della *Pianificazione e gestione territoriale*

Professionalità connesse al Corso di laurea

Ambiente

Caratteristica peculiare dell'indirizzo *Ambiente* è una formazione a carattere ampiamente multidisciplinare, finalizzata a fornire gli strumenti culturali e progettuali, ad ampio spettro, necessari per affrontare in modo sistemico le problematiche ambientali. La figura professionale connessa a questo indirizzo è caratterizzata dalla conoscenza approfondita dei fenomeni che hanno luogo a seguito dell'immissione nell'atmosfera, nei corpi idrici e sul suolodi effluenti di varia natura, originati dalle diverse attività umane.

La formazione di base consente di valutare le interazioni con l'ambiente di un dato sistema o di un dato impianto e fornisce inoltre gli strumenti metodologici e le conoscenze tecniche per gli interventi di salvaguardia.

Difesa del suolo

La figura professionale dell'ingegnere dell'indirizzo *Difesa del suolo* è quella di un esperto nella progettazione e gestione dei sistemi di controllo dei suoli e delle strutture soggette a degrado per fenomeni naturali e per interventi antropici, così come nell'interazione fra acque superficiali e sotterranee, le strutture ed i suoli stessi.

Georisorse

L'indirizzo è specificamente rivolto alla preparazione di un ingegnere competente nella ricerca, produzione e valorizzazione delle risorse minerarie non energetiche (minerali metalliferi ed "industriali", materiali litoidi), delle risorse minerarie energetiche (solide, liquide e gassose) e delle risorse idriche sotterranee. Le discipline ad esso afferenti debbono fornire conoscenze tecniche atte a formare un ingegnere di progetto, di campo e di controllo tecnico-gestionale per i seguenti fini:

- prospezione e orientamento geognostico ;
- lavori di cava e di miniera (macchine, esplosivi, armature, impianti di trasporto, di servizio e di trattamento);
- progettazione strutturale e tecnico-impiantistica, organizzazione e conduzione tecnico-economica dei lavori;
- sicurezza, ergonomia ed igiene del lavoro, provvedimenti anti-inquinamento e difesa ambientale.

Geotecnologie

L'indirizzo è specificamente rivolto alla preparazione di un ingegnere professionalmente competente nell'insediamento sul territorio di strutture comportanti scavi a cielo aperto ed in sotterraneo, atte ad ospitare funzioni della vita associata (infrastrutture civili viarie e di servizio, sbarramenti, cave di inerti, gallerie e caverne artificiali). Le discipline ad esso afferenti debbono quindi fornire conoscenze tecniche su quattro argomenti, atti a formare un ingegnere di progetto, di direzione lavori, di cantiere e di controllo tecnico-gestionale.

Pianificazione e gestione territoriale

L'indirizzo specifico per la *Pianificazione e gestione territoriale* corrisponde ad una figura professionale di formazione multidisciplinare, atta a mettere in evidenza ed a proporre soluzioni alle problematiche della difesa e dell'uso del territorio, con attenzione non solo all'ambiente fisico, ma anche a quello antropizzato, tenendo quindi conto delle utenze reali della nostra società.

Articolazione del *curriculum* accademico

Le possibili differenziazioni professionali dei laureati in *Ingegneria per l'ambiente e il territorio* richiedono d'impostare sequenze didattiche assai varie. Di conseguenza, il substrato culturale comune al Corso di laurea è basato su discipline metodologiche e propedeutiche, presenti in tutti i corsi di laurea in ingegneria, nonché su alcune materie applicativo-tecniche, da ritenersi facenti parte del bagaglio culturale di ogni laureato ingegnere.

Pertanto il piano di studi dei singoli indirizzi comprende in media 25 discipline (annualità) obbligatorie, già fortemente caratterizzanti nei rispettivi indirizzi, come è rilevabile nelle tabelle di seguito riportate; ulteriori due annualità sono vivamente raccomandate per ogni orientamento ai fini di una coerente finalizzazione professionale; infine le residue due annualità costituiscono materie a scelta, in una rosa separatamente indicata.

Per tutti gli studenti del Corso di laurea per l'ambiente e il territorio è prevista la possibilità di svolgere un periodo di tirocinio della durata non superiore a tre settimane alla fine del 4. e 5. anno presso una struttura pubblica o privata.

Il tirocinio deve essere esplicitamente aggregato ad un insegnamento o all'elaborato di laurea; nel primo caso va richiesto ed effettuato prima di sostenere l'esame, nel secondo va richiesto e definito prima della presentazione della domanda dell'elaborato di laurea. Il tirocinio è facoltativo, ma vivamente raccomandato agli allievi.

Per la costituzione di piani individuali automaticamente approvabili, è normalmente concessa libertà di sostituzione di *due* discipline d'orientamento, anche caratterizzanti. Tuttavia l'ampio spettro di possibili scelte già fornito dai piani ufficiali sconsiglia di usufruire indiscriminatamente di tale libertà, soprattutto ai fini delle possibilità di frequenza ai corsi singoli e della coerente sequenza del corso di studi, con le relative propedeuticità fra le materie.

Quadri riassuntivi degli insegnamenti

Corsi comuni ai diversi indirizzi

Indirizzo: Ambiente

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	R0231 Analisi Matematica I R0620 Chimica	R2300 Geometria R1901 Fisica I R2170 Fondamenti di Informatica
2	R0232 Analisi Matematica II R1902 Fisica II R1390 Disegno di Impianti e di Sistemi Industriali	R0510 Calcolo Numerico R6021 Topografia A R2160 Fondamenti di Chimica Industriale
3	R2490 Idraulica R4600 Scienza delle Costruzioni R2060 Fisica Tecnica	R2281 Geologia Applicata (ambientale) R3114 Macchine (r) R1794 Elettrotecnica (r) R2090 Fluidodinamica Ambientale
4	R2550 Idrologia Tecnica R1640 Elementi di Ecologia R0660 Chimica Industriale Y (2)	RA190 Geofisica Ambientale R2625 Impianti dell'Industria di Processo/Tecnica della Sicurezza Ambientale (i) Y (1)
5	R1460 Economia Applicata all'Ingegneria R2900 Ingegneria degli Acquiferi Y (1) Y (3)	R8150 Ingegneria Sanitaria - Ambientale Y (2) Y (3) Y (4)

(r) Corso ridotto.

(i) Corso integrato.

Orientamento Sicurezza e salvaguardia ambientale

- 2 Y (1) **R4740** Sicurezza e analisi di rischio
- 2 Y (2) **RA210** Sicurezza del lavoro e difesa ambientale
- Y (3) Insegnamento a scelta su Tabella A
- Y (4) Insegnamento a scelta su Tabella A

Orientamento Processi e impianti sul territorio

- 1 Y (1) **R2880** Infrastrutture idrauliche
- 1 Y (2) **R3090** Localizzazione dei sistemi energetici
- Y (3) Insegnamento a scelta su Tabella B
- Y (4) Insegnamento a scelta su Tabella B

Orientamento Analisi dei sistemi e dei processi ambientali

- 2 Y (1) **R1220** Dinamica degli inquinanti
- 2 Y (2) **R5740** Telerilevamento
- Y (3) Insegnamento a scelta su Tabella C
- Y (4) Insegnamento a scelta su Tabella C

Tabella A: insegnamenti a scelta

- 1 **R3090** Localizzazione dei sistemi energetici
- 1 **R5450** Tecnica della sicurezza elettrica
- 2 **R0030** Acustica applicata
- 2 **R1220** Dinamica degli inquinanti
- 2 **R5740** Telerilevamento

Tabella B: insegnamenti a scelta

- 1 **R0580** Cartografia numerica
- 1 **R2661** Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti I
- 1 **R4470** Recupero delle materie prime secondarie
- 2 **R0600** Cave e recupero ambientale
- 2 **R2662** Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti II
- 2 **R5440** Tecnica della sicurezza ambientale

Tabella C: insegnamenti a scelta

- 1 **R0580** Cartografia numerica
- 1 **R2530** Idrogeologia applicata
- 1 **R3970** Principi di geotecnica
- 1 **R4000** Principi di ingegneria chimica ambientale
- 2 **R1650** Elementi di geochimica applicata alla prospezione mineraria
- 2 **R2501** Idraulica ambientale
- 2 **R3240** Meccanica dei fluidi nel sottosuolo
- 2 **R3790** Modellistica e controllo dei sistemi ambientali

Indirizzo: Difesa del Suolo

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	R0231 Analisi Matematica I R0620 Chimica	R2300 Geometria R1901 Fisica I R2170 Fondamenti di Informatica
2	R0232 Analisi Matematica II R1902 Fisica II R1390 Disegno di Impianti e di Sistemi Industriali	R0510 Calcolo Numerico R1660 Elementi di Meccanica Teorica e Applicata R6022 Topografia B
3	R2490 Idraulica R4600 Scienza delle Costruzioni R5570 Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata	R2910 Ingegneria degli Scavi R2240 Geofisica Applicata R2282 Geologia Applicata (tecnica)
4	R3970 Principi di Geotecnica R5000 Sistemi Energetici R2550 Idrologia Tecnica	R1794 Elettrotecnica (r) R2763 Impianti Minerari (r) R5150 Stabilità dei Pendii R2510 Idraulica Fluviale
5	R2880 Infrastrutture Idrauliche R1460 Economia Applicata all'Ingegneria R2530 Idrogeologia Applicata Y (1)	R4560 Rilevamento Geologico Tecnico Y (1) Y (2)

(r) corso ridotto

Due o tre insegnamenti a scelta fra i seguenti:

- 1 **R0580** Cartografia numerica
- 1 **R0820** Consolidamento dei terreni
- 1 **R3340** Meccanica delle rocce
- 2 **R0600** Cave e recupero ambientale
- 2 **R0930** Costruzione di gallerie
- 2 **R2200** Fotogrammetria applicata
- 2 **R2340** Geotecnica
- 2 **R5460** Tecnica delle costruzioni

Indirizzo: Georisorse

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	R0231 Analisi Matematica I R0620 Chimica	R2300 Geometria R1901 Fisica I R2170 Fondamenti di Informatica
2	R0232 Analisi Matematica II R1902 Fisica II R1390 Disegno di Impianti e di Sistemi Industriali	R0510 Calcolo Numerico R1660 Elementi di Meccanica Teorica e Applicata R3080 Litologia e geologia
3	R2490 Idraulica R4600 Scienza delle Costruzioni R5570 Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata	R2910 Ingegneria degli Scavi R0564 Caratterizzazione Tecnologica delle materie prime (r) R6022 Topografia B R1794 Elettrotecnica (r)
4	R3970 Principi di Geotecnica R5000 Sistemi energetici Y (1) Y (3)	R2480 Giacimenti Minerari R0344 Arte Mineraria (r) R2763 Impianti minerari (r) R3240 Meccanica dei Fluidi nel Sottosuolo
5	R1460 Economia Applicata all'Ingegneria R2250 Geofisica Mineraria Y (3) Y (4)	RA21 Sicurezza del Lavoro e Difesa Ambientale/ Sicurezza e Analisi di rischio (i) 5 Y (1) Y (2) Y (4)

(i) Corso integrato.

(r) Corso ridotto

Orientamento Risorse fluide

- 1 Y (1) **R5430** Tecnica della perforazione petrolifera
 2 Y (2) **R2920** Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi
 Y (3) Insegnamento a scelta su Tabella A
 Y (4) Insegnamento a scelta su Tabella A

Orientamento Risorse solide

- 2 Y (1) **R0600** Cave e recupero ambientale
 2 Y (2) **R4390** Prospezione geomineraria
 Y (3) Insegnamento a scelta su Tabella B
 Y (4) Insegnamento a scelta su Tabella B

Tabella A: insegnamenti a scelta

- 1 **R0580** Cartografia numerica
- 1 **R2880** Infrastrutture idrauliche
- 1 **R2900** Ingegneria degli acquiferi
- 1 **R3340** Meccanica delle rocce
- 2 **R4100** Produzione e trasporto degli idrocarburi
- 2 **R5460** Tecnica delle costruzioni

Tabella B: insegnamenti a scelta

- 1 **R2414** Gestione delle aziende estrattive (r)
- 1 **R3340** Meccanica delle rocce
- 1 **R3904** Petrografia (r)
- 2 **R0930** Costruzione di gallerie
- 2 **R1650** Elementi di geochimica applicata alla prospezione mineraria
- 2 **R2840** Indagini e controlli geotecnici
- 2 **RA204** Rocce e minerali industriali (r)
- 2 **R6060** Trattamento dei solidi

Indirizzo: Geotecnologie

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	R0231 Analisi Matematica I R0620 Chimica	R2300 Geometria R1901 Fisica I R2170 Fondamenti di Informatica
2	R0232 Analisi Matematica II R1902 Fisica II R1390 Disegno di Impianti e di Sistemi Industriali	R0510 Calcolo Numerico R1660 Elementi di Meccanica Teorica e Applicata R6022 Topografia B
3	R2490 Idraulica R4600 Scienza delle Costruzioni R5570 Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata	R2910 Ingegneria degli Scavi R2282 Geologia Applicata (tecnica) R2340 Geotecnica
4	R3340 Meccanica delle Rocce R2250 Geofisica Mineraria R5000 Sistemi Energetici	R1794 Elettrotecnica (r) R0930 Costruzioni di Gallerie R5460 Tecnica delle Costruzioni R2763 Impianti Minerari (r)
5	R0820 Consolidamento dei Terreni R1460 Economia Applicata all'Ingegneria R3860 Opere in Sottterraneo Y (1)	R2840 Indagini e Controlli Geotecnici Y (2)

(r) corso ridotto

Due insegnamenti a scelta fra i seguenti

- 1 **R2530** Idrogeologia applicata
- 1 **R2680** Impianti e cantieri viari
- 2 **R0600** Cave e recupero ambientale
- 2 **R1000** Costruzione di strade, ferrovie e aeroporti
- 2 **R3342** Meccanica delle rocce II
- 2 **R4560** Rilevamento geologico-tecnico
- 2 **RA215** Sicurezza del lavoro e difesa ambientale/Sicurezza e analisi di rischio (i)
- 2 **R5150** Stabilità dei pendii

Indirizzo: Pianificazione e Gestione Territoriale

Anno	1° periodo didattico	2° periodo didattico
1	R0231 Analisi Matematica I R0620 Chimica	R2300 Geometria R1901 Fisica I R2170 Fondamenti di Informatica
2	R0232 Analisi Matematica II R1902 Fisica II R5570 Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata R1370 Disegno (annuale)	R0510 Calcolo Numerico R6021 Topografia A R1370 Disegno (annuale)
3	R2490 Idraulica R4600 Scienza delle Costruzioni R2060 Fisica Tecnica	R3040 Istituzioni di Economia R2283 Geologia Applicata (territoriale) R0330 Architettura Tecnica
4	R2880 Infrastrutture Idrauliche R1790 Elettrotecnica R7070 Economia ed Estimo Ambientale	R2340 Geotecnica R1000 Costruzioni di Strade, Ferrovie ed Aeroporti R5510 Tecnica Urbanistica
5	R8775 Pianificazione Territoriale/ Analisi e Valutazione Ambientale (i) Y (1) Y (2)	R3920 Pianificazione e Gestione delle Aree Metropolitane R0600 Cave e Recupero Ambientale Y (3)

(i) Corso integrato

Due insegnamenti a scelta fra i seguenti

- 1 **R0580** Cartografia numerica
- 1 **R1360** Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche
- 1 **R2530** Idrogeologia applicata
- 1 **R2900** Ingegneria degli acquiferi
- 1 **R3090** Localizzazione dei sistemi energetici
- 1 **R3860** Opere in sotterraneo
- 1 **R5210** Storia dell'architettura e dell'urbanistica
- 1 **R4470** Recupero delle materie prime secondarie
- 1 **R6140** Ingegneria sanitaria - ambientale
- 1 **R5490** Tecnica ed economia dei trasporti
- 2 **R0790** Composizione urbanistica
- 2 **R3790** Modellistica e controllo dei sistemi ambientali
- 2 **R5460** Tecnica delle costruzioni
- 2 **R5880** Teoria e tecnica della circolazione

Programmi degli insegnamenti obbligatorii

R 023 1

Analisi matematica 1

Anno: periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Marco Codegone

Il corso sviluppa gli argomenti di base dell'analisi matematica sulla retta reale quali il concetto di funzione, di continuità, di derivabilità e di integrale. Nella parte introduttiva si danno nozioni di logica e di teoria degli insiemi. Gli argomenti sono sviluppati sottolineando le concatenazioni logiche e le deduzioni. I contenuti di questo corso, oltre ad essere propedeutici ai corsi successivi e applicativi, hanno una funzione formativa di base abituando lo studente a ragionamenti rigorosi e svincolati da singole applicazioni.

REQUISITI

Nozioni di base di algebra, elementi di trigonometria, proprietà dei logaritmi, grafici di alcune funzioni elementari.

PROGRAMMA

- Nozioni di logica, proposizioni, connettivi logici, predicati, quantificatori. Elementi di teoria degli insiemi. Relazioni. Funzioni, dominio, codominio e immagine. Funzione composta, iniettività, suriettività. Numeri naturali, calcolo combinatorio. I numeri reali. Estremi inferiori e superiori, completezza. Topologia della retta reale. Limitatezza, massimi e minimi. [12 ore]
- Definizione di limite. Unicità del limite, permanenza segno e limitatezza locale. Teoremi del confronto. Algebra dei limiti. Forme di indecisione. Limite di funzione composta. Simboli di Landau, comportamenti asintotici. Errore assoluto ed errore relativo. Infiniti, infinitesimi e loro confronti. [12 ore]
- Successioni. Teoremi sulle successioni. Limiti fondamentali. Successioni monotone e legami tra estremo inferiore e superiore e i limiti. [4 ore]
- Definizione di continuità. Algebra delle funzioni continue. Esistenza zeri, valori intermedi e risultati su continuità globale. Continuità della funzione inversa. [4 ore]
- Definizione di derivata. Differenziale. Algebra delle derivate e derivata delle funzioni composte. Derivata di inversa funzionale. Proprietà locali delle funzioni derivabili. Proprietà globali delle funzioni derivabili. Conseguenze e applicazioni del teorema di Lagrange. Primitive. Regole di calcolo delle primitive. Regola di de L'Hôpital. Formule

di Taylor e di McLaurin. Principali sviluppi accorciati. Convessità. Criteri di convessità. [24 ore]

- Somme superiori e inferiori, integrale di Riemann. Integrabilità delle funzioni continue. Integrabilità delle funzioni monotone. Integrabilità delle funzioni limitate e continue eccetto un numero finito di punti. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrazione numerica: metodo dei trapezi. [6 ore]
- Integrali impropri. Criterio di convergenza del confronto, criterio del valore assoluto e criterio del confronto con infiniti o infinitesimi campione. [6 ore]
- Equazioni differenziali del primo ordine: autonome, a variabili separabili lineari e omogenee. Equazioni differenziali del secondo ordine a coefficienti costanti. [6 ore]

ESERCITAZIONI

1. Grafici di funzioni elementari. Funzioni inverse. Funzioni composte. Operazioni sugli insiemi. Disequazioni ed equazioni. Estremo superiore, punti di accumulazione, limitatezza, massimi e minimi. [10 ore]
2. Calcolo di limiti, forme indeterminate, limite di funzione composta. Infiniti, infinitesimi, parti principali, limiti notevoli. [6 ore]
3. Esercizi di derivazione. Derivabilità di funzioni definite a tratti. Funzioni iperboliche. Determinazione del numero di radici di un polinomio. [8 ore]
4. Studi di funzione. Asintoti. Funzioni pari e dispari. [6 ore]
5. Primitive di funzioni continue e primitive generalizzate. Tecniche di integrazione per parti e per sostituzione. Integrazione delle funzioni razionali. Scomposizione in fratti semplici. Alcuni integrali di funzioni irrazionali. Integrali per parti ricorsivi. [8 ore]
6. Formula di Taylor. Criteri per i punti critici e per i flessi. [4 ore]
7. Integrali impropri su intervalli non limitati e su intervalli limitati, applicazione dei criteri. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Analisi matematica. Vol. I.*, Liguori, Napoli, 1994

Testi ausiliari:

G. Geymonat, *Lezioni di Analisi matematica I*, Levrotto e Bella, Torino, 1981.

P. Boieri, G. Chiti, *Precorso di Matematica I*, Zanichelli, Bologna, 1994.

P. Marcellini, C. Sbordone, *Esercitazioni di Matematica I*, Liguori, Napoli, 1992.

M. Pavone, *Temi di esame svolti di Analisi matematica I*, Aracne, Roma, 1993.

M. Pavone, *Integrali impropri e funzioni integrali*, Aracne, Roma 1992.

ESAME

L'esame si svolge con una prova scritta della durata di due ore, in cui si chiede di svolgere due esercizi. Alla prova scritta si possono consultare i testi di lezione ed esercitazione e gli appunti. È vietato l'uso di calcolatori di ogni tipo. Dalla prova scritta è possibile ritirarsi senza che avvengano registrazioni negative. Successivamente si svolge un colloquio orale.

R 023 2**Analisi matematica 2**

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Magda Rolando

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riferimento al calcolo differenziale e integrale in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali e ai metodi di sviluppo in serie.

REQUISITI

Sono propedeutici i corsi di *Analisi matematica 1* e *Geometria*.

PROGRAMMA

Funzioni di più variabili. [4 ore lezione, 3 ore esercitazioni]

Nozioni di topologia negli spazi n -dimensionali. Limite. Continuità.

Calcolo differenziale per funzioni di più variabili. [7 ore lez., 7 ore es.]

Funzioni scalari: derivate parziali. Derivate direzionali. Differenziale; piano tangente. Gradiente. Formula di Taylor. Matrice hessiana. Punti stazionari: loro classificazione.

Funzioni vettoriali: Derivate parziali. Derivate direzionali. Matrice jacobiana. Differenziale. Derivazione di una funzione composta: regola della catena.

Calcolo differenziale su curve e superfici. [5 ore lez., 4 ore es.]

Curve. Superfici regolari nello spazio. Funzioni implicite e varietà. Massimi e minimi vincolati, moltiplicatori di Lagrange.

Integrali multipli. [10 ore lez., 12 ore es.]

Integrali multipli e loro trasformazioni nello spazio n -dimensionale. Primo teorema di Guldino. Cenni sugli integrali impropri. Funzioni definite mediante integrali, teorema di derivazione sotto il segno di integrale.

Integrali su curve e superfici. [8 ore lez., 6 ore es.]

Integrale curvilineo. Area di una superficie. Secondo teorema di Guldino. Superfici orientate. Integrale di flusso. Teorema della divergenza. Forma differenziale lineare. Integrale di linea di un campo. Teorema di Green. Teorema di Stokes. Forma differenziale esatta. Teorema fondamentale. Potenziale.

Serie numeriche e serie di funzioni. [10 ore lez., 4 ore es.]

Serie numeriche, generalità. Serie a termini positivi. Serie a termini di segno alterno. Assoluta convergenza. Serie negli spazi normati. Serie di funzioni; convergenza puntuale e assoluta, in media quadratica, uniforme. Teorema di Weierstrass. Teorema di integrazione e derivazione per serie.

Serie di Fourier. [6 ore lez., 2 ore es.]

Funzioni periodiche. Famiglie ortogonali di funzioni. Polinomi trigonometrici. Polinomio di Fourier di una funzione a quadrato integrabile. Serie di Fourier, sua convergenza in media quadratica. Identità di Parseval. Convergenza puntuale ed uniforme della serie di Fourier.

Serie di potenze. [8 ore lez., 6 ore es.]

Serie di potenze, raggio di convergenza. Sviluppo in serie di Taylor. Sviluppi notevoli. Funzioni definite mediante integrali non elementari. Applicazioni numeriche. Matrice esponenziale.

Sistemi di equazioni differenziali. [14 ore lez., 6 ore es.]

Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine. Problema di Cauchy. Equazioni differenziali di ordine n .

Sistemi differenziali del primo ordine lineari in forma normale. Sistema omogeneo. Sistema completo, metodo di Lagrange. Equazioni differenziali di ordine n lineari. Integrazione per serie di equazioni differenziali lineari del secondo ordine. Sistemi differenziali lineari a coefficienti costanti del primo ordine. Sistemi omogenei soluzioni e loro soluzioni tramite la matrice esponenziale.

Sistemi lineari non omogenei di tipo particolare. Equazioni differenziali lineari di ordine n a coefficienti costanti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi matematica II*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

Testi ausiliari:

S. Salsa, A. Squellati, *Esercizi di Analisi matematica II*, Masson, Milano, 1994.

H.B. Dwight, *Tables of integrals and other mathematical data*, MacMillan.

Leschiutta, Moroni, Vacca, *Esercizi di matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello. Lo studente può presentarsi alla prova scritta una volta per sessione. È necessario prenotarsi preventivamente all'appello, consegnando lo statino presso la segreteria didattica del dipartimento di Matematica, entro la data che verrà di volta in volta comunicata. Se la prenotazione non viene disdetta, lo studente viene considerato come presente. Durante le prove scritte è vietato l'uso di qualsiasi tipo di macchina calcolatrice e di *computer*; lo studente può utilizzare gli appunti del corso, il libro di testo e le tavole.

Se la prova scritta non viene ritirata dallo studente dopo la presentazione delle soluzioni da parte del docente effettuata al termine della prova scritta, l'esito dell'esame verrà comunque registrato.

L'orale non può essere sostenuto se la prova scritta risulta insufficiente. L'eventuale esito negativo della prova orale comporta la ripetizione anche della prova scritta in una successiva sessione.

R 034 4**Arte mineraria (r)**

Anno: periodo 4/2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)
40+15 (ore annuali)

Docente: *da nominare*

Il corso ha per oggetto lo studio delle strutture dell'attività estrattiva e delle sue fasi produttive. Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze tecniche per la razionale programmazione, progettazione e conduzione dei singoli lavori di scavo e del complesso delle fasi di coltivazione di cave e miniere, approfondendo parallelamente gli aspetti normativi connessi con tali operazioni. Il corso si svolge con lezioni ed esercitazioni in aula ed in cantiere

REQUISITI

Giacimenti minerali, Geologia, Principi di geotecnica, Tecnica degli scavi

PROGRAMMA:

Caratteri generali dell'industria mineraria, le strutture dell'attività estrattiva e le sue fasi produttive: ricerca, coltivazione, valorizzazione; aspetti geo-giacimentologici, economici, legislativi. Organizzazione, metodologie esecutive e linee di progettazione di scavi in sotterraneo : gallerie, pozzi ed altre vie sotterranee, camere di coltivazione mineraria e delle opere di sostegno. Metodi di coltivazione in sotterraneo con accesso dell'uomo (criteri di scelta, metodo per vuoti, metodo per ripiena, metodi per/con frana). Metodi di coltivazione in sotterraneo senza accesso dell'uomo. Metodi di coltivazione a giorno. Organizzazione delle operazioni produttive nei cantieri minerali. Progettazione di miniere con metodi computer assistiti. Impatto con l'ambiente: criteri e tecniche di recupero ambientale, possibile riuso dei vuoti.

ESERCITAZIONI

1. Dimensionamento di sostegni per gallerie minerarie e per grandi vuoti sotterranei
2. Dimensionamento di una coltivazione in sotterraneo per camere e pilastri
3. Applicazione del metodo PERT alle coltivazioni minerarie

BIBLIOGRAFIA

Mining Engineering Handbook, *SME*, New York

B. Brady and E.T. Brown, *Rock Mechanics for Underground Mining*, Chapman & Hall, 93

Appunti su tematiche specifiche saranno fornite dal docente nello svolgimento del corso

ESAME

Saranno adottati come parametri di valutazione:

1. Il materiale, elaborato per squadre, da consegnare almeno 10 gg prima dell'esame, comprendente le esercitazioni svolte (laboratori e visite costituiscono oggetto

di relazione scritta). Il tirocinio -facoltativo e da richiedere con adeguato anticipo- per il quale sara' assegnato un tema specifico.

2. I risultati di uno scritto di ammissione all'orale
3. I risultati della prova di orale

R 051 0**Calcolo numerico**

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso ha lo scopo di illustrare i metodi numerici di base e le loro caratteristiche (condizioni di applicabilità, efficienza sia in termini di complessità computazionale che di occupazione di memoria) e di mettere gli studenti in grado di utilizzare librerie scientifiche (IMSL, NAG) per la risoluzione di problemi numerici.

REQUISITI

Analisi 1 e 2, Geometria, Fondamenti di informatica.

PROGRAMMA

Aritmetica, errori. [6 ore]

Rappresentazione dei numeri in un calcolatore. Errori di arrotondamento, operazioni di macchina. Cancellazione numerica. Condizionamento di un problema, stabilità di un algoritmo.

Sistemi lineari. [12 ore]

Metodo di eliminazione di Gauss. Decomposizione di Gauss e fattorizzazione LU. Determinazione matrice inversa. Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.

Autovalori di matrici. [6 ore]

Metodo delle potenze. Metodo delle potenze inverse. Trasformazioni di similitudine e trasformazioni di Householder. Cenni sul metodo QR.

Approssimazione di dati e di funzioni. [10 ore]

Interpolazione polinomiale: formule di Lagrange e di Newton. Interpolazione con funzioni polinomiali a tratti. Funzioni *spline*. Metodo dei minimi quadrati.

Equazioni non lineari. [8 ore]

Radici di equazioni non lineari: metodi di bisezione, secanti, tangenti; metodi iterativi in generale. Sistemi di equazioni non lineari: metodo di Newton e sue varianti. Metodi di ottimizzazione.

Calcolo di integrali. [8 ore]

Formule di quadratura di tipo interpolatorio: formule di Newton-Cotes e formule gaussiane. Formule composte. *Routines* automatiche.

Equazioni differenziali ordinarie. [16 ore]

Metodi *one-step* espliciti. Metodi Runge-Kutta. Cenni sulle equazioni alle differenze. Metodi *multistep* lineari. Metodi di Adams. Convergenza e stabilità dei metodi numerici. Sistemi *stiff*.

Equazioni alle derivate parziali. [10 ore]

Caratteristiche. Classificazione delle equazioni quasi-lineari del secondo ordine. Metodi alle differenze finite.

ESERCITAZIONI

Vengono sottolineati, con esempi, aspetti particolarmente importanti degli argomenti trattati nelle lezioni; vengono svolti esercizi che contribuiscono ad una miglior comprensione della

teoria, e costruiti algoritmi di calcolo. Vengono infine proposte allo studente delle esercitazioni al calcolatore da svolgersi o a casa o presso i LAIB del Politecnico.

BIBLIOGRAFIA

G. Monegato, *Fondamenti di calcolo numerico*, Levrotto e Bella, Torino, 1990.

ESAME

È prevista, per i soli iscritti al corso, una prova scritta verso la fine del semestre. Il superamento di questa prova comporta l'esonero della corrispondente parte di programma, purché l'esame finale sia sostenuto in uno degli appelli (5, 6, 7) delle sessioni estive (3, 4). Nel corso della prova non è ammessa la consultazione di testi. L'eventuale ritiro durante la prova di esonero non comporta alcuna conseguenza. L'esame finale è solo orale. Negli appelli previsti dal calendario l'esame è solo orale.

R 056 4**Caratterizzazione tecnologica delle materie prime (r)**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+2+2 (ore settimanali)

Docente: Angelica Frisa Morandini

Il corso ha lo scopo di impartire le principali nozioni sulle proprietà tecniche delle materie prime minerali interessanti la tecnologia moderna, con particolare attenzione alla loro valutazione quantitativa con metodi unificati di prova.

REQUISITI

Sono richieste le nozioni fornite dai Corsi di:

*Chimica, Fisica I, Tecnologia dei materiali, Chimica Applicata, Litologia e Geologia.***PROGRAMMA***Introduzione al corso [1 ora]:*

Importanza ed evoluzione della normativa tecnica.

Determinazione delle proprietà fisiche di minerali e rocce [3 ore]:

La massa volumica

La porosità

Il comportamento all'acqua

Il coefficiente di dilatazione lineare termica

Determinazione delle caratteristiche meccaniche [8 ore]:

La resistenza a compressione

La resistenza a trazione indiretta mediante flessione

Il modulo elastico

La resistenza all'urto

La durezza alla scalfittura e all'impronta: misure qualitative e quantitative, macro e micro durezza

La resistenza all'usura

Valutazione della durezza delle rocce [6 ore]:

Fattori attivi e passivi

Meccanismi fisici di degrado

Meccanismi chimici di degrado

Le prove di invecchiamento accelerato

La lavorabilità delle rocce [1 ora]:

Saggi tecnologici per la valutazione della perforabilità, macinabilità e segabilità

La lavorazione delle rocce ornamentali [5 ore]:

La segagione al telaio

Gli utensili diamantati e le macchine a disco

La lucidatura e le lucidatrici

Determinazione di proprietà di insieme di grani [12 ore]:

L'esame granulometrico e rappresentazioni grafiche dei risultati

Determinazione di coefficienti di forma

Determinazione di requisiti tecnici di aggregati e di pietrischi per massiciata

ESERCITAZIONI DI LABORATORIO [16 ore]:

1. Saggi per la determinazione della massa volumica e dell'assorbimento d'acqua [2 ore]
2. Saggio di compressione [2 ore]
3. Saggio di flessione statica e dinamica [2 ore]
4. Esecuzione di misure di microdurezza *Knoop* [4 ore]
5. Saggio di usura per attrito radente [2 ore]
6. Esame granulometrico per stacciatura e rappresentazione dei risultati [2 ore]
7. Determinazione di coefficienti di forma di aggregati per calcestruzzo e pietrischi per massicciata [2 ore]

PROGRAMMA DELLE ESERCITAZIONI FUORI SEDE [8 ore]:

1. Visita ad una cava di rocce ornamentali [4 ore]
2. Visita ad un impianto di lavorazione di rocce ornamentali [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Appunti e schemi distribuiti dal docente.

Testi ausiliari:

E. M. Winkler, *Stone: properties, durability in man's environment*, Springer Verlag, Wien, 2^a ediz., 1975

ESAME

Per essere ammesso a sostenere l'esame lo studente deve presentare relazioni scritte delle esercitazioni di laboratorio, la cui valutazione influisce nella determinazione del voto. L'esame consiste in due domande relative a:

1. caratterizzazione e lavorazione di rocce ornamentali
2. caratterizzazione di aggregati e di pietrischi

R 062 0**Chimica**

Anno: periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Piero Rolando (collab.: R. Delorenzo)

Il corso si propone di fornire le basi necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: una di chimica generale, una di chimica inorganica ed una di chimica organica.

REQUISITI

Per seguire il corso sono sufficienti le nozioni di base relative alle leggi fondamentali della chimica, alla simbologia ed alla nomenclatura.

PROGRAMMA*Struttura della materia.* [5 ore]

Stati di aggregazione della materia. Sistemi omogenei ed eterogenei. Fasi. Leggi fondamentali della chimica. Principio di Avogadro. Ipotesi atomica. Determinazione dei pesi atomici: metodo di Cannizzaro, regola di Dulong e Petit. Determinazione della formula e calcolo della composizione dei composti. Composizione di sistemi omogenei.

Lo stato gassoso. [8 ore]

Proprietà e leggi dei gas perfetti. Equazione di stato di van der Waals. Determinazione dei pesi molecolari delle sostanze gassose. Dissociazione termica. Teoria cinetica dei gas. Distribuzione delle energie e delle velocità (curve di Maxwell-Boltzmann). Legge di Graham. Capacità termica e calore specifico dei gas a pressione e a volume costante. Rapporto tra calori specifici a pressione ed a volume costante. Determinazione del peso atomico dei gas nobili.

Termodinamica chimica. [3 ore]

Energia interna ed entalpia; loro variazione nelle reazioni chimiche: calcolo relativo e legge di Hess. Variazione dell'entalpia di reazione con la temperatura e lo stato fisico delle sostanze. Entropia ed energia libera di Gibbs.

La struttura dell'atomo ed il legame chimico. [20 ore]

Il modello atomico di Bohr e sua applicazione all'atomo di idrogeno. Transizioni tra livelli energetici. Inadeguatezza del modello di Bohr. Numeri quantici. Modello ondulatorio dell'elettrone: principi di De Broglie e di indeterminazione. Distribuzione degli elettroni negli orbitali atomici: principio di esclusione di Pauli. Sistema periodico degli elementi e configurazioni elettroniche. Raggi X : produzione e caratteristiche; spettri di emissione dei raggi X ; legge di Moseley. Radioattività naturale. Periodo di semitrasformazione, legge dello spostamento di gruppo. Fenomeni di fissione e di fusione. Il legame ionico. Il legame covalente. Il legame covalente omeopolare ed eteropolare. Formazione di legami sigma e pi-greco. Energia di legame. Ibridazione di orbitali atomici: sp , sp^2 , sp^3 , sp^3d^2 : esempi di molecole. Il legame dativo. La regola pratica dell'ottetto, formule di Lewis. Strutture di risonanza in molecole e ioni. Elettro negatività degli elementi. Grado di ossidazione; reazioni di ossido-riduzione e loro bilanciamento. Legame idrogeno. Forze di van der Waals.

Cinetica chimica e equilibri chimici. [10 ore]

Velocità di una reazione chimica. I fattori che influenzano la velocità: fattore sterico, energia di attivazione, concentrazione dei reagenti, temperatura. I catalizzatori. Concetto di equilibrio chimico. Equilibri omogenei ed eterogenei. Legge dell'azione di massa. Relazione tra K_c e K_p . Applicazione della legge dell'azione di massa agli equilibri eterogenei. Influenza della temperatura sulla costante di equilibrio. Principio dell'equilibrio mobile. Legge di Henry. Regola delle fasi e sua applicazione agli equilibri eterogenei ed ai diagrammi di stato. Diagrammi di stato dell'acqua e dello zolfo. Cenni sui diagrammi di stato a due componenti.

Lo stato liquido e le soluzioni. [14 ore]

Tensione di vapore: equazione di Clausius-Clapeyron. Soluzioni diluite. Legge di Raoult. Crioscopia ed ebullioscopia. Pressione osmotica e membrane semipermeabili. Gli elettroliti deboli, forti e le loro soluzioni acquose. Acidi e basi deboli: costante e grado di ionizzazione; formula di Ostwald. Prodotto di solubilità. Prodotto ionico dell'acqua e pH . Indicatori. Idrolisi. Conducibilità elettrica delle soluzioni di elettroliti. Legge di Kohlrausch. Elettrolisi e leggi di Faraday. Doppio strato elettrico e potenziale di elettrodo. Equazione di Nerst. Serie elettrochimica. Pile ed accumulatori. Misura potenziometrica del pH . Elettrolisi e scarica preferenziale in funzione del potenziale di elettrodo. Sovratensioni di elettrodo ed inversione della scarica. Tensione di decomposizione. Elettrolisi dell'acqua e di soluzioni concentrate di $NaCl$. Raffinazione elettrolitica del rame. Accoppiamento di semireazioni e costituzione di un sistema redox.

Lo stato solido. [3 ore]

Tipi di solidi. I solidi metallici e la loro formazione; cenni sulla teoria delle bande: conduttori, semiconduttori, isolanti. Reticoli cristallini. I solidi cristallini e la diffrazione dei raggi X ; l'esperienza di von Laue e la legge di Bragg. Soluzioni solide. Difetti nei solidi cristallini.

Chimica inorganica. [9 ore]

Schemi generali di reattività di metalli con acqua, acidi ossidanti e non ossidanti; passivazione di alluminio e cromo. Schemi generali di reattività di non metalli e metalli anfoteri con le basi. Idrogeno: proprietà chimiche, preparazione industriale e di laboratorio. Preparazione industriale di Na e $NaOH$. Metallurgia dello zinco. Preparazione industriale dell'allumina Bayer e metallurgia dell'alluminio. Reazioni di combustione. Preparazioni industriali dell'ammoniaca, della soda *Solvay*, dell'acido nitrico, dell'acqua ossigenata e dell'acido solforico. Il dicromato ed il permanganato di potassio come agenti ossidanti.

Chimica organica. [6 ore]

Isomeria di funzione, di struttura e geometrica. Caratteristiche funzionali e reattività di: alcani, alcheni, alchini, idrocarburi aromatici, alogenoderivati, alcoli, eteri, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, esteri, anidridi degli acidi, ammine alifatiche ed aromatiche, ammidi, nitrili. Polimeri e meccanismi di polimerizzazione: poliaddizione e policondensazione.

ESERCITAZIONI

Esercitazioni "numeriche" condotte in aula da un ricercatore [2 ore settimanali] e da un coadiutore [2 ore settimanali] su:

Nomenclatura chimica [4 ore]. Leggi dei gas [4 ore]. Calcoli stechiometrici [8 ore].

Termochimica [4 ore]. Bilanciamento delle reazioni [4 ore]. Equilibri chimici [8 ore].

Calcoli sulle soluzioni: crioscopia, ebullioscopia, pressione osmotica [8 ore]; pH , conduttanze [8 ore]; elettrochimica [4 ore].

BIBLIOGRAFIA

Brisi, Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto e Bella, Torino.
Fine, Beall, *Chimica per Scienze ed Ingegneria*, Edises, Napoli.
Silvestroni, *Fondamenti di chimica*, Masson, Milano.
Corradini, *Chimica generale*, Casa Ed. Ambrosiana, Milano.
Brisi, *Esercizi di chimica*, Levrotto e Bella, Torino.
Montorsi, *Appunti di chimica organica*, CELID, Torino.

ESAME

L'esame si articola in due prove, scritta e orale.

L'esame è valido con il superamento di entrambe le prove. L'insufficienza conseguita nella prima prova comporta automaticamente il fallimento dell'esame e la conseguente registrazione della bocciatura. La sufficienza conseguita nella prima prova non assicura una votazione minima né tantomeno il superamento dell'esame.

La prova scritta avrà la durata di due ore e consisterà in 30 quesiti, alcuni di natura teorica ed altri (a cui sarà riconosciuto un punteggio maggiorato) che richiederanno l'impostazione di un calcolo. Durante l'esecuzione della prova scritta gli studenti potranno avere unicamente una calcolatrice tascabile e quanto necessario per scrivere. Il punteggio massimo raggiungibile allo scritto è 30/30. Tutti coloro che hanno conseguito una votazione minima di 18/30 si presenteranno alla prova orale, che si articolerà su tutto il programma del corso, esercitazioni comprese.

R 093 0**Costruzione di gallerie**

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Nicola Innaurato (collab.: D. Peila, P.P. Oreste)

Il corso si propone di fornire gli elementi fondamentali e le nozioni indispensabili aggiornate sugli aspetti tecnici della costruzione delle opere sotterranee, con particolare riguardo alle gallerie, in rapporto sia ai problemi di abbattimento, sia di stabilità delle opere, sia, infine, in rapporto alla messa in opera dei rivestimenti (concezione e calcolo dei medesimi) sia dei problemi operativi che ne conseguono (tra cui l'ambiente di lavoro e la sicurezza); costi e termini contrattuali.

REQUISITI

È auspicabile che gli allievi possiedano una preventiva conoscenza delle discipline di base, quali: *Scienza delle costruzioni, Ingegneria degli scavi, Principi di geotecnica, Meccanica delle rocce, Geotecnica.*

PROGRAMMA

Introduzione. [3 ore]

Classificazione delle gallerie. Forma e sezione in rapporto alla loro finalità ed alla stabilità. Problemi inerenti al tracciato (pendenza, curve, superamento di accidenti geologici).

Studi preliminari all'apertura di gallerie. [10 ore]

Studio di fattibilità; dati ricavabili dalle relazioni geologiche; ampliamento delle informazioni disponibili mediante sondaggi, scavo di cunicoli, prove geotecniche in sito, costruzione del profilo geomeccanico, geoidrologico, geotermico lungo il tracciato; elementi necessari per l'esecuzione del profilo geomeccanico; indici di qualità della roccia in posto. Progetto esecutivo.

Classificazione delle rocce. [3 ore]

Classificazioni di Terzaghi, Bieniavski, Barton, Wickham etc. Previsione delle spinte sui rivestimenti, mediante le stesse

Cenni di topografia sotterranea: tracciamento delle curve, uso del laser, misura dei profili trasversali. [2 ore]

Scavo: metodi e mezzi di scavo in rocce coesive.

Scavo in rocce coerenti con esplosivo, principi organizzativi, ciclo di lavoro: perforazione e sgombero. [14 ore]

Scavo a sezione completa con impiego di macchine: la fresa a piena sezione; interazione macchina – roccia; il ciclo di lavoro. Sviluppi attuali nel campo dello scavo con macchine. Cenni sull'analisi dei costi. [13 ore]

Scavo per fasi. [8 ore]

Metodi usati attualmente. Il nuovo metodo austriaco: i principi ispiratori, le applicazioni.

Interazione tra roccia e rivestimento (applicazione delle linee caratteristiche: v. anche apposita esercitazione). [3 ore]

Metodi di scavo in terreni incoerenti ed acquiferi. [12 ore]

Lo scudo; lo scudo sotto aria compressa, lo scudo sotto battente di bentonite, lo scudo a contropressione di fango, lo scudo a contropressione di terra. Sostegni prefabbricati per gallerie scavate con scudo. Lo spingitubo. Metodi speciali per il sottopasso dei corsi d'acqua.

Applicazione dei metodi allo scavo di gallerie in ambito metropolitano e di condotte (cenni ai metodi di *microtunnelling*). Problemi tipici della costruzione di gallerie sottomarine. Cenni sullo scavo di gallerie a cielo aperto.

Le strutture di sostegno. [8 ore]

Descrizione tecnologica dei vari tipi di sostegno e loro finalità. Criteri per il calcolo della spinta sui rivestimenti (solidi di carico, teorie di Terzaghi e Caquot calcolo mediante l'analisi delle sollecitazioni calcolo mediante la teoria delle linee caratteristiche (v. sopra).

Criteri per il calcolo della rigidità di alcuni tipi di rivestimento.

Principi di calcolo dei rivestimenti immediati. Calcolo di qualche tipo di armatura o rivestimento (v. anche esercitazioni).

Consolidamenti. [2 ore]

Cenni: scavo in terreni o rocce dopo il consolidamento preventivo mediante iniezioni di sostanze chimiche, di malte cementizie, di sostanze bituminose. Metodi operativi a partire dall'esterno, a partire dall'interno, a partire da cunicoli.

Cenni sulle tecniche di completamento delle gallerie. [2 ore]

ESERCITAZIONI

1. Analisi di relazioni geologiche e geotecniche. [4 ore]
2. Calcolo del piano di tiro per l'abbattimento in gallerie. Organizzazione delle operazioni del ciclo. [6 ore]
3. Calcolo della curva caratteristica di una galleria. [4 ore]
4. Scelta di una fresa a piena sezione per lo scavo di una galleria. [8 ore]
5. Calcolo del circuito di smarino idraulico per uno scudo. [2 ore]
6. Calcolo di rivestimenti immediati per galleria. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico (testo degli appunti del corso a cura del docente) sarà distribuito durante le lezioni. I testi per i necessari approfondimenti verranno indicati nel corso della prima lezione.

ESAME

La verifica dell'apprendimento verrà svolta mediante esame orale nella forma tradizionale, nel corso dei vari appelli previsti dall'ordinamento. È richiesta la presentazione da parte dell'allievo, all'atto dell'esame, del testo delle esercitazioni svolte. Il voto di esame terrà conto anche della qualità degli elaborati.

R 100 0**Costruzione di strade,
ferrovie ed aeroporti**

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Carlo De Palma (collab.: Gianfranco Capiluppi, Alberto Vivaldi, Ezio Santagata)

Il corso è suddiviso in tre parti; la prima relativa alla progettazione stradale e ferroviaria; la seconda al dimensionamento e alla costruzione del corpo stradale e ferroviario; la terza relativa alla progettazione di elementi aeroportuale. Scopo principale del corso è fornire gli elementi necessari per la progettazione geometrica e per il dimensionamento del corpo stradale.

PROGRAMMA

Interrelazione tra strada e veicolo. [4 ore]

Il veicolo stradale: descrizione e tipologie. Resistenza al moto ed equazione della trazione. Aderenza ed equilibrio ruote motrici e trainate. Distanza di visibilità per l'arresto e per il sorpasso. Percettività dello spazio stradale.

Andamento planimetrico e altimetrico dell'asse stradale. [8 ore]

Velocità di progetto. Tracciato orizzontale. Equilibrio del veicolo in curva. Visibilità in curva; visibilità dell'asse stradale. Visibilità per l'arresto e per il sorpasso. Clotoide come elemento di tracciato stradale. Andamento altimetrico dell'asse stradale. Raccordi verticali. Coordinamento tra tracciato orizzontale e profilo longitudinale.

Sezione trasversale stradale e intersezioni. [8 ore]

Piattaforma stradale in rettifilo. Sezioni stradali particolari: in galleria, in sottovia, sui ponti, in curva. Sezioni trasversali delle strade urbane. Intersezioni a raso; tipologia, problemi di visibilità. Elementi delle intersezioni a raso. Intersezioni a livelli sfalsati, tipologie. Progetto della sezione stradale. Concetto di capacità e livello di servizio. I livelli di servizio delle autostrade e delle strade a carreggiata unica, con due o più corsie.

La sede ferroviaria. [3 ore]

Piattaforma, scudatura, massiciata (*ballast*). Il binario: traverse, rotaie, giunzioni e attacchi. Andamento piano-altimetrico e sezioni della sede ferroviaria. Tracciato orizzontale. Equilibrio del veicolo in curva. Le pendenze delle livellette. I raccordi planimetrici ed altimetrici.

Il terreno come materiale da costruzione. [8 ore]

Il terreno e le sue caratteristiche generali: il binomio acqua-suolo, capillarità, pressione effettiva e pressione neutra. Le caratteristiche fisiche della terra: massa volumica porosità e indice dei vuoti, permeabilità, granulometria. La misura della suscettività delle terre all'acqua: i limiti di Atterberg. La resistenza al taglio delle terre. La classificazione HRB. Il costipamento di una terra. Le prove di costipamento normalizzate (ASTM, CNR ecc.). La misura della densità del terreno in sito. Macchine per compattare il terreno.

La costruzione del corpo stradale e ferroviario. [5 ore]

La sovrastruttura e la sottostruttura: tipologia e materiali e materiali impiegati. Le prove di accettazione dei materiali. Preparazione dei piani di posa e costruzione dei rilevati. La realizzazione della fondazione e le prove di verifica. Instabilità riguardanti il corpo stradale ed opere relative. Le cause di instabilità e opere per prevenire e sanare fenomeni di instabilità.

Pavimentazioni stradali. [16 ore]

Tipologia e materiali costituenti.

Pavimentazioni flessibili e semi-rigide. Prove di accettazione dei materiali e di verifica della lavorazione. Calcolo delle tensioni e deformazioni in un sistema multi strato: metodi basati sugli elementi finiti; metodo di Boussinesq-Odermark. Calcolo a fatica delle pavimentazioni flessibili e semi-rigide: leggi di fatica relative ai conglomerati bituminosi e terreni, che legano le tensioni e deformazioni unitarie alla durata; metodo "*AASHO interim guide*".

Pavimentazioni rigide. Pavimentazioni armate e non armate con giunti, pavimentazioni continue senza giunti. I giunti e la loro funzione. Sollecitazioni di origine termica dovute a variazioni uniforme di temperatura od a gradiente lineare. Il calcolo delle tensioni dovute ai carichi mobili. Il calcolo a fatica delle pavimentazioni rigide.

Aeroporti. [6 ore]

Requisiti di un'area aeroportuale e classificazione degli aeroporti. Principali caratteristiche degli aeromobili civili. Le manovre per il decollo e l'atterraggio. Le distanze dichiarate per le piste di volo. Caratteristiche delle piste di volo: andamento altimetrico e sezioni trasversali. Caratteristiche delle piste di rullaggio e delle bretelle di collegamento con le piste di volo. Orientamento e numero delle piste di un aeroporto. I piazzali di stazionamento.

Le pavimentazioni e criteri di valutazione per l'agibilità delle piste: Il metodo ACN-PCN

ESERCITAZIONI

1. *Progetto di un tronco stradale.* [20 ore]

Tracciato di primo tentativo, la poligonale d'asse, la planimetria. Profilo longitudinale, raccordo altimetrico, livellette. Studio delle sezioni: sezioni tipo, quaderno delle sezioni. Calcolo dei volumi col metodo delle sezioni ragguagliate.

2. *Progetto di svincolo autostradale.* [12 ore]

I raccordi progressivi in un tracciato stradale: la clotoide come curva di raccordo; gli aspetti normativi e il procedimento operativo. Elementi compositivi, modalità di progetto, calcolo e tracciato delle piste di accelerazione e decelerazione; asse e planimetria delle vie di svincolo.

3. *Muri di sostegno delle terre.* [4 ore]

Tipologia, criteri di calcolo e di verifica.

4. *Progetto architettonico di un sovrappasso stradale.* [4 ore]

Elementi compositivi, particolari costruttivi.

5. *Pavimentazione flessibile.* [4 ore]

Calcolo a fatica col metodo *AASHO interim guide*. Calcolo della freccia in superficie di un sistema multistrato soggetto ad un carico uniforme, distribuito su una superficie circolare.

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico verrà distribuito nel corso delle lezioni.

G. Tesoriere, *Strade, ferrovie, aeroporti. Vol. 1-3*, UTET, Torino, 1990-93.

P. Ferrari e F. Giannini, *Ingegneria stradale. Vol. 1, Geometria e progetto di strade. Vol. 2, Corpo stradale e pavimentazione*, ISEDI, Milano, 1991.

J. Eisenmann, *Betonfahrbahnen*, Ernst, Berlin, 1979.

R. Horonjeff, *Planning and design of airports*, McGraw-Hill, New York, 1975.

Aerodrome design manual (Doc 9157 - AN/901), 2nd ed., ICAO, Toronto.

ESAME

I temi svolti in esercitazione sono oggetto di verifica sia durante l'anno che in sede di esame finale. È prevista una prova orale che consiste in una serie di domande riguardanti sia gli argomenti trattati a lezione, che ad esercitazione. Il voto finale dipende principalmente dall'esito dell'esame orale. Hanno peso limitato anche gli elaborati realizzati nelle esercitazioni.

R 137 0**Disegno (annuale)***(Indir. Pianif. e gest. territoriale)*

Anno: periodo 2:1,2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 50+40+30 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppa Novello Massai

Il corso, per buona parte di natura propedeutica, intende fornire gli strumenti formativi di base in ambito di rappresentazione grafica, con riferimento al *curriculum* didattico degli allievi e in relazione ai campi operativi di attività professionale dell'ingegnere, attraverso l'introduzione e l'approfondimento:

- delle nozioni teoriche ed applicative di base del linguaggio grafico in relazione a finalità descrittive, interpretative e/o di trasformazione dell'ambiente costruito e naturale;
- delle nozioni sui metodi e sistemi di rappresentazione e relative tecniche, con riferimento ad alcuni elementi di geometria descrittiva e proiettiva e alla normativa per il disegno tecnico, con approfondimenti alle diverse scale e livelli di elaborazione;
- dei lineamenti fondamentali del disegno assistito da elaboratore elettronico, con riguardo all'uso e alle potenzialità dell'ausilio del calcolo e dell'elaborazione automatica dei dati per il rilievo e per la progettazione ambientale.

Gli elementi di geometria descrittiva e proiettiva sono illustrati quali riferimenti fondamentali per affrontare i problemi di rappresentazione, mentre le tematiche inerenti la normativa tecnica vengono finalizzate ai processi produttivi interessati, dalla scala dell'oggetto a quella territoriale e urbana. Il campo del disegno tradizionale viene integrato dalla trattazione effettuata con strumentazioni e applicazioni informatiche, con una scelta di base relativa a modalità quanto più standardizzate possibili di elaborazione, e con limitate proiezioni nell'ambito della progettazione ambientale, mantenuta con rigore entro dimensioni accessibili per la formazione di allievi del secondo anno e al primo corso di disegno.

PROGRAMMA

- Cenni sui fondamenti scientifici della rappresentazione grafica; percezione e razionalizzazione della visione tra modellazione matematico-geometrica e simulazione tecnico-rappresentativa. Il disegno come linguaggio. Evoluzione storica della disciplina in relazione alla formazione dell'ingegnere per l'ambiente e il territorio. [10 ore]
- Elementi di geometria descrittiva e proiettiva quali riferimenti fondamentali per affrontare qualsiasi problema di rappresentazione (proiezioni ortogonali, assonometrie, prospettive, disegno esploso, teoria delle ombre, soleggiamento, rappresentazione del territorio, degli insediamenti, dei manufatti). [35 ore]
- Problemi di quotatura e normativa tecnica finalizzati al processo produttivo, con individuazione delle scelte progettuali negli ambiti specifici e con cenni alle tematiche del rilevamento territoriale. [10 ore]
- Problemi di disegno tecnico e di normativa specifica come insieme di procedure volte a costituire, nei singoli settori applicativi, unità di linguaggi caratterizzati per utenze di specifica formazione culturale e tecnologica. [10 ore]
- Approfondimenti del disegno tecnico con particolari applicazioni alla progettazione esecutiva ed al rilievo nei campi operativi per la gestione delle risorse ambientali. Ele-

menti di dimensionamento nella progettazione ambientale: il caso-simbolo delle utenze disabili, disegno, qualità e fruibilità dell'ambiente. [20 ore]

- Nuove tecnologie informatiche ed elaborazioni automatiche dei dati: disegno assistito, applicazioni *standard*; tendenze e prospettive, dal progetto dei manufatti alla gestione territoriale attraverso i sistemi informativi. [35 ore]

BIBLIOGRAFIA

La bibliografia di base e quella di riferimento vengono presentate durante la trattazione dei vari argomenti anche in relazione agli interessi esposti dagli allievi, insieme con documentazioni ed elaborati di supporto didattico.

ESAME

Per il superamento dell'esame è richiesto il puntuale apprendimento delle nozioni esposte, dimostrato dalla capacità di corretta lettura ed esatta esecuzione dei disegni tecnici, una accettabile precisione grafica non disgiunta dalla capacità di esprimere in rapidi schizzi a mano libera la rappresentazione richiesta dei manufatti e dei contesti ambientali, siano essi esistenti o oggetto di progettazione. Verifiche di apprendimento vengono condotte mediante esercitazioni settimanali esemplificative degli argomenti delle singole lezioni ed esercitazioni applicative e ricapitolative inerenti al disegno tecnico. Sono previste tre prove di accertamento sull'apprendimento intermedio consistenti in prove grafiche ed elaborazioni CAD che, se superate, esonerano dagli argomenti interessati, la presentazione di una ricerca con tema a scelta personale, una prova grafica finale estemporanea, un esame orale sulle parti teoriche. Gli esoneri vengono ritenuti validi per tutte le sessioni dello uno stesso anno accademico di frequenza, le prove grafiche finali per la singola sessione relativa.

R 139 0**Disegno di impianti e di sistemi industriali***(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)*

Anno:periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+3+2 (ore settimanali)

Docente: Stefano Tornincasa (collab.: Daniele Romano)

Il linguaggio base di tutte le attività ingegneristiche è rappresentato, nella maggior parte dei casi, dal disegno che coinvolge l'ingegnere in due attività distinte: la modellazione e la comunicazione.

Nell'attività di progettazione ed analisi di sistemi, processi ed impianti industriali, tipici dell'ingegneria ambientale, l'ingegnere utilizza il disegno per la scelta della soluzione costruttiva, l'effettuazione dei calcoli di progetto, la definizione del rischio ambientale con le analisi tecnico-economiche comparate delle diverse soluzioni; in questo senso il disegno non si presenta solo come un'attività puramente grafica, ma come la sintesi dell'elevato patrimonio conoscitivo dell'ingegnere in un prodotto rispondente a delle specifiche funzionali, ambientali ed economiche.

REQUISITI*Fondamenti di informatica, Geometria.***PROGRAMMA***Prima parte. Le basi del disegno tecnico industriale.* [10 ore]

Introduzione al disegno tecnico, normativa e collocazione nel ciclo di vita del prodotto. [4 ore]

Le proiezioni ortogonali e norme di rappresentazione. [4 ore]

Proiezioni di punti, segmenti e figure e solidi. Comp penetrazioni ed intersezioni di solidi norme di rappresentazione delle sezioni.

Proiezioni assonometriche. [2 ore]

Assonometrie ortogonali e oblique.

Seconda parte. Il disegno di costruzioni meccaniche. [24 ore]

Le lavorazioni meccaniche. [4 ore]

Classificazione delle lavorazioni meccaniche con cenni di metrologia. Le lavorazioni per asportazione di truciolo e per deformazione plastica.

La quotatura. [4 ore]

Quotatura funzionale e tecnologica. Sistemi di quotatura.

I collegamenti filettati. [3 ore]

Sistemi di filettature e rappresentazione unificate. Bulloneria e dispositivi antisvitamento.

La rappresentazione degli errori. [6 ore]

Le tolleranze dimensionali. Sistema unificato ISO di tolleranze, accoppiamenti raccomandati.

Rugosità, lavorazione, tolleranze. Le tolleranze geometriche, principio del massimo materiale.

I collegamenti meccanici. [3 ore]

Chavette e linguette e profili scanalati. Spine ed anelli elastici. Le saldature e chiodature.

Materiali per le costruzioni meccaniche. [2 ore]

Classificazione e designazione dei materiali metallici. Cenni sui materiali non metallici e sui trattamenti termici.

Trasmissioni meccaniche. [2 ore]

Scelta, montaggio e applicazioni di cuscinetti. Trasmissioni meccaniche fondamentali.

Terza parte. Il disegno di impianti industriali. [18 ore]

Organi di tenuta, trasporto e regolazione dei fluidi. [4 ore]

Guarnizioni; organi di regolazione: valvole e saracinesche. Sistemi oleoidraulici e pneumatici.

Il disegno di impianti industriali. [14 ore]

Impianti idraulici di tipo civile. Impianti industriali di distribuzione dell'acqua, dell'aria delle acque; trattamento dei fanghi. Impianti elettrici, simboli grafici unificati.

Quarta parte. Il disegno automatico. [8 ore]

Uso del software grafico AutoCAD. [8 ore, durante le ore di esercitazione]

I menu e le primitive di base di AutoCAD. Comandi di editing, blocchi e i tratteggi; la quotatura. Il disegno di impianti con AutoCAD. La visualizzazione tridimensionale; il sistema coordinate utente. Le primitive in 3D e la modellazione solida con AutoCAD.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nell'esecuzione di particolari e complessivi di componenti meccanici e nel disegno di impianti industriali. Tutte le tavole eseguite verranno corrette in aula e valutate.

La correzione ha lo scopo di:

- a) capire gli eventuali problemi di apprendimento dell'allievo.
- b) aiutare l'allievo ad acquisire gradualmente l'abilità grafica e la capacità di interpretazione dei disegni tecnici attraverso la revisione degli errori abituali.
- c) costituire un elemento di definizione del voto dell'esame finale.

LABORATORIO

Le tavole proposte (almeno il 30 % dei disegni) potranno essere eseguite mediante il *software* grafico a disposizione nel laboratorio informatico.

BIBLIOGRAFIA

Gli appunti delle lezioni e delle esercitazioni del prof. Tornincasa (3 fascicoli rilegati).

D. Raker, H. Rice, *AutoCAD 12*, ed. tascabile, Tecniche Nuove.

ESAME

È prevista una prova grafica di accertamento alla quale possono partecipare solo coloro che hanno consegnato tutte le tavole previste. Questa prova esonera l'allievo dalla prova grafica, e permette di svolgere la prova orale fino alla sessione di luglio successiva. Il voto dell'accertamento viene integrato dalla valutazione delle esercitazioni. L'esame consiste in:

- a) prova grafica (3 ore), che ha lo scopo di verificare le capacità dello studente di leggere ed interpretare un disegno, e di dimensionare ai fini tecnologico-costruttivi gli elementi rappresentati.

- b) prova orale, che ha lo scopo di verificare la conoscenza degli aspetti funzionali e costruttivi dei componenti e degli impianti trattati nel corso di teoria.

A conclusione delle prove *a* e *b*, il voto viene ottenuto come media ed integrato dalla valutazione delle esercitazioni. Non è possibile sostenere l'esame (né ottenere la frequenza) senza aver consegnato almeno l'80 % delle tavole.

TESINE D'ESAME. Gli allievi facoltativamente possono dividersi in gruppi di lavoro (al massimo 4 persone), per lo svolgimento di elaborati (preferibilmente da eseguire al CAD) sui temi principali trattati nel corso e da discutere durante la prova orale.

(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Giovanni Badino

Scopo del corso è quello di fornire al futuro ingegnere sia le conoscenze fondamentali per la comprensione degli eventi economici connessi con l'ambiente in cui dovrà operare, sia gli strumenti necessari per affrontare e risolvere i problemi di carattere economico-gestionale tipici della sua professione.

Le due parti (A) e (B) in cui è suddiviso il programma di seguito riportato sono presentate nel corso in modo integrato e, cronologicamente, in parallelo: la parte (B), in particolare, riguarda gli strumenti operativi e i metodi di gestione che vengono applicati nelle "esercitazioni".

PROGRAMMA

Parte A

- *Introduzione.* Organizzazione, contenuto e obiettivi del corso. I concetti fondamentali dell'economia. I rapporti tra economia e ingegneria. Cenni all'evoluzione del pensiero economico. I grandi temi dell'economia. Origine e sviluppo dei problemi di economia dell'ambiente.
- *Produzione ed economia nazionale.* Il sistema economico nazionale. Il ruolo della produzione dell'impresa. Flusso dei beni e dei redditi. La contabilità dello Stato. Significato economico dell'import-export.
- *Il mercato.* Generalità. Caratteristiche di domanda e offerta. Mercato perfettamente concorrenziale e mercati reali.
- *La moneta.* Cenni storici. Tipi di moneta: legale; bancaria; privata. Il controllo della moneta e del credito. Mercato monetario e mercato valutario.
- *L'impresa: contesto giuridico ed economico.* Contesto giuridico: tipi di impresa; le società commerciali; la società per azioni. Contesto economico: la retribuzione dei fattori della produzione; schema semplificato di bilancio.
- *Sistema fiscale e lavoro.* Il prelievo dello Stato sulla produzione. Imposte, tasse e contributi sociali. Il lavoro e il suo costo. Contratti di lavoro collettivi. Statuto dei lavoratori. Retribuzioni e oneri sociali. Costo del lavoro.
- *La gestione aziendale:* Generalità. Struttura e organizzazione. Le funzioni aziendali. La contabilità generale.
- *I costi di produzione.* I costi aziendali. La contabilità industriale. I centri di costo. L'analisi di "break-even". Cenni alla teoria dei costi. Il controllo di gestione.
- *Finanziamenti e investimenti.* Il finanziamento delle imprese: obbligazioni; mutui; leasing; credito commerciale diretto e credito bancario. La valutazione degli investimenti.
- *Economia e ambiente.* Teoria economica e problemi ambientali. Costi ambientali: internalizzazione delle esternalità. La gestione delle risorse naturali non rinnovabili. I principi dell'economia ecologica. Lo sviluppo sostenibile e i suoi strumenti.

Parte B

Analisi e rappresentazione di dati economici: numeri indici e statistica descrittiva.

Elementi di matematica finanziaria: interesse, capitalizzazione sconto; equivalenza economica; modalità di restituzione dei prestiti.

Interpretazione di dati energetici. *Energy Management*.

Economia e Qualità. Distribuzioni di probabilità per il controllo statistico di qualità.

Il bilancio d'impresa. Stato patrimoniale e conto economico. L'analisi di bilancio mediante indici.

Il deperimento dei beni strumentali e la sua contabilizzazione (ammortamenti).

Scelta e valutazione degli investimenti industriali.

Tecniche speciali di gestione economica. Modelli analitici per la risoluzione di problemi deterministici: gestione degli approvvigionamenti; programmazione lineare; coordinamento e programmazione dei lavori (PERTe GANTT).

Stime, valutazione del rischio e incertezza. I problemi di stima negli studi economici. Le stime e il processo decisionale. Le decisioni in condizioni di rischio e di incertezza.

Nuovi strumenti di gestione economico-ambientale della produzione: le tecniche LCA (*Life Cycle Assessment*), ecobilanci; *audit-ambientale*.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento

G.J. Thuesen, K.J. Fabrycky, *Economia per Ingegneri*, Il Mulino, 1994.

D. Zanobetti, *Economia dell'ingegneria*, Patron.

Testi ausiliari

G. Bellandi, *Economia e gestione dell'impresa*, UTET, Torino.

M. Bresso, *Per un'economia ecologica*, NIS, Roma, 1993.

ESAME

Per sostenere l'esame occorre:

- prenotarsi almeno 8 giorni prima della data dell'appello;
- consegnare la ricerca personale assegnata (l'assegnazione della ricerca avviene entro il secondo mese dall'inizio del corso, su tema concordato con ciascuno studente);
- rendere disponibili nel giorno dell'esame scritto le esercitazioni scritte svolte durante il corso.

La prova d'esame consiste in una prova scritta nell'ora e nel giorno indicati per l'appello più una prova orale da sostenere dopo l'esito positivo della prova scritta. La prova orale comprende la discussione della ricerca personale.

R 164 0**Elementi di ecologia**

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 70+15+15 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Alberto Quaglini

Il corso ha lo scopo di avviare lo studente alla conoscenza della struttura e del funzionamento degli ecosistemi naturali nonché dei meccanismi e delle leggi che stanno alla base degli equilibri ambientali. Il fine ultimo è quello di far comprendere, nella loro globalità, cause ed effetti delle alterazioni prodotte dall'uomo ed affrontare con la giusta attenzione i problemi relativi alla gestione, conservazione e recupero dell'ambiente e delle sue risorse.

PROGRAMMA

– *Ecologia generale*. [40 ore]

L'ecosistema come unità e sua struttura. Catene e reti alimentari; livelli trofici. Le piramidi ecologiche. La magnificazione biologica. Ciclo della materia e flusso di energia negli ecosistemi. I cicli biogeochimici dei principali elementi. Biomassa e produzione biologica.

Le popolazioni naturali e la loro dinamica. Meccanismi di controllo delle popolazioni e modelli di sviluppo: competizione e predazione. La polazione umana. L'uomo come predatore: problemi di gestione delle risorse naturali.

Le comunità naturali (biocenosi). Complessità e stabilità delle biocenosi. La biodiversità come indicatore della qualità ambientale. La nicchia ecologica. Evoluzione delle biocenosi: le successioni ecologiche e la comunità *climax*. Gli ecosistemi acquatici: il fiume, il lago, il mare (struttura e funzionamento). Il bosco come esempio di ecosistema terrestre. Gli ecosistemi estremi: la tundra ed il deserto (l'adattamento degli organismi). L'uomo nella biosfera.

L'ambiente umano: l'agroecosistema ed il sistema urbano.

L'impatto dell'uomo sull'ambiente: alterazioni locali e globali.

– *Ecologia applicata*. [30 ore]

Il concetto di inquinamento.

Inquinamento dell'aria. Gli inquinanti atmosferici. Criteri ed indici di qualità. Effetti e danni dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana, sugli animali e sulle piante. Effetto serra, effetto UV, deposizioni acide.

Inquinamento delle acque. Criteri ed indici di qualità. Eutrofizzazione dei laghi e delle aree costiere marine. Problemi e metodologie di risanamento.

Inquinamento del suolo. Suolo agricolo e suolo forestale. Inquinanti, fertilizzanti, pesticidi e lotta biologica.

Recuperi ambientali. Indici di qualità dell'ambiente. Vegetazione reale e potenziale. Riutilizzo degli spazi disponibili.

Opere di ingegneria naturalistica. Legislazione ambientale nazionale e comunitaria.

ESERCITAZIONI

Approccio alla metodologia di Studio di Impatto Ambientale (SIA) e Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).

Metodologia d'uso delle matrici.

Esame di progetti di recupero ambientale.

ESERCITAZIONI IN CAMPO

Visita ad un'area boscata denudata a seguito di catastrofe naturale.

Visita ad un recupero ambientale di una cava con coltivazione in sotterraneo.

Visita ad un recupero ambientale di una cava con coltivazione a cielo aperto.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Marchetti, *Ecologia applicata*, Città Studi, 1993.

Testi ausiliari:

A. Misiti, *Fondamenti di ingegneria ambientale*, NIS, 1994.

E.P. Odum, *Principi di ecologia*, Piccin, 1988.

R. Vismara, *Ecologia applicata*, Hoepli, 1989.

(Indir. Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 4:1

Docente: Maurizio Repetto

Il corso si propone di fornire le nozioni di base dell'elettrotecnica indispensabili per una corretta utilizzazione delle macchine e degli impianti elettrici, tenendo anche conto dei problemi relativi alla sicurezza. A tale scopo, vengono esposti i fondamenti dell'analisi delle reti di bipoli lineari in regime stazionario e quasistazionario e sono richiamati alcuni aspetti fondamentali della teoria dei campi necessari per la comprensione del funzionamento dei componenti dei sistemi elettrici. La teoria e i modelli sviluppati nella prima parte del corso sono infine applicati allo studio delle più comuni macchine elettriche e degli impianti di distribuzione dell'energia elettrica.

REQUISITI*Analisi Matematica 1 e 2, Fisica 1 e 2, Geometria.***PROGRAMMA***– Prima parte: circuiti.*

Multipoli e modello circuitale dei fenomeni elettromagnetici, regimi di funzionamento, metodo simbolico. [8 ore]

Grandezze elettriche e loro proprietà, classificazione dei componenti ideali, considerazioni energetiche sui componenti ideali, connessioni tra i componenti. [12 ore]

Metodi di analisi dei circuiti elettrici in regime permanente, trasformazioni energetiche nei circuiti. [8 ore]

Circuiti in regime transitorio, transitori del primo e del secondo ordine. [4 ore]

Sistema trifase, definizioni, metodi di soluzione di circuiti trifase equilibrati e squilibrati, misura della potenza. [6 ore]

– Seconda parte: campi.

Richiami sui campi vettoriali e sulle loro proprietà, equazioni di Maxwell, campo di corrente statico, leggi fondamentali dei circuiti in forma locale. [4 ore]

Dispensori e impianti di terra, cenni sulle normative antinfortunistiche, dimensionamento e protezione dei conduttori. [4 ore]

Campo elettrostatico, capacità e rigidità dielettrica, campo elettrico quasistazionario, corrente di spostamento. [2 ore]

Campo magnetico statico e quasistazionario, proprietà dei materiali ferromagnetici, circuiti magnetici, relè differenziale, auto- e mutue induttanze, generalizzazione del potenziale elettrico e forze elettromotrici indotte. [6 ore]

Energia magnetica, perdite nel ferro, conversione elettromeccanica dell'energia, elettromagneti, motori a riluttanza passo-passo. [6 ore]

– Terza parte: macchine elettriche.

Trasformatore ideale, trasformatore reale e circuito equivalente, prove sul trasformatore, trasformatore trifase, parallelo di trasformatori, cenni su autotrasformatore e trasformatori di misura. [8 ore]

Campo magnetico rotante, motore asincrono trifase e circuito equivalente, prove sui motori asincroni, avviamento e regolazione della velocità nei motori asincroni, macchina a induzione, motore asincrono monofase. [6 ore]

Macchina elettrica a corrente continua, tipologie di eccitazione e circuiti equivalenti, commutazione, motori *brushless*. [4 ore]

Cenni sul generatore sincrono. [2 ore]

ESERCITAZIONI

Analisi dei circuiti in regime stazionario e quasistazionario. [12 ore]

Campi di corrente, elettrici e magnetici. [6 ore]

Macchine elettriche. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di supporto:

P.P. Civalleri, *Elettrotecnica*, Levrotto & Bella, Torino.

Testi per approfondimenti:

V. Daniele, A. Liberatore, R. Graglia, S. Manetti, *Elettrotecnica*, Monduzzi, Bologna.

A.E. Fitzgerald, C. Kingsley, A. Kusko, *Macchine elettriche*, Angeli, Milano.

ESAME

L'esame è composto da una prova scritta e da un colloquio. La prova scritta richiede la soluzione di tre problemi relativi ad argomenti svolti durante il corso; durante tale prova è consentita la consultazione di testi ed appunti.

Il superamento della prova scritta è vincolante per l'ammissione al colloquio orale, che deve essere sostenuto nell'ambito dello stesso appello.

Per partecipare all'esame è necessario effettuare la prenotazione consegnando lo statino. Durante il corso vengono svolti due compiti scritti riservati agli iscritti regolari per ottenere l'esonero dalla prova scritta.

R 179 4 Elettrotecnica (r)

Anno: periodo 3,4:2 Lezioni, esercitazioni: 4+2 (ore settimanali)
40+20 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Edoardo Barbisio

Scopo del corso è di fornire una metodologia per una corretta utilizzazione di macchine ed impianti elettrici, che tenga conto dei problemi di sicurezza dell'operatore e dell'impianto. A tal fine, dopo aver esposto i fondamenti dell'analisi delle reti di bipoli (con accenni ai tripoli e ai doppi bipoli di più frequente impiego) e della teoria dei campi, evidenziando le interconnessioni metodologiche d'approccio, se ne mostra l'impiego nei modelli delle principali macchine e degli impianti di distribuzione dell'energia elettrica. Tali argomenti sono integrati da notizie riguardanti le basilari apparecchiature di comando e di protezione.

REQUISITI

Analisi I e II, Fisica I e II, Geometria.

PROGRAMMA

Reti elettriche a costanti concentrate (reti di multipoli): introduzione operativa di tensione e corrente. Leggi di vincolo per tensioni e correnti. Potenza elettrica, wattmetro. [3 ore]

Caratteristica grafica di un bipolo. Punto di lavoro. Composizioni grafiche di caratteristiche per reti di bipoli in serie/parallelo. Diodo ideale. [2 ore]

Bipoli ideali elementari attivi e passivi: generatori ideali di tensione e di corrente, resistore, induttore, condensatore. Energia immagazzinata in un induttore e in un condensatore. Partitore di tensione e di corrente. Reti serie/parallelo. Dualità. Modelli elementari di bipoli reali attivi e passivi. [3 ore]

Soluzione analitica di reti lineari serie/parallelo in regime stazionario: principio di sovrapposizione degli effetti, teoremi di Thévenin, teorema di Millman. Reti a ponte. Trasformazione stella/triangolo. Metodo dei potenziali ai nodi. [4 ore]

Grandezze periodiche. Grandezze ad andamento sinusoidale permanente. Operazioni algebriche ed integro-differenziali su grandezze sinusoidali: spazio vettoriale associato. Operatori: impedenza e ammettenza. Potenza in regime sinusoidale. [4 ore]

Studio analitico e grafico di reti lineari serie/parallelo in regime sinusoidale permanente. Circuiti risonanti. Rifasamento monofase. [4 ore]

Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati. Misure di potenza con inserzione Aron. Rifasamento trifase. Confronto tra sistemi monofasi e trifasi per il trasporto dell'energia [4 ore]

Campi stazionari di corrente: uniforme, cilindrico, sferico. Impianti di messa a terra: indicazioni sul progetto ed il collaudo. Dimensionamento e protezione dei conduttori. Interruttori magnetotermici e differenziali. [2 ore]

Analogie tra campi magnetici e di corrente: circuiti magnetici. Induttori con traferro. Ciclo d'isteresi. Perdite per isteresi. Energia magnetica volumica. Legge d'induzione elettromagnetica. [4 ore]

Trasformatore/autotrasformatore monofase e trifase: cenni costruttivi e circuito equivalente completo. Prova a vuoto e in corto circuito. Dati di targa. Variazione di tensione sotto carico. Parallelo in trasformatori. 4 ore]

Azioni elettromeccaniche. Strumenti di misura magnetoelettrici, elettromagnetici ed elettrodinamici. Forze tra conduttori di linea in regime sinusoidale. [2 ore]

Campo magnetico rotante. Macchina ad induzione trifase e monofase: cenni costruttivi e circuiti elettrici equivalenti. Caratteristiche meccanica ed elettromeccanica. Metodi di avviamento dei motori asincroni trifasi e monofasi. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

P.P. Civalleri: "*Elettrotecnica*". Levrotto & Bella, Torino.

Testi consigliati per integrazioni ed approfondimenti:

V. Carrescia (a cura di): "*Impianti a norme CEE*". TuttoNormel, Torino.

S. Chapman: "*Macchine elettriche*". Jackson, Milano.

V. Daniele, A. Liberatore, R. Graglia, S. Manetti: "*Elettrotecnica*". Monduzzi, Bologna.

G. Sameda: "*Elettrotecnica generale*". Pàtron, Padova.

Testi per esercitazioni:

G. Fiorio: "*Raccolta di esercizi di Elettrotecnica*". CLUT, Torino.

A. Laurentini, A.R. Meo, R. Pomè: "*Esercitazioni di Elettrotecnica*". Levrotto & Bella.

ESAME

L'esame consiste di una prova scritta e una prova orale.

Modalità di partecipazione allo scritto:

Il candidato dovrà sepositare, in un'apposita cassetto presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica Industriale (DELET) quattro fogli quadrettati tipo protocollo, compilati secondo le istruzioni affisse presso la cassetta, allegando lo statino di iscrizione all'esame. Il termine ultimo di consegna, per motivi organizzativi che coinvolgono anche altri corsi, è fissato alla fine del *penultimo* giorno lavorativo (con esclusione del sabato: si rispetti l'orario di segreteria) precedente la data della prova scritta. Il candidato riporterà inoltre il proprio cognome in un elenco a lato.

I problemi proposti sono quasi sempre riconducibili ad applicazioni pratiche. Sarà motivo di soddisfazione per lo studente, condatatare di aver acquisito un bagaglio teorico che gli permette di affrontarne con successo lo studio.

Prova orale:

A distanza di qualche giorno dallo scritto avverrà il completamento dell'esame con una *prova orale*, durante la quale si discuterà col candidato lo svolgimento dello scritto e si amplierà l'accertamento sul suo grado di preparazione su argomenti addizionali. In questa sede, approfittando dell'interazione studente-docente, si potrà valutare lo spirito critico, oltre al bagaglio culturale, del candidato.

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docenti: Paolo Allia, Aurelia Stepanescu (collab.: Vittorio Mussino, Arianna Montorsi)

Vengono trattati i concetti basilari per la comprensione e la risoluzione di semplici problemi di fisica classica (meccanica, elettrostatica, ottica geometrica) con particolare riferimento a quelli che si possono più comunemente presentare nelle applicazioni di tipo ingegneristico. Gli argomenti principali del corso sono: la teoria della misura e degli errori; la meccanica di una particella puntiforme; la meccanica dei sistemi di particelle, con un accenno al moto del corpo rigido ed alla fluidodinamica; la teoria della gravitazione universale; le oscillazioni meccaniche; l'elettrostatica nel vuoto; l'ottica geometrica.

REQUISITI

Gli elementi di calcolo differenziale sviluppati nel corso di *Analisi 1*.

PROGRAMMA

– *Misure*

Grandezze fisiche. Misurazioni. Grandezze fondamentali e derivate.

Equazioni dimensionali. Sistemi di misura e unità. Errori di misura.

Propagazione degli errori. Cenni di teoria dell'errore e metodo dei minimi quadrati.

– *Meccanica del punto*

Vettori e scalari. Componenti. Vettori unitari. Cenni di calcolo vettoriale.

Moto rettilineo: posizione, velocità e accelerazione. Caduta libera.

Moti piani: posizione, velocità e accelerazione. Moto circolare uniforme.

Moto dei proiettili. moti relativi: velocità e accelerazione relative. Sistemi inerziali. Forza e massa. Leggi di Newton. Applicazioni. Forze di attrito (radente e viscoso). Moto circolare uniforme. Lavoro di una forza costante e di una forza variabile. Lavoro di una forza elastica.

Energia cinetica e teorema dell'energia cinetica. Potenza. principio di equivalenza. Lavoro ed energia potenziale. Forze conservative e non conservative. Teorema di conservazione dell'energia meccanica. Conservazione dell'energia per un sistema di particelle.

– *Meccanica dei sistemi*

Centro di massa. Quantità di moto di una particella e di un sistema di particelle. Conservazione della quantità di moto. Sistemi a massa variabile. Impulso e quantità di moto. Urti elastici e anelastici in una dimensione.

Cenni agli urti in due dimensioni. Sistema di riferimento del centro di massa. Moto rotatorio. Variabili rotazionali. Energia cinetica di rotazione.

Momento d'inerzia. Momento di una forza. Dinamica rotazionale del corpo rigido.

Rotolamento. Momento angolare. Seconda legge di Newton in forma angolare. Momento angolare di un sistema di particelle e di un corpo rigido in rotazione attorno a un asse fisso.

Conservazione del momento angolare ed esempi. Centro di gravità. Equilibrio statico. Condizioni di equilibrio ed esempi.

– *Oscillazioni meccaniche*

Oscillatore armonico semplice. Considerazioni energetiche. Moto armonico semplice e moto circolare uniforme. Moto armonico smorzato. Oscillazioni forzate e risonanza (cenni).

– Fluidi

Densità e pressione. Principi di Pascal e Archimede. Linee di flusso ed equazione di continuità. Equazione di Bernoulli ed applicazioni.

– Gravitazione

Legge della gravitazione universale. Energia potenziale gravitazionale. Campo e potenziale gravitazionale. Leggi di Keplero.

– Elettrostatica

Legge di Coulomb. Conservazione della carica. Campo elettrico. Linee di forza. Campo elettrico di: una carica puntiforme; un dipolo elettrico; una distribuzione lineare di carica; un disco carico. Carica puntiforme e dipolo in un campo elettrico. Flusso del campo elettrico. Legge di Gauss. Conduttore carico isolato. Applicazioni della legge di Gauss. Energia potenziale elettrica. Potenziale elettrico. Campo elettrico e potenziale. Potenziale di: una carica puntiforme; un insieme di cariche puntiformi, un dipolo elettrico; una distribuzione continua di cariche. Superfici equipotenziali. Condensatori. Capacità elettrica. Calcolo della capacità. Condensatori in serie e in parallelo. Energia immagazzinata in un campo elettrico.

– Ottica geometrica

Riflessione e rifrazione della luce. Specchi piani e sferici. Superfici rifrangenti sferiche. Lenti sottili.

ESERCITAZIONI

Impostazione, risoluzione e commento di semplici problemi di fisica relativi a tutti i principali argomenti trattati nelle lezioni.

LABORATORIO

1. Misurazione di spostamenti, velocità e accelerazione di gravità per un corpo in caduta libera.
2. Misurazione del periodo di oscillazione del pendolo semplice in funzione della lunghezza del filo e dell'ampiezza di oscillazione.
3. Misurazione dell'indice di rifrazione del vetro con il metodo del prisma in condizione di deviazione minima.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

R. Resnick, D. Halliday, D.S. Krane, *Fisica 1*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1993.

D. Halliday, R. Resnick, D.S. Krane, *Fisica 2*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1994 (solo per l'elettrostatica e l'ottica geometrica).

Testo ausiliario:

G. Lovera, B. Minetti, A. Pasquarelli, *Appunti di Fisica 1*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

ESAME

L'esame consta di una prova orale, che si svolge dopo che il docente ha acquisito vari elementi di giudizio sullo studente, fra cui l'esito di una prova scritta e le relazioni di laboratorio.

Lo scritto consta di norma di tre esercizi che ricoprono tutto l'arco della materia svolta nel corso.

Una volta svolto lo scritto, l'esame (orale) può essere sostenuto in qualunque appello a partire da quello in cui si è svolto lo scritto stesso, purché entro il maggio dell'anno immediatamente successivo. Superato tale tempo senza aver sostenuto l'orale con esito positivo, lo scritto deve essere comunque ripetuto. Lo scritto effettuato nel preappello di maggio vale solo per tale preappello.

La prova scritta rimane valida, nei limiti di tempo di cui al punto precedente, anche nel caso in cui la prova orale non venga superata.

Lo studente che, avendo svolto lo scritto, intende sostenere l'orale deve prenotarsi apponendo il proprio nome sui fogli disponibili presso il dipartimento di Fisica a partire da una settimana prima di ogni appello.

Lo statino deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.

R 190 2**Fisica 2**

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+2 (ore settimanali)

Docente: Piera Taverna Valabrega (collab.: C. Castagno)

Scopo dei corsi di fisica è quello di dare una visione coerente ed unificata dei fenomeni fisici e dei metodi che ne permettono lo studio. Nella prima parte del corso di *Fisica 2* vengono trattati le interazioni elettromagnetiche analizzate in termini di campi. Sono discusse le leggi fondamentali dell'elettromagnetismo (nel vuoto e nella materia) che si compendiano nelle equazioni di Maxwell. Particolare rilievo è dato allo studio delle onde elettromagnetiche, come estensione delle equazioni di Maxwell e dei fenomeni ondulatori, quali interferenza, diffrazione e polarizzazione. Nella seconda parte del corso viene fornita una breve introduzione alla meccanica quantistica, base per lo studio della struttura della materia. Nell'ultima parte vengono analizzati i concetti base della termodinamica classica con alcuni cenni di termodinamica statistica.

PROGRAMMA

– *Elettrostatica nel vuoto e nella materia*

Isolanti e conduttori, costante dielettrica. [6 ore]

– *Corrente, resistenza, forza elettromotrice*

Corrente elettrica, resistenza, densità di corrente, resistività. Conduttori ohmici, legge di Ohm. Interpretazione microscopica della legge di Ohm (cenni). Generatori ideali e reali di tensione. Generatore di van de Graaf. Bilancio energetico nei circuiti. Circuito RC. Misura di resistenze (laboratorio). [6 ore]

– *Campo magnetico*

Forze magnetiche su cariche in moto e su correnti. Definizione del vettore **B**. Effetto Hall. Forze magnetiche sui circuiti, momento di dipolo magnetico. Moto di cariche in campo magnetico. Ciclotrone. [4 ore]

Legge di Ampère: campo magnetico di circuiti percorsi da corrente. Dipoli elettrici e magnetici: analogie, differenze. Forze fra conduttori. Definizione dell'*ampere*. [4 ore]

Legge di Faraday: FEM indotta da campi magnetici variabili nel tempo. Considerazioni energetiche. Calcolo del campo elettrico indotto da campi magnetici variabili. Betatrone. Auto- e mutua induzione. Autoinduttanza di avvolgimenti toroidali e solenoidali. Circuito LR. Energia del campo magnetico. Circuiti LC ed RLC: analogie meccaniche, considerazioni energetiche, risonanza (laboratorio). Corrente di spostamento ed equazioni di Maxwell. [6 ore]

– *Proprietà magnetiche dei materiali*

Magneti permanenti, correnti di magnetizzazione. Sostanze dia-, para-, ferro-magnetiche. Legge di Curie. Legge di Gauss per il magnetismo. Vettore **H**. Legge di Ampère in presenza di mezzi materiali. Risonanza magnetica nucleare. [4 ore]

– *Onde elettromagnetiche*

Equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale. Equazione dell'onda elettromagnetica. Onde piana: relazioni fra i vettori **E**, **B**, **H**. Energia dell'onda e vettore di Poynting. Quantità di moto dell'onda, pressione di radiazione. Antenne a dipolo elettrico (trasmettenti e riceventi). Lo spettro elettromagnetico. Luce. [8 ore]

– *Onde elettromagnetiche luminose*

Riflessione e rifrazione: relazioni di Fresnel. Dispersione della luce principio di Huygens. Superfici d'onda e raggi. [2 ore]

Interferenza: esperimento di Young; coerenza, tempo di coerenza. Pellicole sottili, rivestimenti antiriflettenti. Diffrazione: fenomeni di Fresnel e Fraunhofer. Potere separatore degli strumenti ottici (macchina fotografica, occhio umano, telescopio). Interferenza con più sorgenti. Reticoli di diffrazione. Diffrazione dei raggi X, legge di Bragg. [10 ore]

Polarizzazione della luce mediante riflessione, dicroismo, doppia rifrazione e diffusione. Misure in luce polarizzata (laboratorio). [4 ore]

– *Interazione radiazione elettromagnetica con la materia*

Descrizione effetto fotoelettrico ed effetto Compton: onde e corpuscoli. Relazioni energia – frequenza ed impulso. Vettore d'onda. Quantizzazione livelli energetici. Emissione della luce spontanea e indotta: laser. [4 ore]

– *Temperatura e calore*

Equilibrio termico, principio zero. Temperatura, termometro a gas rarefatto. Punti fissi, punto triplo. Quantità di calore, calori specifici, legge di Dulong e Petit. Equivalente meccanico della caloria. Primo principio. Conduzione del calore in regime stazionario e non. Misura della diffusività termica (laboratorio). [4 ore]

– *Teoria cinetica*

Gas perfetto: definizioni macroscopica e microscopica. Calcolo della pressione. Interpretazione cinetica della temperatura. Equazione dell'adiabatica reversibile. Principio di equipartizione dell'energia, calori specifici di gas e solidi. [4 ore]

– *Secondo principio della termodinamica*

Processi reversibili ed irreversibili. Ciclo di Carnot per il gas perfetto. Macchine termiche e frigorifere. Teorema di Carnot. Secondo principio. Scala termodinamica assoluta delle temperature. Entropia: definizione, calcolo. Entropia e secondo principio, aumento di entropia nei processi naturali. Principali trasformazioni irreversibili, espansione senza lavoro esterno. Elementi di meccanica statistica e interpretazione statistica dell'entropia. [6 ore]

– *Meccanica quantistica*

Cenni di meccanica quantistica e calori specifici alle basse temperature. [4 ore]

LABORATORIO

1. Misura di resistenza mediante ponte di Wheastone e misura di temperatura con sensore PT100.
2. Studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali, e simulazioni al calcolatore di transistori in circuiti RC e RLC.
3. Misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione, uso di polarizzatori, verifica della legge di Malus, misura dell'angolo di Brewster con sensore a fotodiode.
4. Misura della diffusività termica di un provino metallico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

B. Minetti, A. Pasquarelli, *Calore e termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino.

U. Amaldi, Bizzarri, *Fisica generale. Elettromagnetismo, relatività, ottica*, Zanichelli.

Testi ausiliari:

A. Tartaglia, *Esercizi svolti di elettromagnetismo e ottica*, Levrotto & Bella, Torino.

P. Mazzoldi, N. Nigro, C. Voci, *Fisica. Vol. 2*. EDISES, Napoli.

ESAME

L'esame consta di una prova scritta seguita da una prova orale, entrambe da effettuarsi nella stessa sessione, non necessariamente nello stesso appello. Lo scritto ha la durata di 2 ore, e consiste in una serie di problemi e/o quesiti sugli argomenti trattati nel corso e sulle esperienze di laboratorio. Il massimo voto ottenibile dall'esame è condizionato dal voto dello scritto. Il peso massimo che la prova scritta può avere sulla valutazione finale è di 50/100.

Alla fine del primo semestre gli studenti possono sostenere una prova scritta comprendente problemi e/o quesiti. Questa prova scritta, se superata con almeno 15/30, dà diritto agli studenti a essere esonerati dallo scritto d'esame per l'intero AA.

R 216 0**Fondamenti di chimica industriale***(Indir. Ambiente)*

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Maurizio Onofrio (collab.: Franco Marchese)

Il corso riprende le conoscenze di chimica generale, inorganica ed organica, approfondendo lo studio delle reazioni chimiche in fase liquida e gassosa, sviluppando lo studio degli equilibri chimici, della resa delle reazioni, in particolare per quelle di maggior applicazione nel campo del trattamento degli inquinanti e della combustione. Nella seconda parte del corso si sviluppa lo studio degli equilibri fisici fra le fasi, introducendo le operazioni a stadi e la loro applicazione nei sistemi di trattamento. Nella terza parte si considerano le caratteristiche dei principali inquinanti ed i principi dei metodi analitici per la loro determinazione.

REQUISITIÈ propedeutico il corso di *Chimica*.**PROGRAMMA**

- La reazione chimica: aspetti qualitativi e quantitativi, stechiometria e bilanci di materia, reazioni di ossido-riduzione. [2 ore]
- Equilibri acido-base: pH , costanti di dissociazione, forza degli acidi e delle basi. Equilibri di precipitazione: solubilità, prodotto di solubilità, influenza del pH . Equilibri redox: potenziali di ossidoriduzione, serie elettrochimica, equazione di Nernst. [4 ore]
- Calori di formazione e tonalità termica delle reazioni; combustibili, potere calorifico superiore ed inferiore, aria e fumi stechiometrici, bilancio entalpico, temperatura adiabatica di fiamma, resa. [4 ore]
- Equilibri in fase gas. [4 ore]
- Equilibri fisici: la ripartizione dei componenti fra le fasi; assorbimento, distillazione, adsorbimento, cristallizzazione. [8 ore]
- Le operazioni a stadi: calcolo degli stadi con metodo grafico e analitico; cenni sui sistemi di trattamento. [6 ore]
- I parametri di inquinamento: grandezze e unità di misura. [2 ore]
- Criteri di valutazione delle interazioni delle sostanze con l'ambiente; tossicità delle sostanze. [8 ore]
- Metodi di determinazione degli inquinanti. [4 ore]
- Interazione primaria delle sostanze con l'ambiente (aria, acqua e suolo). [4 ore]
- Interazione secondaria: evoluzione degli inquinanti immessi nell'ambiente, *smog* fotochimico, piogge acide, effetto serra. [4 ore]
- Caratteristiche degli inquinanti aeriformi: ossidi d'azoto, monossido di carbonio, ossidi di zolfo. Cenni sui sistemi di trattamento. [6 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula vertono sullo sviluppo di esempi numerici riguardanti lo studio dei sistemi coinvolgenti equilibri chimici e fisici, i bilanci di materia e di energia, la combustione.

LABORATORIO

In laboratorio si sviluppano esercitazioni pratiche esemplificative della misura di COD, TOC, BOD, neutralizzazione, rimozione di inquinanti per precipitazione, adsorbimento su carbone attivo.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Durante lo sviluppo del corso sono distribuite delle dispense che, integrate con gli appunti delle lezioni, costituiscono il materiale di supporto per la preparazione dell'esame.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

M. Freiser, G. Fernando, *Gli equilibri ionici nella chimica analitica*, Piccin, Padova.

O.A. Houghen, K.M. Watson, R.R. Ragatz, *Processi dei principi chimici*. Vol. 2, Ed. Ambrosiana, Milano

A.C. Stern, *Air pollution*, Academic Press, New York.

Testi specialistici che gli studenti potranno consultare, su indicazione del docente, presso la biblioteca dipartimentale.

ESAME

In chiusura al corso viene svolta una prova scritta, che ha valore di esonero per una parte del programma. L'esame orale verte sulla restante parte o, per coloro che non hanno superato l'esonero, sull'intero programma.

R 217 0**Fondamenti di informatica**

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+2 (ore settimanali)

Docente: Giuseppe Amongero

Il corso intende presentare i fondamenti dell'informatica, con lo scopo di chiarirne i principi teorici per permettere una corretta valutazione delle possibilità applicative degli elaborati elettronici. Ci si prefigge inoltre di fare acquisire agli allievi una discreta "manualità" nell'uso degli elaboratori, attraverso l'impiego di strumenti di produttività individuali e di un linguaggio di programmazione. Il corso è propedeutico ai corsi specialistici di informatica; inoltre fornisce le basi per molti corsi di carattere matematico-fisico che richiedono l'uso del calcolatore per le esercitazioni e lo sviluppo di casi di studio.

REQUISITI

Non esiste nessuna propedeuticità specifica in termini di esami, ma è utile avere buone basi matematiche ed attitudine al ragionamento.

PROGRAMMA

– *Cenni storici* [2 ore]

Evoluzione del calcolo automatico: breve storia dei calcolatori meccanici, elettromeccanici ed elettronici.

– *Codifica dell'informazione* [10 ore]

Sistemi di numerazione (in particolare il sistema binario); numeri relativi (codifica in modulo e segno ed in complemento a due); numeri frazionari (problemi di approssimazione; codifica *fixed point* e *floating point*; lo *standard* IEEE-754); codifica BCD; operazioni aritmetiche in binario puro ed in complemento a due; errori di *overflow* e di *underflow*; informazioni non numeriche (codici binari, codice ASCII); protezione dell'informazione dagli errori casuali (codici a rivelazione ed a correzione d'errore).

– *Logica booleana* [4 ore]

Variabili booleane, operatori logici (*and*, *or*, *not*, *exor*), tavola di verità, teoremi booleani, minimizzazione di espressioni logiche.

– *Tecnologia elettronica* [4 ore]

Transistori, porte logiche, circuiti combinatori, *flip-flop*. Circuiti sequenziali, registri; tecnologie elettroniche (MOS, bipolari, circuiti integrati).

– *Architettura degli elaboratori elettronici* [8 ore]

Unità di *input* (*buffer*, ADC; tastiera, *mouse*, *scanner*, tavoletta grafica); unità di *output* (*buffer*; video, stampanti, *plotter*); unità operativa (ALU, registri, *flag*); memoria (indirizzamento, RAM, ROM; *floppy disk*, *hard disk*, CD-ROM; nastri magnetici, QIC, DAT); unità di controllo (*program counter*, *instruction register*, esecuzione di un'istruzione)

– *Il software* [4 ore]

Il sistema operativo (funzionalità; sistemi *batch*, *multitask*, *time-sharing*, *real-time*, *fault tolerant*); gli strumenti per lo sviluppo dei programmi (interprete, compilatore, *linker*, librerie statiche e dinamiche, *debugger*, *profiler*); linguaggi di programmazione (codice macchina, linguaggio *assembler*, linguaggi ad alto livello).

– *Il sistema operativo MS-DOS* [4 ore]

Organizzazione interna, interfaccia utente, *file* di comandi, istruzioni di configurazione.

– *Strumenti di produttività individuale* [8 ore]

Elaborazione di testi e tabelle in formato elettronico; *database*.

– *Il linguaggio C* [20 ore]

Tipi di dato, istruzioni di assegnazione, operazioni aritmetiche e logiche, istruzioni di controllo, sottoprogrammi e passaggio dei parametri, libreria di I/O, libreria matematica, *file* di testo.

– *Telematica* [12 ore]

Tipologie di comunicazione (seriale, parallela; sincrona, asincrona; a commutazione di circuito e di pacchetto); reti di calcolatori (topologia a stella, ad anello ed a *bus*; LAN, MAN e WAN; esempi: lo *standard* IEEE 802.3, la rete Internet); strumenti di comunicazione in rete (posta elettronica, trasferimento di dati, terminale virtuale; il ciberspazio: *gopher*, *veronica*, *wais*, *www*); sistemi *client-server*.

ESERCITAZIONI

1. Codifica dell'informazione: conversioni tra basi diverse, codifica di numeri relativi e razionali, codifica di informazioni generiche, rivelazione e correzione di errori casuali; [2 ore]
2. operazioni aritmetiche: addizioni e sottrazioni in binario puro ed in complemento a due; [2 ore]
3. logica booleana: verifica di espressioni logiche, costruzione e minimizzazione di funzioni logiche; [2 ore]
4. architettura degli elaboratori elettronici: dimensionamento di componenti e calcolo di prestazioni; [2 ore]
5. i *personal computer* MS-DOS: configurazione *software* di un PC, scrittura di *file* di comandi; [4 ore]
6. programmazione in linguaggio C: interfacce a menù, applicazione di formule matematiche, riduzione di dati numerici, analisi di testi. [16 ore]

LABORATORIO

1. uso dei *personal computer* MS-DOS; [4 ore]
2. programmazione in linguaggio C; [14 ore]
3. uso di strumenti di produttività individuale; [4 ore]
4. uso di strumenti per la navigazione in rete. [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Dispense delle lezioni ed esercitazioni (presso le cooperative del Politecnico).

P. Tosoratti, G. Collinassi, *Introduzione all'informatica*, Ambrosiana.

B. Kernigham, D. Ritchie. *Il linguaggio C*, Jackson.

Testo per approfondimenti:

Peter Bishop, *Informatica*, Jackson.

ESAME

L'esame si articola su due prove scritte (una di teoria ed una di programmazione) da superare entrambe nel medesimo appello. Il voto finale è la media aritmetica (arrotondata per eccesso) dei voti riportati nelle due prove scritte. Per gli allievi regolari è prevista verso la fine di maggio una prova speciale di teoria che, in caso di superamento, esonera per un anno dalla relativa prova scritta permettendo così all'allievo di sostenere negli appelli successivi solo più la prova di programmazione. La prova di esonero resta valida anche in caso di insufficienza in una prova di programmazione. Nel caso che l'allievo si presenti ad una prova di teoria, il voto dell'eventuale prova di esonero viene automaticamente cancellato, indipendentemente dal risultato della prova di teoria.

R A19 0**Geofisica Ambientale**

Anno:periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Luigi Sambuelli

Il corso intende fornire gli elementi relativi caratterizzazione fisica di *atmosfera, acqua e suolo* focalizzando l'attenzione sulle tecniche di misura e di elaborazione dei dati sperimentali. Il corso si articola in una parte introduttiva generale sull'origine e la struttura del pianeta Terra e della sua atmosfera e in una seconda parte di analisi in dettaglio dei meccanismi di interazione fra atmosfera, acqua e suolo, con particolare attenzione ai problemi ambientali che derivano dall'inserimento delle attività umane all'interno di questi processi.

Il corso comprende una parte relative ad esercitazioni pratiche in sito ed in aula, durante le quali si illustrano le apparecchiature geofisiche di misura e le modalità operative di indagine; si prevedono sperimentazioni pratiche in sito alle quali seguiranno elaborazioni eseguite in aula.

REQUISITI

Non si richiedono particolari nozioni propedeutiche, oltre ai corsi del biennio.

PROGRAMMA DELLE LEZIONI

Introduzione. Il Sistema solare: origine dei pianeti e delle atmosfere. Struttura interna della Terra, proprietà reologiche di nucleo, mantello e crosta. Campi naturali origine e misura. [6 ore]

L'atmosfera terrestre. Suddivisione verticale dell'atmosfera; proprietà fisiche e chimiche.

Metodi e strumenti di misura. Misura dello Strato Limite. Bilancio radiativo. Metodi e strumenti di misura. Circolazione generale. [14 ore]

Elementi di meteorologia. Osservazioni metereologiche. Tecniche di misura con sistemi radar. Immagini da satellite. Previsioni metereologiche. Modelli numerici di previsione. [6 ore]

Elementi di climatologia. Tipi climatici; causa delle variazioni climatiche, variazioni in temperatura, venti prevalenti e correnti verticali d'aria, effetti dei fronti d'aria sul clima, effetti delle disomogeneità della terra, effetti delle correnti oceaniche; paleoclimi. Paleoclimi. [6 ore]

Acqua. Acque interne e sotterranee; proprietà fisiche e misure, metodi di indagine nel sottosuolo. La prospezione di acque sotterranee con metodi elettrici ed elettromagnetici. [12 ore]

Oceani e mari. circolazione generale ed interazioni con l'atmosfera, interazione con le acque interne. Intrusione marina in falde costiere (metodi di misura). [4 ore]

Ghiacci e nevi. Tipi di ghiacciai; formazione e movimenti; caratterizzazione fisica e misure; i ghiacciai come indicatori climatici. [4 ore]

Suolo e sottosuolo. Proprietà elastiche dei terreni e delle rocce. Determinazione della velocità delle onde sismiche. Sismologia (microzonizzazione), misura dei sismi, rischio sismico, previsione e prevenzione. Proprietà elettriche ed elettromagnetiche delle rocce. Misure geoelettriche ed elettromagnetiche. Radioattività di rocce e minerali. [14 ore]

Sistemi fisici di misura e monitoraggio di inquinamento dei suoli e delle acque sotterranee. Tecniche georadar per lo studio di fenomeni di inquinamento dei suoli [4 ore]

ESERCITAZIONI

1. Generalità sulle misure geofisiche. Caratteristiche generali della strumentazione. [4 ore]
2. Misure del campo magnetico applicate a problemi ambientali [4 ore]
3. Le centraline di acquisizione dei dati metereologici.[4 ore]
4. Esempi di evoluzione di fenomeni atmosferici con immagini da satellite. [4 ore]
5. Misure geoelettriche: esempi di sondaggio elettrico e relativa elaborazione. [4 ore]
6. Principi di funzionamento di apparati sismici. Esempio di indagine sismica. [4 ore]
7. Esempi di misure elettriche ed elettromagnetiche per l'individuazione di fenomeni di inquinamento e per il monitoraggio di suoli e acque sotterranee. [4 ore]
8. Modalità di misure delle caratteristiche della neve e dei ghiacci con georadar. [4 ore]
9. Esempi di misure radar per lo studio di fenomeni di inquinamento. [4 ore]
10. Elaborazione statistica dei dati; cenni di elaborazione di segnali geofisici. Misure in dominio di tempo e di frequenza. Correlazione e convoluzione di segnali. Spettri di frequenza [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Appunti e dispense forniti dal docente.

Testi ausiliari

E.Carrara, A.Rapolla, N.Roberti, *Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici*. Liguori Editore, Napoli, 1992.

T.E. Graedel, P.J. Crutzen, *Atmospheric change*. W.H. Freeman and Company, New York, 1992.

J.P. Peixoto, A.H.Oort, *Phisycs of climate*. American Institute of Physics, New York, 1992.

W.M.Telford, L.P.Geldart, R.E.Sheriff, D.A.Keys, *Applied Geophysics*. Ed. Cambridge University Press, 1990.

ESAME

L'esame è costituita da una prova orale finale concernente gli argomenti trattati a lezione e durante le esercitazioni.

R 224 0**Geofisica applicata**

Anno: periodo 3:2

Docente: Luigi Sambuelli

Il corso si propone di portare a conoscenza degli studenti la teoria e la pratica delle tecniche geofisiche più usate in campo ingegneristico analizzandone criticamente pregi, difetti, costi ed informazioni ottenibili.

PROGRAMMA.

- Nozioni elementari di analisi dei segnali e di serie di dati. [10 ore]
- Tecniche geofisiche utilizzando la propagazione di campi elettrici a bassa frequenza nel sottosuolo (SEV e SEO). [10 ore]
- Tomografia elettrica (ERT). [2 ore]
- Polarizzazione indotta (IP). [2 ore]
- Tecniche geofisiche utilizzando la propagazione di onde elastiche nel sottosuolo (Sismica a rifrazione). [12 ore]
- Tomografia sismica. [4 ore]
- Misure di variazione del campo gravitazionale terrestre. [8 ore]
- Misure di variazione del campo magnetico terrestre. [8 ore]
- Tecniche geofisiche utilizzando la propagazione di campi elettromagnetici ad alta frequenza nel sottosuolo (Slingram, TDM, VLF). [16 ore]
- Tecniche geofisiche utilizzando la propagazione di campi elettromagnetici a frequenze radar nel sottosuolo (GPR). [8 ore]

Tutte le tecniche suddette sono presentate fornendo una base teorica ed una descrizione delle principali applicazioni nel campo della geotecnica, dell'ingegneria ambientale, dell'idrogeologia e dell'archeologia.

Sono previste due esercitazioni giornaliere in campagna e una in laboratorio, per complessive 20 ore, all'interno delle quali si effettuano misure inerenti a ciascuno degli argomenti trattati nel corso.

BIBLIOGRAFIA

Durante il corso verranno fornite fotocopie dei lucidi proiettati a lezione.

W.M.Telford, L.P.Geldart, R.E.Sheriff (1990), *"Applied Geophysics"*. Cambridge University Press. (Second Edition).

M.Fedi, A.Rapolla (1992), *"I metodi gravimetrico e magnetico nella geofisica della terra solida"*. Liguori Editore.

M.Fedi, A.Rapolla (1992), *"Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici"*. Liguori Editore.

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+5 (ore settimanali)

Docente: Ernesto Armando (collab.: Alberto Godio)

La geofisica mineraria consiste nella misurazione di parametri fisici caratterizzanti le rocce della litosfera e nella loro elaborazione ed interpretazione al fine di individuare la presenza e le dimensioni di giacimenti di minerali utili; si possono avere anche altre applicazioni nella ricerca idrogeologica e nello studio di problemi geomeccanici.

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le principali informazioni relative ai vari metodi di ricerca geofisica, con particolare riguardo alle loro applicazioni nel campo dell'ingegneria per l'ambiente e il territorio.

PROGRAMMA

- *Introduzione* sui metodi geofisici: classificazione, criteri di applicazione, costi. [2 ore]
- *Il metodo gravimetrico*: intensità e potenziale gravitazionale; definizione di gravità, forma e costituzione del globo terrestre, formula internazionale della gravità. Correzioni gravimetriche; concetto di anomalia di Bouguer e di anomalia isostatica; densità delle rocce. [8 ore]
- Strumenti per la misura della gravità: strumenti per misure assolute e per misure relative; problemi di misura; esecuzione dei rilievi gravimetrici; profili e mappe gravimetriche. Elaborazione delle misure: separazione delle anomalie regionali e locali; interpretazione qualitativa e quantitativa. [6 ore]
- *Il metodo magnetometrico*: intensità e potenziale del campo magnetico; concetto di dipolo magnetico, intensità del campo magnetico creato da un dipolo e da un corpo qualsiasi; relazione di Poisson. Campo magnetico terrestre e sue caratteristiche; materiali dia-, para- e ferromagnetici; proprietà magnetiche delle rocce. [6 ore]
- Strumenti magnetometrici; esecuzione di rilievi magnetometrici a terra e dall'aereo. Interpretazione qualitativa e quantitativa delle misure. [8 ore]
- *I metodi elettrici*: densità di corrente, resistività e conduttività dei minerali e delle rocce; metodo dei potenziali naturali, metodo tellurico e magnetotellurico. Potenziale elettrico in un mezzo infinito, semi-infinito e stratificato; distribuzione normale della corrente; concetto di resistività apparente; misura con quadripoli. [7 ore]
- Sondaggi elettrici: modalità di esecuzione; curve di resistività a due e più strati; interpretazione dei sondaggi elettrici; profili e mappe di resistività; metodo della messa a massa. Metodo della polarizzazione indotta; metodi elettromagnetici. [7 ore]
- *I metodi sismici*: equazione di propagazione di un'onda sismica; caratteristiche fisiche dell'onda sismica; principio di Huygens, legge di Snell; rifrazione, riflessione e diffrazione; riflessione multiple. Velocità delle onde sismiche nelle rocce. Sismica a riflessione ed a rifrazione, casi della superficie orizzontale ed inclinata. [6 ore]
- Esecuzione dei rilievi sismici a riflessione: ricoprimento multiplo, geofoni multipli; sorgenti di energia sismica; apparecchiature sismiche (geofoni, amplificatori, filtri, registratori). Misure della velocità sismica. Correzioni statiche e dinamiche. Sezioni tempi, sezioni e mappe sismiche. Metodi sismici diversi; tomografia sismica. [8 ore]
- *I carotaggi geofisici*: distribuzione della resistività elettrica intorno ad un pozzo; carotaggi elettrici, sonici e della radioattività, carotaggi "geometrici". [2 ore]

ESERCITAZIONI

1. Esercizi sul metodo gravimetrico. [10 ore]
2. Esercizi sul metodo magnetometrico. [8 ore]
3. Interpretazione quantitativa di un sondaggio elettrico. [4 ore]
4. Interpretazione di rilievi sismici a riflessione ed a rifrazione. [10 ore]

ESERCITAZIONI DI CAMPAGNA

1. Rilievo gravimetrico. [10 ore]
2. Rilievo magnetometrico. [8 ore]
3. Sondaggio elettrico. [4 ore]
4. Rilievo sismico a rifrazione. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Dispense distribuite dal docente.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

M.B. Dobrin, C.H. Savit, *Introduction to geophysical prospecting*, McGraw-Hill, 1988.

P. Kearey, M. Brooks, *An introduction to geophysical exploration*, Blackwell, 1993.

S. Mares, *Introduction to applied geophysics*, Reidel, 1985.

W.M. Telford [et al.], *Applied geophysics*, Cambridge Univ. Press, 1993.

R 230 0**Geometria**

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Giulio Tedeschi

Il corso si propone di fornire le principali tecniche dell'algebra lineare (operatori lineari, risoluzione di sistemi lineari e di sistemi differenziali lineari) descritte con il linguaggio geometrico della teoria degli spazi vettoriali. Segue poi una parte più propriamente geometrica dedicata alla geometria analitica del piano e dello spazio e ad ai primi elementi della geometria differenziale delle curve. Completa il corso, al suo inizio, l'introduzione del corpo dei numeri complessi e lo studio della riducibilità dei polinomi.

REQUISITI

È essenziale la conoscenza dei concetti principali e delle tecniche di calcolo acquisite nel corso di *Analisi matematica I*.

PROGRAMMA

– *Vettori*: [3 ore]

definizione, operazioni, componenti, prodotto scalare e vettoriale.

Numeri complessi: [6 ore]

motivazione, definizione, operazioni, il problema della riducibilità dei polinomi.

– *Spazi vettoriali*: [6 ore]

esempi, definizione, sottospazi, somma e somma diretta.

– *Dipendenza lineare*: [6 ore]

combinazioni lineari, generatori, vettori indipendenti, basi, dimensione, dimensione dei sottospazi, rango di matrici.

– *Applicazioni lineari*: [12 ore]

definizione, modo di indicarle, matrici, rango, nucleo, immagine, fibre, ricerca di controimmagini, sistemi lineari, teorema di Rouché–Capelli, determinanti.

– *Autolavori e autovettori*: [8 ore]

definizione, diagonalizzabilità delle matrici, soluzione di sistemi differenziali lineari, sottospazi invarianti, il teorema di Cayley–Hamilton, la forma canonica di Jordan.

– *Spazi euclidei*: [3 ore]

definizione, matrici ortogonali, diagonalizzabilità delle matrici simmetriche reali, preparazione alle serie di Fourier.

– *Geometria piana*: [8 ore]

coordinate, equazioni di rette e circonferenze, classificazione delle coniche.

– *Geometria solida*: [12 ore]

coordinate, equazioni di rette, piani, sfere e circonferenze, equazioni di coni, cilindri e superfici di rotazione, cenni sulle quadriche.

– *Geometria differenziale*: [6 ore]

triedro fondamentale, retta tangente, piano osculatore, parametrizzazione intrinseca, curvatura, torsione, cerchio osculatore.

ESERCITAZIONI

1. Vettori, [5 ore]
2. numeri complessi, [5 ore]
3. spazi e sottospazi, [4 ore]
4. applicazioni lineari, autovalori e autovettori, [10 ore]
5. spazi euclidei e forme quadratiche, [4 ore]
6. forma canonica di Jordan, [4 ore]
7. geometria analitica del piano, [6 ore]
8. geometria analitica dello spazio, [12 ore]
9. geometria differenziale delle curve, [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

S. Greco S, P. Valabrega, *Lezioni di algebra lineare e geometria. Vol. I, Algebra lineare. Vol. II, Geometria analitica e differenziale*. Levrotto & Bella, Torino 1994.

Testi ausiliari:

E. Sernesi, *Geometria I*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990. (Per maggiori approfondimenti su un testo adatto a matematici).

S. Lang, *Linear algebra*, Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1966. (Trad. it. *Algebra lineare*, Bollati Boringhieri, Torino, 1970). (Per approfondire aspetti teorici dell'algebra lineare e migliorare il proprio inglese).

ESAME

L'esame si può sostenere con due modalità diverse. All'inizio di ogni prova scritta, qualunque sia la modalità, lo studente dovrà esibire un documento di identità con foto, possibilmente il tesserino o il libretto del Politecnico.

1. Esame con due prove scritte durante il semestre.

Lo studente può sostenere due prove scritte, che si svolgono a metà e al termine del corso, durante le quali è vietato usare libri o appunti.

Prima prova scritta (primi di maggio, durata 50-60 minuti): è un *test* a risposte multiple di 15-20 domande nel quale lo studente è richiesto di individuare fra varie la risposta giusta. Le domande riguardano esclusivamente la prima parte del corso (algebra lineare e numeri complessi);

seconda prova scritta (fine corso, durata 60-90 minuti): lo studente deve svolgere esercizi di geometria analitica piana e spaziale (inclusa eventualmente la geometria differenziale delle curve). Le risposte finali ad ogni questione vanno raccolte nel foglio risposte e vengono corretti esclusivamente gli esercizi ai quali ci sia risposta.

Chi raggiunge complessivamente fra le due prove un punteggio maggiore di 15/30 può sostenere direttamente la prova orale in un qualunque appello di esami fra giugno e ottobre. Per sostenere l'orale con questo tipo di prova scritta sarà necessario prenotarsi presso lo sportello esterno del dipartimento di Matematica (III piano lato aule pari) entro i termini che verranno a suo tempo indicati. Questa prova scritta può essere utilizzata per presentarsi all'orale per un massimo di due volte, delle quali una negli appelli di giugno e luglio e una negli appelli di settembre e ottobre. Alla fine di ottobre la prova scritta è considerata definitivamente scaduta e non può essere più utilizzata in alcun modo.

2. Esame con prova scritta tradizionale.

Lo studente che non raggiunga i 15/30 nei *test* di cui in 1 (o non partecipi a questi) si presenterà all'esame, in uno degli appelli previsti dal calendario, per sostenere una prova scritta, nella quale dovrà risolvere esercizi e problemi sugli argomenti del corso. Le risposte finali ad ogni quesito dovranno essere raccolte nel foglio risposte: saranno corretti i soli esercizi con risposta. Al termine della prova i partecipanti ricevono un foglio contenente le soluzioni ai quesiti proposti; ognuno ha 10 minuti per esaminare tali soluzioni e decidere se ritirare il compito già consegnato (nel qual caso non resta traccia della partecipazione) ovvero consegnarlo definitivamente per sostenere la prova orale, necessariamente nello stesso appello. Durante queste prove è consentito usare libri e appunti.

In sede di orale (con modalità 1 o 2 indifferentemente) agli studenti (soprattutto a quelli con scritto insufficiente) potrà essere richiesto di svolgere un esercizio scritto, preliminare all'orale vero e proprio.

Nota. Le modalità di esame potranno subire variazioni, qualora vengano attuate nuove decisioni della Facoltà di Ingegneria sugli appelli e le sessioni.

Anno: periodo 3,5:2

Docente: Michele Jamiolkowski (collab.: M. Battaglio, D.C.F. Lo Presti, M.L. Tordella)

Il corso si pone l'obiettivo di fornire gli elementi fondamentali riguardanti il comportamento meccanico dei terreni naturali intesi come materiali interagenti con le opere di ingegneria od utilizzati come materiali da costruzione.

La prima parte del corso è dedicata alla descrizione dei terreni naturali dal punto di vista delle loro proprietà fisiche e meccaniche. Successivamente si passa ad esaminare la definizione delle condizioni iniziali descrivibili attraverso lo stato delle tensioni geostatiche totali ed efficaci e mediante l'analisi della storia dello stato tensionale, concetti che presuppongono ambedue l'introduzione del principio delle tensioni efficaci di Terzaghi.

Il corso prosegue con la descrizione delle apparecchiature e delle tecniche sperimentali utilizzati per la determinazione delle caratteristiche di sforzi – deformazioni – tempo e della resistenza al taglio dei terreni non coesivi e coesivi, nonché della loro utilizzazione nelle analisi ingegneristiche. I risultati della sperimentazione vengono inquadrati nell'ottica delle leggi costitutive semplificate discutendo infine la loro applicazione ad alcuni problemi al finito di interesse fondamentale come valutazione della capacità portante e cedimenti delle fondazioni dirette e calcolo delle spinte sulle opere di sostegno.

Lo sviluppo dei concetti acquisiti durante il corso di *Geotecnica*, nonché il loro utilizzo nella risoluzione di molti problemi di interesse progettuale, trova il suo naturale proseguimento nel corso di *Fondazioni*.

PROGRAMMA

– *Introduzione alla meccanica dei terreni*

Origine dei terreni sciolti. Proprietà fisiche. Principio delle tensioni efficaci. Tensioni geostatiche e loro dipendenza dalla storia dello stato tensionale. Distribuzione delle tensioni indotte da sovraccarichi. Flusso stazionario. Flusso transitorio, teoria della consolidazione. Introduzione ai modelli costitutivi che descrivono il comportamento meccanico dei terreni sciolti. Criteri di rottura. Percorsi di sollecitazione.

– *Determinazione sperimentale delle caratteristiche sforzi-deformazioni-tempo e della resistenza al taglio*

Apparecchiature. Modalità di prova. Tipologie di prova riferite alle condizioni di drenaggio ed ai percorsi di sollecitazione seguiti. Principali risultati sperimentali e loro inquadramento nell'ambito della teoria dello stato critico e delle leggi di elasto-plasticità. Parametri di resistenza al taglio. Parametri di deformabilità. Criteri di scelta dei parametri geotecnici per le analisi di stabilità e delle deformazioni.

– *Problemi al finito*

Concetto degli stati limite in ingegneria geotecnica. Problemi di stabilità. Spinte sulle opere di sostegno. Capacità portante delle fondazioni dirette. Cedimenti delle fondazioni dirette e loro evoluzione nel tempo.

BIBLIOGRAFIA

R. Lancellotta, *Geotecnica*, 2. ed., Zanichelli, 1993.

R 249 0**Idraulica**

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Enzo Buffa (collab.: Maurizio Rosso)

Il corso si propone di fornire gli elementi per il proporzionamento dei recipienti destinati a contenere fluidi e per il dimensionamento delle condotte in pressione e dei canali. Un particolare accenno è fatto ai moti di filtrazione in relazione alle specifiche dell'ingegneria ambientale.

REQUISITI.

Conoscenze di base di *Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1, Meccanica razionale.*

PROGRAMMA

– *I fluidi e le loro caratteristiche.* [2 ore]

Definizione di fluido; i fluidi come sistemi continui; grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura, proprietà fisiche; regimi di movimento; sforzi nei sistemi continui.

– *Statica dei fluidi e dei galleggianti.* [6 ore]

Equazione indefinita della statica dei fluidi; equazione globale dell'equilibrio statico; statica dei fluidi pesanti incompressibili: misura della pressione, spinta su una superficie piana e spinta su superfici curve; spinta sopra corpi immersi; statica dei fluidi pesanti comprimibili. Equilibrio e stabilità dei galleggianti.

– *Cinematica dei fluidi e dinamica dei fluidi.* [4 ore]

Velocità e accelerazione elementi caratteristici del moto; tipi di movimento.

– *Dinamica dei fluidi perfetti.* [10 ore]

Variazione del carico piezometrico lungo la normale la binormale e la tangente alla traiettoria; correnti lineari; teorema di Bernoulli; interpretazione geometrica ed energetica; applicazione ad alcuni processi di efflusso; potenza di una corrente in una sezione; estensione del teorema di Bernoulli a una corrente; applicazione del teorema di Bernoulli alle correnti per misurare le portate in condotti: venturimetri e boccagli; estensione del teorema di Bernoulli ai fluidi comprimibili; equazione del moto vario ed applicazioni; moti irrotazionali e relativa estensione del teorema di Bernoulli; stramazzi.

– *Analisi dimensionale e cenni di teoria dei modelli.* [2 ore]

– *Equazioni del moto dei fluidi reali.* [4 ore]

Equazione di Navier; equazione globale di equilibrio.

– *Correnti in pressione.* [10 ore]

Generalità sul moto uniforme; moto laminare; caratteristiche generali del moto turbolento; grandezze turbolente e valori medi; sforzi tangenziali e turbolenti; ricerche sul moto uniforme turbolento nei tubi lisci, moto nei tubi scabbi, diagramma di Moody, diagrammi di Moody modificati per il problema di progetto e di verifica; formule pratiche; perdite di carico localizzate: brusco allargamento, perdite di brusco restringimento di imbocco e di sbocco, convergenti e divergenti.

Generalità sulle lunghe condotte; schemi pratici per una lunga condotta a diametro costante; reti di condotte a gravità e impianti di sollevamento: problemi idraulicamente indeterminati resi determinati con criteri di economia; possibili tracciati altimetrici delle lunghe condotte; reti chiuse: progetto e verifica con il metodo di Cross.

– *Moto vario delle correnti in pressione.* [6 ore]

Colpo d'ariete nelle condotte adduttrici; colpo d'ariete negli impianti di sollevamento; dispositivi di attenuazione; casse d'aria; influenza del tipo di trasformazione subita dall'aeriforme.

– *Moti di filtrazione.* [4 ore]

Generalità; legge di Darcy-Ritter e generalizzazioni; moto permanente in falde artesiane e freatiche. Applicazioni pratiche.

– *Correnti a pelo libero in moto uniforme e permanente.* [8 ore]

Generalità. Carico totale e carico specifico. L'energia specifica e le caratteristiche energetiche del moto, curve ad $H = cost$ e a $Q = cost$. Moto uniforme nei canali: scala della portata. Alvei a debole e forte pendenza. Numero di Froude. Correnti lente e veloci (subcritiche e supercritiche). Correnti allo stato critico. Correnti gradualmente varie in moto permanente. Profili del pelo libero nei due casi di alveo a forte e debole pendenza. Rialto. Esempi di tracciamento di profili di moto permanente. Calcolo dei profili di moto permanente.

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più significativamente ed in via orientativa, queste esercitazioni riguarderanno:

1. la statica dei fluidi ed i galleggianti;
2. il moto dei fluidi perfetti e l'analisi dimensionale; [3 eserc.]
3. il moto dei fluidi reali ed una i fenomeni di moto vario nelle correnti in pressione. [5 es.]

LABORATORIO

Nelle esercitazioni di laboratorio verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più in particolare riguarderanno:

1. Idrostatica.
2. Esperienza di Reynolds: moto laminare e turbolento.
3. Deflusso su stramazzo a larga soglia, Bazin, Cipolletti, triangolare.
4. Deflusso da tubi addizionali.
5. Luce in parete sottile: deflusso in condizioni di moto permanente e vario.
6. Esperienza sulla cavitazione.
7. Deflusso in brevi e lunghe condotte.
8. Linee di *c.t.* e *c.p.*, venturimetri, tubi Pitot.
9. Correnti a pelo libero lente, veloci, rialto idraulico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Ghetti, *Idraulica*, Cortina, Padova, 1980.

G. Adami, F. Di Silvio, *Esercizi di idraulica*, Cortina, Padova, 1980.

Testi ausiliari:

D. Citrini, G. Nosedà, *Idraulica*, Ambrosiana, Milano 1979.

E. Marchi, A. Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.

ESAME. L'esame è di tipo tradizionale, orale, e verterà sugli argomenti svolti a lezione nonché sugli esercizi sviluppati nelle esercitazioni.

R 255 0**Idrologia tecnica**

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Alessandro Pezzoli

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per effettuare la misura e la stima delle grandezze idrologiche che sono alla base della progettazione delle opere idrauliche e della gestione delle risorse idriche.

REQUISITI

Analisi 1 e 2, Fisica 1, Idraulica.

PROGRAMMA

– *Nozioni introduttive.* [2 ore]

Il ciclo dell'acqua. Cenni sullo sviluppo storico dell'idrologia. Le grandezze idrologiche.

– *Calcolo delle probabilità e statistica applicata all'idrologia.* [20 ore]

Analisi di una serie di dati idrologici. Elementi fondamentali del calcolo delle probabilità. Distribuzioni probabilistiche per variabili casuali discrete (distribuzione binomiale, legge di Poisson) e per variabili continue (distribuzione normale, log-normale, di Gumbel, di Fisher, del *chi*, etc.). Stima dei parametri di una distribuzione. *Tests* statistici. Problemi di correlazione e regressione.

– *Caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici.* [2 ore]

Parametri di forma. Struttura idrogeologica. Reticolo fluviale.

– *Afflussi meteorici.* [6 ore]

Misura delle precipitazioni liquide e solide. Stima degli afflussi. Curva di possibilità pluviometrica. Distribuzione spaziale delle precipitazioni.

– *Deflussi fluviali.* [4 ore]

Deflussi superficiali e profondi. Deflussi di magra, di piena e di morbida. Misura delle portate.

– *Perdite idrologiche di un bacino.* [4 ore]

Evaporazione. Traspirazione. Accumulo. Infiltrazione.

– *La trasformazione afflussi – deflussi.* [4 ore]

Equazione del bilancio idrologico. La pioggia netta. Il coefficiente di afflusso. Modelli idrologici concettuali e sintetici.

– *Le piene fluviali.* [12 ore]

Formazione delle piene. Determinazione dell'idrogramma di piena mediante il metodo della corrivazione, dell'invaso lineare, dell'IUH. Stima delle portate al colmo di piena (analisi statistica, modello afflussi – deflussi semplificato, formule empiriche).

– *Propagazione delle piene.* [8 ore]

Equazioni del de Saint Venant e cenni alla loro integrazione per via numerica. Il modello parabolico e cinematico. Modelli di tipo idrologico (metodo Muskingum). Previsione e controllo delle piene.

– *Utilizzazione delle risorse idriche superficiali.* [8 ore]

Impianto a serbatoio: regolazione parziale e totale per diverse funzioni obiettivo. Impianto a deflusso: curva di durata di un corso d'acqua, coefficienti di utilizzazione del corso d'acqua e dell'impianto.

ESERCITAZIONI

1. Elaborazione statistica di una serie storica di dati idrologici. [3 ore]
2. Determinazione della legge di probabilità che meglio interpreta una serie di dati idrologici. [3 ore]
3. Calcolo degli afflussi meteorici in un bacino mediante l'impiego del metodo delle linee isoiete e dei topoieti. [4 ore]
4. Determinazione della legge di possibilità pluviometrica in una prefissata località. [3 ore]
5. Ricostruzione dell'idrogramma di piena in una assegnata sezione di un bacino idrografico mediante l'uso del metodo della corrivazione. [4 ore]
6. Laminazione dell'onda di piena che passa attraverso un invaso artificiale. [3 ore]
7. Regolazione totale dei deflussi in una assegnata sezione di un bacino idrografico e calcolo della capacità da assegnare all'invaso per ottenere prefissate leggi di erogazione. [4 ore]
8. Regolazione parziale dei deflussi in una assegnata sezione di un bacino idrografico e calcolo della funzione obiettivo mediante la regola del Conti. [3 ore]
9. Analisi dei deflussi medi giornalieri di un corso d'acqua e tracciamento della curva di durata e delle curve relative ai coefficienti di utilizzazione dei deflussi naturali e dell'impianto. [3 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Maione, Moisello, *Appunti di idrologia. Vol. 1.*

Maione, *Appunti di idrologia. Vol. 3.*

Testi ausiliari:

Remenieras, *L'hydrologie de l'ingénieur.*

Tonini, *Elementi di idrografia ed idrologia.*

ESAME

Prova orale con discussione degli elaborati svolti a esercitazione.

R 288 0**Infrastrutture idrauliche**

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Paolo Mósca

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per il dimensionamento delle opere idrauliche costituenti interventi parziali o globali sul territorio, gli elementi per definire le opere e gli interventi di mitigazione ambientale, i parametri economici ed i problemi della sicurezza.

Tratta l'idrologia generale e le costruzioni idrauliche i sistemi di drenaggio urbano, i sistemi di approvvigionamento idrico, e gli impianti idroelettrici.

REQUISITI

Idraulica, Idrologia tecnica, Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

– *Infrastrutture idrauliche per:* [16 ore]

derivazioni di acque superficiali (traverse e opere di presa),
accumulo e derivazione di acque superficiali (serbatoi e dighe),
captazione e derivazione azione di acque sotterranee,
adduzione di acque superficiali e sotterranee (canali, gallerie, condotte).

– *Sistemi di approvvigionamento idrico.* [18 ore]

Analisi della domanda e delle risorse,
fonti di approvvigionamento superficiali e sotterranee (serbatoi, acque fluenti, sorgenti, pozzi),

opere di derivazione, regolazione e adduzione,

reti di distribuzione,

stazioni di pompaggio,

impianti di potabilizzazione (cenni).

– *Sistemi di drenaggio urbano.* [12 ore]

Sistemi di drenaggio reti miste o separative,

valutazione delle portate critiche di pioggia e reflue,

reti di smaltimento delle acque di pioggia e reflue,

problemi di verifica e di progetto delle reti pluviali e reflue,

Sistemi di trattamento degli effluenti urbani e rilascio nei corpi idrici superficiali (cenni).

– *Impianti idroelettrici.* [6 ore]

Concetto di utilizzazione idroelettrica dei corsi d'acqua.

Tipologie degli impianti e dei singoli componenti.

Nuove strategie energetiche.

ESERCITAZIONI

1. Richiami di idrologia generale finalizzati alle infrastrutture idrauliche. [8 ore]

2. Valutazione delle risorse idriche di un bacino a scopo idroelettrico. [4 ore]

3. Progettazione idraulica di una galleria di adduzione. [4 ore]

4. Progetto e verifica di una rete di acquedotto per un centro abitato di 20 000 ab. [15 ore]

5. Progetto e verifica della rete di smaltimento delle acque pluviali e reflue di un centro di 20 000 ab. [15 ore]

BIBLIOGRAFIA

Arredi, *Costruzioni idrauliche. Vol. I-IV.*

Evangelisti, *Impianti idroelettrici.*

Ginocchio, *L'énergie hydraulique.*

Quaglia, *Appunti di acquedotti e fognature.*

ESAME

Prova di esame orale alla fine del corso, della durata di circa 40 minuti, su almeno tre argomenti.

R 304 0**Istituzioni di economia***(Indir. Pianif. e gest. territoriale)*

Anno: periodo 3:2

Docente: Loretta Rosso

PROGRAMMA

Gli strumenti per l'analisi del sistema economico (indici modelli, *input-output*, contabilità nazionale).

Cenni di storia dell'analisi economica; crescita e sviluppo dei sistemi economici.

Elementi di microeconomia: i comportamenti degli operatori; la formazione dei prezzi; l'impresa e le decisioni produttive; i mercati dei fattori produttivi; le forme di mercato: mercati concorrenziali e mercati non concorrenziali.

Elementi di macroeconomia: macroeconomia di piena occupazione; macroeconomia con disoccupazione; il ruolo dello Stato e la politica economica: teorie keynesiane e sviluppi recenti.

R 324 0**Meccanica dei fluidi nel sottosuolo**

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Gaudenzio Verga (collab.: Sandra E. Cordero Hidalgo)

Il corso ha lo scopo di introdurre lo studio delle proprietà dei sistemi costituiti dai principali fluidi sotterranei e dalle formazioni che li contengono e di fornire i principi fondamentali che regolano il flusso dei fluidi ed il suo evolvere naturalmente o per azione diretta e indiretta dell'uomo. Nel corso viene sviluppata pertanto sia la trattazione analitica accurata dei problemi di flusso sia la parte tecnologico-applicativa relativa allo scavo dei pozzi di emungimento e alla valutazione delle caratteristiche e potenzialità degli acquiferi.

REQUISITI

Conoscenze di base di geologia e idraulica.

PROGRAMMA

– *Introduzione al corso.* [8 ore]

Principali giacimenti di fluidi nel sottosuolo: acquiferi, serbatoi geotermici, giacimenti di idrocarburi.

– *Caratteristiche fisico-chimiche dei fluidi sotterranei.* [8 ore]

Densità, viscosità, compressibilità, rapporto di solubilità.

– *Proprietà delle rocce serbatoio.* [8 ore]

porosità, distribuzione granulometrica, superficie specifica, saturazione, Immagazzinamento, bagnabilità e capillarità.

– *Introduzione ai problemi di flusso.* [8 ore]

La legge di Darcy, estensioni e limitazioni, prime applicazioni; permeabilità e teoria dei permeametri a liquidi e a gas.

– *L'equazione di diffusività.* [12 ore]

Deduzione della equazione di diffusività in forma generale, per simmetria radiale e in variabili adimensionali; integrazione della medesima per flusso permanente, stabilizzato e transitorio; curve di declino, stabilizzazione e risalita della pressione e del potenziale piezometrico.

– *Tecniche di costruzione di pozzi e piezometri.* [4 ore]

Posizionamento, metodi di perforazione, fluidi di spurgo, completamento, stimolazione.

– *Determinazione dei parametri idrologici.* [8 ore]

Prove a portata costante e variabile; analisi ed interpretazione delle curve di declino e risalita; teoria dei pozzi immagine e principio di sovrapposizione degli effetti.

– *Problemi speciali.* [6 ore]

Ricarica degli acquiferi, intrusione di acqua marina, protezione delle acque sotterranee.

ESERCITAZIONI

1. Calcoli relativi alle conversione di alcune costanti dal SI al sistema operativo americano. [3 ore]

2. Calcolo delle caratteristiche di miscele di idrocarburi. [3 ore]

3. Calcoli relativi alle portate estraibili da pozzi per acqua. [3 ore]

4. Costruzione di carte piezometriche con tracciamento delle linee di flusso e relativa interpretazione. [3 ore]
5. Interpretazione di prove di pozzo a portata variabile e calcolo dell'efficienza dell'opera di captazione. [3 ore]
6. Interpretazione di prove di pompaggio a portate costante. [12 ore]

LABORATORIO

1. Misure di densità di fluidi. [3 ore]
2. Misure di viscosità di idrocarburi. [3 ore]
3. Misure di porosità. [3 ore]
4. Misure di permeabilità e conducibilità idraulica. [3 ore]

ESERCITAZIONI SUL CAMPO

1. Rilievo di dati piezometrici ed esecuzione di prove di pompaggio a portata costante su pozzi e piezometri. [10 ore]

ESAME

Per chi sostiene l'esame durante il corso: 2 prove scritte seguite da discussione orale (una circa metà ed una a fine corso); la votazione finale farà riferimento oltre che alle prove indicate anche alla presentazione delle relazioni relative a tutte le esercitazioni effettuate.

Per chi sostiene l'esame successivamente al corso: esame scritto e orale su tutto il programma svolto e sulle relazioni relative a tutte le esercitazioni effettuate.

R 334 0**Meccanica delle rocce**

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Giovanni Barla (collab.: Monica Barbero, Mauro Borri Brunetto)

Il corso fornisce una visione aggiornata dei fondamenti della meccanica e dell'ingegneria delle rocce. Dopo un approfondito esame delle caratteristiche di comportamento fisico meccanico delle rocce e degli ammassi rocciosi sono passati in rassegna i principali metodi di calcolo e dimensionamento delle opere. La prima parte del corso riguarda la descrizione qualitativa e quantitativa degli ammassi rocciosi. Sono descritti nel dettaglio i metodi di indagine (con rilevamento in superficie ed in foro ed altre tecniche in sito) e di classificazione, le prove di laboratorio ed in sito. Viene quindi dedicata particolare attenzione alla simulazione del comportamento meccanico degli ammassi rocciosi, in accordo ai concetti della meccanica dei mezzi continui e discontinui. La seconda parte del corso illustra i fondamenti dei metodi progettuali (di tipo empirico, analitico, numerico osservazionale) delle strutture in roccia e dei relativi mezzi di sostegno rinforzo e stabilizzazione, con particolare riguardo a pendii naturali e fronti di scavo gallerie e cavità sotterranee, problemi minerari e riguardanti il territorio.

REQUISITI

È consigliabile aver sostenuto gli esami di *Scienza delle costruzioni* e di *Geotecnica*.

PROGRAMMA

- Descrizione qualitativa e quantitativa degli ammassi rocciosi e delle discontinuità. [8 ore]
- Metodi di indagine diretta degli ammassi rocciosi. [6 ore]
- Metodi di classificazione degli ammassi rocciosi. [6 ore]
- Prove di laboratorio sulla roccia intatta. [6 ore]
- Prove di laboratorio su giunti e discontinuità. [6 ore]
- Prove in sito (deformabilità, resistenza meccanica, permeabilità, stato tensionale originario). [6 ore]
- Metodi di simulazione del comportamento meccanico degli ammassi rocciosi (continuo e discontinuo leggi sforzo deformazione, leggi di resistenza scelta e quantificazione dei parametri). [6 ore]
- Metodi progettuali e di dimensionamento delle opere (empirico, equilibrio limite, tensioni-deformazioni, osservazionale). [6 ore]
- Pendii naturali e fronti di scavo. [8 ore]
- Gallerie e cavità sotterranee. [10 ore]
- Problemi speciali (fondazioni di dighe e grandi strutture, problemi minerari e riguardanti l'ambiente e il territorio. [4 ore]

ESERCITAZIONI

1. Richiami sullo stato di deformazione e di tensione nell'intorno di un punto. [4 ore]
2. Richiami sull'utilizzo del metodo dei cerchi di Mohr per la rappresentazione dello stato di tensione piano nell'intorno di un punto. [4 ore]
3. Metodi di rappresentazione grafica delle discontinuità. Analisi dei dati del rilievo su ammassi rocciosi. [2 ore]

4. Utilizzo dei metodi RMR e Q di classificazione degli ammassi rocciosi. [2 ore]
5. Leggi sforzo-deformazione e criteri di resistenza. Esempi di utilizzo. [2 ore]
6. Metodi di analisi di stabilità di pendii per condizioni di scivolamento planare. [2 ore]
7. Metodi di analisi di stabilità di pendii per condizioni di scivolamento tridimensionale. [2 ore]
8. Uso dei metodi di equilibrio limite e di classificazione per il dimensionamento dei sistemi di rinforzo / stabilizzazione di gallerie e cavità sotterranee. [2 ore]
9. Uso del metodo delle linee caratteristiche per l'analisi della statica di gallerie. [2 ore]

LABORATORIO

Esecuzione di prove di:

(a) compressione uniassiale e triassiale, (b) taglio diretto. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

G. Barla, *Meccanica ed ingegneria delle rocce* (in preparazione).

Il materiale didattico (testi in fascicoli copie degli acetati presentati nelle lezioni e nelle esercitazioni) sarà distribuito di volta in volta ed anticipatamente prima del relativo svolgimento in aula.

Testi ausiliari:

J.C. Jaeger, N.G.W. Cook, *Fundamentals of rock mechanics*, Chapman and Hall, 1969, London.

E. Hoek, E.T. Brown, *Underground excavations in rock*, Inst. Mining Metallurgy, London, 1980 (nuova edizione).

E. Hoek, J.W. Brady, *Rock slope engineering*, Inst. Mining Metallurgy, London, 1981 (nuova edizione).

B.H.G. Brady, E.T. Brown, *Rock mechanics for underground mining*, 1985.

G. Barla (cur.), *Conferenze di meccanica ed ingegneria delle rocce*, MIR Politecnico di Torino, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994. (Disponibili presso COREP), per singoli capitoli indicati durante il corso.

ESAME

1. A completamento dell'attività svolta in sede di esercitazione e/o laboratorio sarà richiesto di svolgere esercizi e/o rapporti di studio, da consegnare alle date di volta in volta indicate.
2. È prevista una prova di metà semestre. Il superamento di questa prova con un voto positivo (definito sulla base della distribuzione dei voti nella classe) comporta l'esonero, per l'esame finale, della parte di programma svolta sino a quel momento ed indicata.
3. È prevista una prova finale, scritta ed orale. Questa (a scelta dello studente) consiste in :
 - svolgimento di uno studio individuale a casa (2-3 giorni);
 - compito scritto in classe.

R 877 5**Pianificazione territoriale / Analisi e valutazione ambientale (i)**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: da nominare.

Il corso integrato sviluppa i temi specifici di analisi e lettura del territorio antropizzato correlati alle tecniche di pianificazione territoriale, con riferimenti a esperienze italiane e straniere.

In particolare le lezioni verteranno sui seguenti argomenti:

- Le analisi urbane e territoriali: la struttura urbana, territorio e ambiente e risorse territoriali ed ambientali;
- I processi secisionali nella gestione delle risorse ambientali e territoriali;
- L'organizzazione delle attività nel territorio e conseguenti trasformazioni dell'ambiente con particolare attenzione alle prevenzioni dei rischi idrogeologici;
- La pianificazione del territorio a difesa delle risorse ambientali non rinnovabili e del razionale utilizzo delle risorse primarie rinnovabili. Le analisi di idoneità ed i piani del paesaggio. I progetti di dettaglio;
- L'analisi valutativa dei progetti di trasformazione territoriale. Le analisi di impatto ambientale, le analisi di impatto economico e sociale, le analisi di impatto fiscale;
- Metodi di valutazione. Valutazione di Impatto Ambientale. Normativa italiana ed estera. Risorse primarie ed aree ambientali sensibili: aria, suolo, acqua, clima, vegetazione, fauna e paesaggio;
- Le matrici di implementazione e di correlazione. Opere di minimizzazione dell'impatto ambientale: esempio del metodo utilizzato nel progetto della bretella autostradale Novara-Malpensa e dell'autostrada Torino-Pinerolo.

ESERCITAZIONI

Affronteranno tre filoni:

1. I piani a carattere territoriale, ove si individuano strategie ed obiettivi, con attenzione ai caratteri geo-morfologici come matrici e componenti significative delle trasformazioni territoriali dello sviluppo economico;
2. I progetti di riorganizzazione od integrazione di strutture ambientali degradate (anche urbane) in presenza di riusi, ristrutturazioni e riorganizzazioni di insediamenti, settori urbani, aree territoriali, ecc. ;
3. Il meta-progetto come verifica di fattibilità e di coerenza al contesto od ambito nel quale è previsto un intervento a scala territoriale.

Gli studenti svolgeranno durante il corso tre temi, concordati con i docenti, per i quali siano riconoscibili le suddette "scale di intervento progettuali".

BIBLIOGRAFIA

Durante il corso saranno messe a disposizione degli allievi dispense settoriali del corso integrato; di volta in volta sarà fornita ampia bibliografia per l'approfondimento dei singoli temi.

ESAME

E' prevista nella seconda parte del corso una prova scritta facoltativa, il superamento della quale comporta l'esonero della prova scritta dell'esame finale. Tale prova può essere ripetuta alla fine del corso (durata della prova un'ora e mezza: non sono consultabili appunti o libri di testo).

R 460 0**Scienza delle costruzioni**

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratorio informatico: 60 + 52 + 8 (ore nell' intero periodo)

Docente: Enrico Ballatore (Collab. Antonio Brencich)

La *meccanica dei solidi elastici lineari* viene trattata deducendo le equazioni di equilibrio e congruenza e le leggi costitutive nella formulazione generale del solido tridimensionale, che viene particolarizzata per il caso bidimensionale (lastre o piastre) e unidimensionale (travi). Le relazioni analitiche sono estese alle applicazioni numeriche con particolare riguardo al metodo degli elementi finiti di cui sono fornite rigorose basi concettuali quale premessa alle applicazioni pratiche mediante esercitazioni individuali presso il Laboratorio Informatico.

La *teoria dei sistemi di travi* viene trattata sotto il duplice aspetto statico e cinematico. L'equilibrio delle strutture isostatiche è interpretato sia sul piano algebrico che su quello grafico ed in tale contesto vengono definite le caratteristiche interne della sollecitazione. La soluzione delle strutture iperstatiche viene proposta in linea generale applicando sia il metodo delle forze (o della congruenza) che quello degli spostamenti (o dell'equilibrio). Le soluzioni trovate sono quindi espresse in formulazione matriciale particolarmente utile per eseguire in maniera automatica il calcolo dei sistemi a molti gradi di iperstaticità.

La soluzione del problema dei telai piani (sia a nodi fissi che a nodi spostabili) viene esposta con due metodi alternativi: il cosiddetto "metodo dei telai piani" (secondo il quale si svincola la struttura introducendo cerniere in tutti i nodi-incastro), e il principio dei lavori virtuali secondo la metodologia di Muller-Breslau.

Vengono infine illustrati i *fenomeni di collasso* più frequenti nell'ingegneria strutturale: lo svergolamento, lo snervamento e la frattura fragile.

Il corso comprende lezioni, esercitazioni in aula e nel Laboratorio Informatico.

REQUISITI

Analisi Matematica I e II, Fisica I.

PROGRAMMA

Sono previste tredici settimane di lezioni con un numero di ore settimanali variabile da quattro a sei secondo un calendario dettagliato distribuito all'inizio del corso.

- *Geometria delle aree*: leggi di trasformazione del vettore dei momenti statici e del tensore dei momenti di inerzia per roto-traslazioni del sistema di riferimento; direzioni e momenti principali di inerzia; cerchi di Mohr; simmetria assiale e polare.
- *Cinematica dei sistemi di travi*: vincoli piani; maldisposizione dei vincoli; studio algebrico; studio grafico dei sistemi ad un grado di libertà (catene cinematiche).
- *Statica dei sistemi di travi*: studio algebrico; dualità statico-cinematica.
- *Sistemi di travi isostatici*: determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie, con il Principio dei Lavori Virtuali e con il metodo grafico; curva delle pressioni; caratteristiche interne della sollecitazione; equazioni indefinite di equilibrio per le travi; archi a tre cerniere; strutture chiuse; travature reticolari.
- *Applicazione del Principio dei Lavori Virtuali alle travi elastiche*: determinazione degli spostamenti di strutture isostatiche e risoluzione delle strutture iperstatiche con distorsioni e spostamenti imposti.

- *Analisi della deformazione*: tensore delle deformazioni; dilatazioni e scorrimenti; proiezioni del vettore spostamento; legge di trasformazione del tensore delle deformazioni per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di deformazione; dilatazione volumetrica.
- *Analisi della tensione*: vettore tensione; tensore degli sforzi; proiezioni del vettore tensione; legge di trasformazione del tensore degli sforzi per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di tensione; tensori idrostatico e deviatorico; cerchi di Mohr; stato tensionale piano; equazioni indefinite di equilibrio; equazioni di equivalenza al contorno; formulazione matriciale e dualità statico-cinematica; Principio dei Lavori Virtuali.
- *Legge costitutiva elastica*: elasticità lineare; isotropia; modulo di Young e coefficiente di Poisson; problema elastico; equazione di Lamé in forma operatoriale; Teorema di Clapeyron; Teorema di Betti.
- *Criteri di resistenza*: diagrammi tensione-deformazione per materiali duttili e fragili; Criterio di Tresca; Criterio di von Mises.
- *Solido di Saint Venant*: ipotesi fondamentali; sforzo normale; flessione retta; sforzo normale eccentrico; flessione deviata; nocciolo centrale di inerzia; ortogonalità energetica; torsione (sezioni circolari e generiche, sezioni sottili aperte e chiuse); taglio (centro di taglio, trattazione semplificata di Jourawsky, sezione rettangolare, scorrimento medio, sezioni sottili); equazioni di congruenza per le travi; equazione di Lamé per le travi; equazione differenziale della linea elastica;
- *Lastre piane*: equazione di Sophie Germain; cenni al metodo delle differenze finite.
- *Metodo degli Elementi Finiti*: Principio di Minimo dell'Energia Potenziale Totale, Costruzione delle matrici di rigidità locale e globale mediante applicazione del Principio dei Lavori Virtuali; Condizioni di vincolo; Illustrazione dell'utilizzo di un programma di calcolo agli elementi finiti.
- *Sistemi di travi iperstatici*: simmetria e anti-simmetria; metodo delle forze; iperstaticità assiale; cedimenti elastici; cedimenti anelastici e spostamenti imposti; calcolo automatico dei sistemi a molti gradi di iperstaticità (travature reticolari, telai piani e spaziali, grigliati).
- *Risoluzione di telai piani iperstatici*: metodo degli spostamenti; distorsioni termiche; telai a nodi fissi; telai a nodi spostabili.
- *Instabilità dell'equilibrio elastico*: trave rettilinea con varie condizioni di vincolo, portali; limiti di validità della formula di Eulero; cenni sull'instabilità degli anelli; instabilità flessione-torsionale.
- *Meccanica della frattura*: analisi energetica di Griffith, fattore di intensificazione delle tensioni, cenni su modo II e modo misto.
- *Cerniere plastiche*: nella trave a sezione rettangolare.

ESERCITAZIONI

Sono previste tredici settimane di esercitazioni con un numero di ore settimanali variabile da quattro a sei secondo un calendario dettagliato distribuito all'inizio del corso: oltre alle ore di effettiva attività didattica sono previste anche dodici ore per accertamenti sostitutivi dello scritto e per verifiche di apprendimento.

- 1 *Geometria delle aree*: calcolo delle caratteristiche geometriche di aree elementari; esercizi su figure composte.
- 2 *Cinematica dei sistemi di travi*: catene cinematiche e loro applicazione al calcolo reazioni vincolari.

- 3-4 *Sistemi di travi isostatici*: equazioni cardinali ed equazioni ausiliarie; determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie e con il metodo grafico; diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione; curva delle pressioni.
- 5-6 *Applicazione del Principio dei Lavori Virtuali alle travi elastiche*: determinazione degli spostamenti in strutture isostatiche; risoluzione delle strutture iperstatiche con distorsioni e spostamenti imposti.
- 7 *Esercitazioni riepilogative* su strutture isostatiche e iperstatiche con soluzione dei temi di esame degli anni precedenti relativi a tali argomenti.
- 8-9 *Solido di Saint Venant*: esercizi relativi a flessione retta, sforzo normale eccentrico, flessione deviata, nocciolo centrale di inerzia, torsione (sezioni circolari, sezioni sottili aperte e chiuse), taglio, centro di taglio.
- 10 *Esercitazione di Laboratorio Informatico*: introduzione all'uso del programma di calcolo basato sul metodo degli elementi finiti
Analisi della tensione e criteri di resistenza: rappresentazione degli stati di tensione con i cerchi di Mohr, verifica complessiva delle sezioni; cenni sui criteri di sicurezza.
- 11-12 *Risoluzione di telai piani iperstatici*: telai a nodi fissi e a nodi spostabili con carichi, cedimenti e distorsioni termiche.
- 13 *Esercitazioni riepilogative* su strutture iperstatiche e verifica delle sezioni con soluzione dei temi di esame degli anni precedenti relativi a tali argomenti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento (contenente tutti gli argomenti svolti a lezione ed esercitazione):

A. Carpinteri, *Scienza delle Costruzioni*, Pitagora, Bologna, 1995.

Dispensa sull' utilizzo del programma ad elementi finiti, viene fornita durante il corso

Testo ausiliario:

A. Carpinteri, *Temi d'esame*, Pitagora, Bologna, 1993.

ESAME

L'esame si compone di:

- una prova scritta che comprende tre esercizi:
 - una struttura isostatica,
 - una struttura iperstatica,
 - una sezione (calcolo delle caratteristiche geometriche e verifica di resistenza).
 Ciascun esercizio pone due quesiti: la prova è positiva se sono stati risolti almeno i primi quesiti di tutti e tre gli esercizi.
- una prova orale sugli argomenti del programma svolto a lezione ed esercitazione;
- una tesina sugli elementi finiti svolta utilizzando il programma illustrato nel corso e disponibile presso il LAIB del Politecnico.

La prova scritta deve essere svolta tracciando tutti i grafici richiesti in forma precisa e accurata su carta quadrettata (da 5 mm) o su carta millimetrata utilizzando quando necessario riga e squadra. Non viene consentito l'utilizzo di testi e appunti.

Per sostenere la prova scritta lo studente deve esibire il tesserino universitario e lo statino; quest' ultimo sarà ritirato nel caso in cui lo studente consegna il proprio elaborato.

La prova orale deve essere sostenuta nella stessa sessione di esami in cui è stato superato lo scritto.

Accertamenti sostitutivi della prova scritta.

Il superamento delle due prove di accertamento previste durante il corso sostituisce il compito scritto con validità sino alla fine dell'anno accademico in corso; le due prove sono costituite da:

1. due esercizi relativi a:
 - A una struttura isostatica,
 - B una struttura iperstatica da risolvere con l'applicazione del P.L.V;
2. due esercizi relativi a:
 - C una struttura iperstatica da risolvere con il metodo dei telai piani,
 - D una sezione (calcolo delle caratteristiche geometriche e verifica di resistenza).

Ciascun esercizio pone due quesiti: le prove sono globalmente positive se sono stati risolti almeno i primi quesiti di tutti e quattro gli esercizi.

R 500 0**Sistemi energetici**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratorio informatico: 6 + 4 (ore settimanali)

Docente: Enrico Ballatore (Collab. Antonio Brencich)

Il corso intende fornire le nozioni fondamentali sul funzionamento dei principali tipi di Sistemi energetici a fluido, vale a dire, delle più importanti macchine motrici e operatrici, termiche e idrauliche, nonché le conoscenze elementari di tipo impiantistico necessarie per una corretta scelta della macchina in relazione all'impiego cui essa è destinata, sia sotto l'aspetto energetico, sia per le implicazioni ambientali. Chiaramente la prima parte del corso, propedeutica alla trattazione dei Sistemi energetici, deve fornire le conoscenze di base di termodinamica e di fluidodinamica.

Il corso comprende lezioni ed esercitazioni numerico-grafiche.

REQUISITI

Sono propedeutiche nozioni acquisite nei corsi di:

Fisica II, di Elementi di meccanica teorica e applicata, di Idraulica, oltreché di Tecnologia dei materiali e chimica applicata.

PROGRAMMA

– *Fondamenti di termodinamica* [circa 22 ore].

Nozioni-base di termodinamica dei mezzi continui: relazioni termiche (conduzione, convezione e irraggiamento) e relazioni meccaniche (forze di massa e forze di superficie); parametri di stato (esterni e interni, fisici e chimici).

Sistemi gassosi a specie e fasi costanti: equazioni di stato dei gas perfetti (ideali e quasi ideali) e dei gas quasi reali (*Van der Waals*); principali leggi di evoluzione di un sistema; i principi di conservazione della massa e dell'energia, dal punto di vista sostanziale e dal punto di vista locale; confronto fra lavoro esterno e lavoro tecnico; il principio di evoluzione dell'energia. Proprietà dei diagrammi p , v e T , S in termini di curve e in termini di aree.

Sistemi a fasi costanti e a specie variabili: equazioni di combustione a volume o a pressione costante, adiabatica o con scambio termico, senza o con dissociazione; la combustione reale. Il teorema dell'energia utilizzabile.

Sistemi monospecie a fasi variabili: passaggi di stato (solido)-liquido-aeriforme; il punto critico e gli stati corrispondenti; diagrammi p , v , T , S , i , S (*Mollier*); loro proprietà.

– *Gli impianti-motori e gli impianti-operatori: generalità* [circa 8 ore].

Il ciclo di *Carnot* ideale, i cicli ideali che tendono a emularlo (*Rankine*, *Joule*, *Otto*) e altri cicli ideali (*Diesel*, *Sabathé*). I cicli ideali equivalenti al ciclo di Carnot (*Ericsson* e *Stirling*) e i cicli ideali che tendono a emularli (*Rankine* rigenerativo e *Joule* a rigenerazione totale).

I rendimenti termici ideale, limite, interno, utile, globale. Il rendimento termico dei combustori. I consumi specifici. Equivalenza tra cicli termodinamici e trasformazioni aperte.

Le macchine motrici: rendimenti termofluidodinamici (isentropico e idraulico) e rendimenti meccanici. Il concetto di recupero e la sua giustificazione fisica. Modelli fisici di funzionamento termodinamico delle macchine a flusso continuo e delle macchine volumetriche.

Le macchine operatrici (pompe e compressori): rendimenti termofluidodinamici. Il concetto del controrecupero.

Impianti frigoriferi e pompe di calore. I cicli termodinamici inversi: il ciclo *Rankine* modificato. I concetti di efficienza e di efficacia.

– *Fondamenti di fluidodinamica* [circa 10 ore].

I principi di conservazione della massa e della quantità di moto dal punto di vista locale: equazioni differenziali ed equazioni globali: caso generale e caso di moto permanente unidimensionale.

La velocità di propagazione delle piccole e delle grandi perturbazioni: velocità del suono, velocità dell'urto e velocità dell'onda esplosiva.

Andamento delle velocità e delle pressioni nel caso di moto permanente in un condotto convergente e in uno convergente-divergente. Le corrispondenti espressioni della portata, critica e non.

Il principio di conservazione del momento della quantità di moto dal punto di vista locale: caso generale e caso di moto permanente. L'espressione del momento e del lavoro massico per una girante palettata: caso generale, palettature ad azione e palettature a reazione.

– *I compressori di gas* [circa 12 ore].

I turbocompressori: generalità; i turbocompressori radiali e i turbocompressori assiali, mono- e pluri-stadio; parametri adimensionali delle prestazioni, diagrammi collinari; confronto delle prestazioni, i fattori di carico. Anomalie di funzionamento: lo stallo e il pompaggio. Regolazione.

I compressori volumetrici: generalità; i compressori alternativi: ciclo di lavoro, prestazioni, regolazione; i compressori rotativi *Root*, e a palette: cicli di lavoro, prestazioni, loro regolazione.

– *Le pompe per liquidi e i turbomotori idraulici* [circa 6 ore].

Le turbopompe: generalità; parametri adimensionali, prestazioni. Anomalie di funzionamento: la cavitazione. Problemi di installazione. Regolazione.

Le pompe volumetriche: generalità; ciclo di lavoro, prestazioni. Regolazione. Problemi di inerzia nei condotti.

I turbomotori idraulici: generalità, parametri adimensionali. Le turbine *Pelton*: prestazioni, particolarità. Le turbine *Francis*: prestazioni, particolarità. Le turbine *Kaplan*: prestazioni, particolarità.

– *I motori alternativi a combustione interna* [circa 12 ore].

Costituzione, funzionamento reale, e particolarità costruttive dei motori alternativi ad accensione comandata e ad accensione per compressione, a 4 e a 2 tempi, di tipo veloce e leggero.

Espressione della potenza e della pressione media effettiva per i motori volumetrici. Criteri generali di impiego dei motori alternativi a 2 e a 4 tempi, ad accensione comandata e ad accensione per compressione.

Indicazioni ricavabili dall'espressione della potenza utile e dall'espressione della p.m.e.

Scelta del ciclo ideale più adatto al tipo di motore. Quadro sinottico delle influenze esercitate sulle prestazioni dei motori alternativi a c.i.: influenza delle caratteristiche del fluido reale e delle trasformazioni reali. Cause di perdita del coefficiente di riempimento. Cenni sulla sovralimentazione.

Il legame tra coppia motrice e p.m.e.. Caratteristica di regolazione e caratteristica meccanica dei motori ad accensione comandata e dei motori ad accensione per compressione, a pieno carico e ai carichi parziali: loro confronto. Cenni sulla combustione nei motori ad accensione comandata e nei motori ad accensione per compressione. Cenni sulle emissioni di inquinanti.

– *Gli impianti di turbina a gas* [circa 6 ore].

Generalità; rendimento termico e lavoro massico del ciclo ideale e del ciclo limite: loro dipendenza dal rapporto di compressione e dalla temperatura massima. Il rendimento termico

globale e il lavoro massiccio utile: loro dipendenza dal rapporto di compressione, dalla temperatura massima, dai rendimenti dei singoli componenti dell'impianto. Ciclo complesso con compressione interrefrigerata: prestazioni. Ciclo complesso con espansione intercalata da ricombustione: prestazioni. Cicli rigenerativi ideali e cicli rigenerativi reali a diversa efficacia della rigenerazione: prestazioni. Cicli rigenerativi complessi: la nozione di efficacia minima della rigenerazione.

Cenni sulle caratteristiche costruttive degli impianti: la disposizione meccanica delle diverse turbomacchine; il combustore; la refrigerazione delle palette del turboespansore.

– *Gli impianti di turbina a vapore* [circa 4 ore].

Il ciclo Rankine semplice, ideale e reale; i metodi per migliorarne le prestazioni: condensazione a bassa pressione, vaporizzazione ad alta pressione, surriscaldamento semplice e multiplo. La rigenerazione mediante spillamenti. La cogenerazione: impianti a recupero totale e a recupero parziale. I cicli combinati. Cenni sul generatore di vapore; sul turboespansore, ad azione e a reazione; sui condensatori; sulle tenute lungo gli alberi rotanti.

ESERCITAZIONI

Nel corso delle esercitazioni in aula, oltre alla risoluzione di esercizi numerici, scelti in modo da rivedere con esempi e calcoli gli argomenti svolti precedentemente a lezione, vengono in particolare trattati direttamente gli aspetti applicativi riguardanti le prestazioni delle singole macchine.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento

Non esiste un testo di riferimento che tratti tutti gli argomenti del corso esattamente come a lezione; è consigliabile pertanto prendere appunti, anche se la maggior parte degli argomenti sono trattati in modo adeguato nell'insieme dei 3 testi:

E. Antonelli, *Richiami di Termodinamica applicata alle Macchine* (Dispense).

E. Antonelli, *Richiami di Termodinamica della Combustione* (Dispense).

A. Capetti, *Motori Termici*, Utet, Torino.

A. Capetti, *Compressori di gas*, V. Giorgio, Torino.

ESAME

L'esame comprende una prova scritta e una prova orale:

- la prova scritta si articola, di norma, su 3 esercizi riguardanti:

1) problemi di termodinamica o di fluidodinamica,

2) compressori di gas o pompe per liquidi,

3) motori alternativi o turbine a gas;

- l'interrogazione orale si articola, di norma, su 2 domande riguardanti argomenti diversi da quelli oggetto dello scritto.

In entrambe le prove viene privilegiata la capacità di ragionamento rispetto allo sforzo mnemonico - gli esercizi e le domande sono semplici se si sono comprese le nozioni di base e i principi di funzionamento delle macchine.

E' prevista la possibilità di due compiti di esonero dallo scritto, da svolgersi, rispettivamente, nella penultima settimana di dicembre e nella seconda settimana di gennaio.

R 515 0**Stabilità dei pendii**

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitaz., laboratori: 6(4)+2(4) (ore settimanali)
82+28 (nell'intero periodo)

Docente: Margherita Ferrero

Il corso ha lo scopo di fornire delle conoscenze, nel campo dell'ingegneria geotecnica, della stabilità dei pendii. In particolare vengono trattati i metodi per la caratterizzazione geotecnica di pendii in roccia ed in terreno, i metodi analitici e numerici per le analisi di stabilità e quelli relativi alla scelta ed al dimensionamento di opere di difesa e di stabilizzazione.

PROGRAMMA

Nel corso vengono trattati i seguenti argomenti:

- metodi di classificazione e identificazione dei fenomeni franosi;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce costituenti i pendii naturali ed artificiali;
- metodi di analisi di stabilità dei versanti e di analisi del moto di masse instabili;
- metodi di consolidamento e di difesa dei pendii.

Le lezioni possono essere suddivise in 22 argomenti, riassunti nella tavola che segue:

1. Pendii naturali ed artificiali: scavi, rilevati, discariche (tipologie costruttive). [2 ore]
2. Classificazione dei movimenti franosi (Varnes, 1978). [4 ore]
3. Identificazione dei fenomeni franosi. [2 ore]
4. Ingegneria dei pendii. Concetti di base. [4 ore]
5. Descrizione quantitativa delle discontinuità in roccia (ISRM, 1978). [10 ore]
6. Resistenza a taglio della matrice rocciosa, delle discontinuità e della massa rocciosa; effetti di scala sulla resistenza a taglio. [8 ore]
7. Flusso d'acqua nei mezzi rocciosi. [4 ore]
8. Classificazione dei terreni. [2 ore]
9. Resistenza a taglio dei terreni. [8 ore]
10. Flusso d'acqua nei mezzi porosi. [4 ore]
11. Modelli geomeccanici. [4 ore]
12. Analisi del moto di caduta massi. [8 ore]
13. Analisi di ribaltamento blocchi. [2 ore]
14. Verifiche di stabilità allo scivolamento di pendii in roccia. [10 ore]
15. Verifiche di stabilità allo scivolamento di pendii in terra. [8 ore]
16. Analisi di frane per espansione laterale. [2 ore]
17. Analisi del movimento di colate in terra e detrito. [6 ore]
18. Analisi di fenomeni gravitativi profondi. [4 ore]
19. Analisi probabilistiche di stabilità di pendii. [4 ore]
20. Analisi dinamiche e pseudostatiche di pendii. [6 ore]
21. Metodi di consolidamento di pendii. [6 ore]
22. Metodi di protezione e difesa. [2 ore]

I primi quattro riguardano la descrizione dei tipi di movimento franoso e delle tipologie costruttive di opere in terra e di scavi in roccia, di classificazione e identificazione dei fenomeni franosi e di definizione dei concetti di base dell'ingegneria dei pendii, quali il fattore

di sicurezza, le analisi di stabilità in campo statico e dinamico ed il concetto di equilibrio limite.

Successivamente vengono richiamati alcuni temi della meccanica delle rocce, quali la descrizione quantitativa delle discontinuità, la resistenza a taglio e il flusso dell'acqua nei mezzi discontinui. Questi temi vengono trattati con specifico riferimento ai problemi di stabilità dei pendii in roccia sviluppando metodi statistici per l'elaborazione dei dati dei rilievi delle discontinuità, affrontando il problema degli effetti di scala sulla resistenza al taglio di grandi discontinuità e introducendo dei modelli numerici per lo studio del moto dei fluidi nelle discontinuità.

Le lezioni proseguono con i richiami di meccanica delle terre relativi alla caratterizzazione geotecnica e idraulica dei terreni. Le conoscenze acquisite in questa prima parte del corso permettono di sviluppare un modello geomeccanico della massa in esame che evidenzia le caratteristiche geometriche e strutturali e i potenziali cinatismi di instabilità.

Nel corso vengono quindi trattati metodi di verifica di stabilità e metodi previsionali dei movimenti franosi. In particolare sono sviluppati dei modelli analitici e numerici per l'analisi del moto di caduta massi e per l'analisi del comportamento meccanico di sistemi di blocchi, per la verifica di stabilità dei pendii in roccia ed in terra; viene descritto il metodo del blocco chiave per le analisi statiche di mezzi rocciosi discontinui e sono definiti i concetti generali ed illustrati dei casi applicativi del metodo degli elementi finiti e del metodo degli elementi distinti allo studio di frane complesse.

L'analisi dei meccanismi evolutivi di colata viene trattata con un modello analitico, per il caso di terreni argillosi e con un modello numerico fondato sulla teoria degli automi cellulari, per il caso di trasporto di masse detritiche.

Problemi di analisi dinamica dei pendii vengono trattati con alcune particolari applicazioni del metodo di Newmark, mentre alcuni metodi probabilistici (Montecarlo, Rosenblueth, Bayes e *fuzzy sets*) vengono discussi per tener conto dell'aleatorietà con cui i parametri fisici e geometrici del problema sono noti.

Il corso si conclude con la descrizione dei principali metodi di stabilizzazione dei pendii e di protezione di opere e infrastrutture civili dai movimenti franosi. Nel primo caso vengono illustrate le metodologie di scavo, riporto, drenaggio, rinforzo e sostegno dei pendii descrivendo, come nei metodi analitici e numerici precedentemente introdotti, si può schematizzare l'azione degli interventi realizzabili al fine di migliorare la stabilità dei pendii. Nel secondo caso vengono illustrati metodi di difesa da caduta massi (valli paramassi con reti di protezione, gallerie paramassi) e di trasporto di massa (briglie filtranti) e vengono descritti i metodi di verifica dell'efficacia di queste opere.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano principalmente lo svolgimento di casi applicativi per:

1. la caratterizzazione geotecnica di rocce e terreni costituenti il pendio;
2. la messa a punto di un modello geomeccanico di una massa rocciosa;
3. il calcolo previsionale del moto di caduta massi lungo il versante;
4. la verifica di stabilità al ribaltamento e scivolamento con il metodo dell'equilibrio limite di un sistema di blocchi;
5. le verifiche di stabilità di pendii in roccia con il metodo del blocco chiave;
6. la verifica di stabilità dei pendii in terra con alcuni metodi dell'equilibrio limite;
7. l'analisi del moto di un colamento detritico con il metodo degli automi cellulari;

8. l'analisi con metodi numerici dei meccanismi evolutivi di frane complesse;
 9. le verifiche di stabilità in campo pseudostatico e l'analisi dinamica di un sistema di blocchi con il metodo degli elementi distinti;
 10. il dimensionamento e la verifica di un intervento di stabilizzazione di un pendio;
 11. il dimensionamento e la verifica di un'opera di protezione da caduta massi, costituita da un vallo con rete di protezione.
- È prevista inoltre un'escursione in un sito sede di un movimento franoso.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Rock slope stability analysis / G.P. Giani. – Rotterdam : Balkema, 1992.

(Tratta gli argomenti di cui ai punti 1, 2-7, 11-14, 16, 19-22 della tabella che riassume il programma delle lezioni. Questo testo è reperibile presso la biblioteca del Dipartimento di Georisorse e territorio).

Per gli argomenti trattati ai punti 3, 8, 9, 10, 15, 17 e 18 verranno date agli studenti del corso delle dispense.

Viene inoltre consigliata la consultazione dei seguenti testi

Pendii naturali e fronti di scavo : atti del 2. ciclo di conferenze di meccanica ed ingegneria delle rocce / a cura di G. Barla. – MIR Politecnico di Torino, 1988.

Previsioni e riscontri nella meccanica ed ingegneria delle rocce : atti del 4. ciclo di conferenze di meccanica ed ingegneria delle rocce / a cura di G. Barla. – MIR Politecnico di Torino, 1992.

Landslides : analysis and control / ed. R.L. Schuster, R.J. Krizek. – (Special reports ; 29). – Washington : Highway Research Board, 1978.

Soil slope instability and stabilisation / ed. B.F. Walker, R. Fells. – Rotterdam : Balkema, 1987.

Anno: periodo 4,5:2

Docente: Giuseppe Mancini

Il corso è finalizzato all'applicazione concreta delle nozioni della *Scienza delle costruzioni* (che si presuppone conosciuta) per il dimensionamento di strutture in acciaio, conglomerato cementizio armato e precompresso, e legno, individuando per ogni materiale le problematiche specifiche. La trattazione procede in campo lineare con un cenno alle verifiche in campo non lineare.

PROGRAMMA

Nella parte introduttiva si procede alla schematizzazione strutturale ed all'analisi dei carichi agenti sulle costruzioni, con un cenno alle caratteristiche dei terreni e delle rocce relativamente al problema delle fondazioni.

Si procede poi al dimensionamento di elementi strutturali in acciaio, in conglomerato cementizio armato e precompresso in campo essenzialmente lineare nell'ambito delle tensioni ammissibili, con l'illustrazione sistematica della conseguente normativa.

Un cenno viene infine proposto per le costruzioni in legno.

Alle lezioni si affiancano le esercitazioni che sviluppano la progettazione (calcoli e disegni) di una struttura in acciaio (edificio industriale), in calcestruzzo armato (edificio residenziale) e precompresso (trave da ponte).

R 557 0**Tecnologia dei materiali e
chimica applicata***(Tutti gli indir., tranne Ambiente)*

Anno: periodo 2,3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 80+20+12 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppina Acquarone

Il corso ha lo scopo di fornire conoscenze di base relative alle caratteristiche tecnologiche e di impiego dei materiali utilizzati nel campo dell'ingegneria edile. Sono trattati problemi relativi alle prestazioni in opera dei materiali ed alcune implicazioni ambientali.

REQUISITICorsi di *Chimica* e di *Fisica*.**PROGRAMMA**– *Le acque.**Generalità.* Acque meteoriche, di superficie, sotterranee.*Acque per uso industriale*

Analisi di un'acqua.

Durezza: determinazione sperimentale. Trattamenti delle acque: sedimentazione, coagulazione, filtrazione, degasaggio, abbattimento della durezza.

Fragilità caustica.

Demineralizzazione:

a) Con resine scambiatrici; struttura e preparazione delle resine; l'abbattimento della durezza con resine sodiche.

b) Distillazione. Termocompressione e multiplo effetto.

c) Condensazione. *Flash evaporation*.

Dissalazione per congelamento, elettrodialisi, osmosi inversa.

Acque di scarico

La autodepurazione delle acque superficiali.

Determinazione del grado di inquinamento: BOD, COD.

Trattamenti di depurazione: meccanici: grigliatura, macinazione, sedimentazione; biologici: marcite, letti percolanti, fanghi attivi.

Eliminazione dei residui industriali.

Acque potabili

Requisiti organolettici e chimici.

Saggi di potabilità. Trattamenti meccanici. Sterilizzazione.

Un impianto di potabilizzazione.

– *I combustibili*

Definizione. Classificazione dei combustibili.

Potere calorifico superiore ed inferiore. Calcolo di Q_s e Q_i da ΔH . Aria teorica di combustione. Volume e composizione dei fumi e relativi calcoli.

Combustione con eccesso di aria: conseguente composizione dei fumi e relativi calcoli.

Temperatura teorica di combustione. Idem con eccesso di aria e preriscaldamento di aria e o combustibile. Effetti della dissociazione termica di CO_2 e H_2O .

Perdita al camino.

Temperatura di ignizione, limiti di infiammabilità.

Potenziale termico.

– *Carburanti* (cenni)

Analisi dei prodotti di distillazione del petrolio e dei successivi trattamenti di *cracking*, *hydrocracking*, *reforming*.

Classificazione dei carburanti, numero di ottano, numero di punto di anilina, indice *diesel*.

Inquinamento da carburanti.

– *Diagrammi di stato*

Generalità e regola di Gibbs.

Diagrammi di stato binari

Miscibilità completa allo stato liquido e:

1. Immiscibilità allo stato solido;

idem con formazione di un composto intermedio che fonde

a) congruente, b) incongruente.

2. Miscibilità completa allo stato solido.

3. Miscibilità parziale allo stato solido

a) con formazione di eutettico, b) con trasformazione peritettica.

Diagrammi di stato ternari

Rappresentazione e lettura delle composizioni.

Lettura del diagramma ternario di tre costituenti

a) che non formano composti intermedi; b) che formano un composto intermedio che fonde congruente; c) *idem* che fonde incongruente.

– *Materiali ceramici*

Definizione e generalità.

Materie prime

La silice: struttura e diagramma di stato. Struttura dei silicati e delle argille. Cottura della caolinite, diagramma di stato SiO_2 - Al_2O_3 . Cenni sulla sinterizzazione.

Tecnologia dei prodotti ceramici

Estrazione. Atmosferizzazione. Macinazione. Formatura a) a secco, b) a plastico, c) a colo. Plastometro.

Essiccazione: Generalità. Essiccatoi a camera ed a *tunnel*. Essiccatoi ad umidità controllata

Cottura: Forni discontinui e continui.

Prodotti ceramici

Laterizi e terrecotte. Faenze e maioliche. Terraglie tenere e forti. Il cottoforte e la monocottura. Il *gres*. Le porcellane.

– *Proprietà e prove dei materiali ceramici*

Densità reale ed apparente. Porosità reale ed apparente.

Proprietà termiche. Generalità. Dipendenza dal tipo di legame e dalla struttura cristallina.

Calore specifico, coefficiente di dilatazione lineare e volumetrica, resistenza agli sbalzi termici.

Proprietà meccaniche. Curva carico – deformazione e modulo di elasticità. Resistenza a trazione e frattura fragile. Resistenza a compressione.

Correlazioni e tabelle.

– I leganti

Definizione e classificazione. La presa e l'indurimento.

Leganti aerei

Calce aerea. Materie prime e produzione. Spegnimento. Classificazione. Messa in opera. Requisiti e prove.

Gesso. Materia prima, produzione e messa in opera. Idrolisi ed azione corrosiva sul ferro.

Cemento Sorel.

Leganti idraulici

Cemento *portland*. Materie prime. Cottura. Costituenti mineralogici e moduli dei cementi. L'idratazione del *portland*. Cause di alterazione: a) interne, CaO, MgO, ... b) esterne, azione delle acque dilavanti, della CO₂, delle acque solfatiche.

Cemento pozzolanico.

Cemento d'altoforno.

Cemento alluminoso.

– I calcestruzzi

Costituenti dei calcestruzzi, caratteristiche e dosaggio. Additivi: acceleranti e ritardanti della presa e indurimento. Fluidificanti. Prove sui calcestruzzi. Calcestruzzi leggeri. Precompressi.

– Vetri

Struttura dei materiali vetrosi; ossidi formatori di vetro, modificatori, intermedi. Comportamento al riscaldamento: velocità di nucleazione e di accrescimento dei cristalli. Composizione e proprietà del vetro.

Tecnologia del vetro. Materie prime. Forni da vetro. Smerigliatura e lucidatura. Ricottura. Vetri temprati, di sicurezza e armati.

– Vetroceramici

– Materiali ferrosi

L'altoforno: materie prime ed equilibri di riduzione degli ossidi di ferro. Diagrammi di stato Fe-Fe₃C e Fe-C.

Struttura e proprietà: la struttura dei metalli e i difetti reticolari. Difetti puntiformi, lineari e planari. Le dislocazioni ed il loro movimento.

Prove sui materiali ferrosi.

Le ghise. Ghise di prima e di seconda fusione; tecniche di fusione; ghisa bianca, grigia, malleabile, globulare.

Gli acciai. Acciai al carbonio. Trattamenti termici degli acciai: ricottura, normalizzazione, tempra, rinvenimento, ricottura d'officina; tempra interrotta e bainitica.

Trattamenti superficiali degli acciai: tempra superficiale, cementazione, nitrurazione, carbonitrurazione.

Classificazione degli acciai: alcuni esempi. Acciai da carpenteria e da armatura di calcestruzzi. Acciai speciali: alfoeni (diagramma Fe-Cu) e austenitizzanti (diagramma Fe-Ni). Alcuni acciai speciali.

– Metalli non ferrosi

Il rame. Proprietà e sue leghe fondamentali.

L'alluminio. Proprietà e sue leghe fondamentali.

– Corrosione dei materiali metallici

Il meccanismo di corrosione.

Sistemi protettivi: rivestimento con metalli, passivazione, altri trattamenti chimici superficiali; rivestimento con bitumi. Vetrine e vernici.

– *Materiali bituminosi*

Bitumi e asfalti. Campi di utilizzazione. Prove sui materiali bituminosi.

– *Vetrine e smalti*

Generalità e materie prime. Tecniche di applicazione. Smalti per materiali metallici.

– *Alti polimeri*

Generalità. I meccanismi di polimerizzazione. Struttura e proprietà polimeri. Classificazione. Alti polimeri di maggior rilevanza. Additivi. Tecnologia dei polimeri.

– *Vernici e pitture*

Costituzione e classificazione. Vernici sintetiche grasse e bituminose. Pitture.

R 602 1**Topografia A***(Indir. Ambiente, Pianif. e gest. territoriale)*

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4(0)+0(4) (ore settimanali)

Docente: Barbara Betti, Fulvio Rinaudo

Il corso si propone di fornire agli studenti un'ampia ed approfondita panoramica dei moderni metodi per il posizionamento e delle tecniche per il trattamento delle misure topografiche, tenendo conto dell'impatto che le nuove metodologie tridimensionali hanno avuto sulla filosofia generale del rilievo del territorio. Particolare attenzione verrà rivolta alle moderne strumentazioni topografiche e alle tecnologie di posizionamento basate su segnali provenienti da satelliti artificiali, nonché alle metodologie analitiche per il trattamento dei dati suddetti. L'utilizzo delle metodologie sopra descritte permetterà agli studenti di rilevare e compensare una rete tridimensionale. La compensazione avverrà dopo una serie di esercitazioni al computer sull'utilizzo di un moderno *software* per la comparazione della più generale rete topografica. Dei metodi descritti verranno poi analizzati gli impieghi nel campo dell'ingegneria per l'ambiente e il territorio come, ad esempio, la rappresentazione ed il controllo del territorio a fini protezionistici.

REQUISITI

Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Analisi matematica*, *Geometria e Fisica*.

PROGRAMMA

– *Introduzione al corso*. [1 ora]

– *Elementi di statistica*. [7 ore]

Elementi di teoria della probabilità; variabili casuali e statistiche a una dimensione; la media; la varianza e la legge di propagazione della varianza; la disuguaglianza di Tchebycheff; la variabile casuale *n*-dimensionale, media e covarianza; legge di propagazione della covarianza, il coefficiente di correlazione lineare; il teorema centrale della statistica.

– *Trattamento delle osservazioni*. [8 ore]

Variabile campionaria; statistiche e stimatori; correttezza e consistenza; il metodo dei minimi quadrati; formulazione generale del problema (caso lineare); soluzione del problema di minimi quadrati; stimatori di osservabili e parametri; covarianza degli stimatori e stima della varianza; problemi di stima non lineari.

– *Elementi di geodesia*. [7 ore]

Campo della gravità terrestre; campo della gravità normale, campo anomalo e deviazione della verticale; geoidi, sferoidi ed ellissoidi terrestri; geometria dell'ellissoide; il teorema della geodesia operativa; sistemi di riferimento e sistemi di coordinate: loro ambito di validità.

– *Cartografia*. [7 ore]

Rappresentazione dell'ellissoide sul piano; classificazione delle rappresentazioni cartografiche; equazioni differenziali delle rappresentazioni cartografiche; la rappresentazione conforme di Gauss; la cartografia ufficiale italiana.

– *Operazioni di rilievo topografico*. [12 ore]

Metodi per il rilievo planimetrico; osservabili per il rilievo planimetrico; reti di inquadramento dei rilievi a diversa scala e a diversa dimensione; triangolazione, trilaterazione, poligonali; rilievo di dettaglio; compensazione minimi quadrati delle reti planimetriche; simulazione ed ottimizzazione; metodi per il rilievo altimetrico: livellazione trigonometrica e livellazione geometrica; compensazione minimi quadrati delle reti altimetriche; simulazione ed ottimizzazione; metodi per il rilievo tridimensionale; reti tridimensionali; sistemi di riferimento ed equazioni di osservazione; compensazione minimi quadrati delle reti tridimensionali.

– *GPS*. [6 ore]

Tecniche moderne per il posizionamento: il GPS, descrizione del metodo, equazioni di osservazione, compensazione ed esecuzione di reti GPS; compensazione congiunta di misure topografiche classiche e di misure GPS.

– *Elementi di fotogrammetria*. [6 ore]

Definizione di base; fondamenti analitici; il progetto del volo; l'appoggio e la restituzione; strumenti restitutori; cenni di triangolazione aerea.

ESERCITAZIONI

1. Esercizi di probabilità. [2 ore]
2. Esercizi sulle variabili casuali e statistiche monodimensionali. [3 ore]
3. Esercizi sulle variabili causali e statistiche n -dimensionali. [2 ore]
4. Applicazione della legge di propagazione della covarianza a problemi topografici. [3 ore]
5. Esercizi minimi quadrati lineari: compensazione di una rete di livellazione geometrica. [2 ore]
6. Esercizi minimi quadrati non lineari: compensazione di una rete planimetrica. [4 ore]
7. Lettura ed interpretazione delle carte; esercizi sulla carta di Gauss. [4 ore]

LABORATORIO

1. Metodologie e strumenti per la misura di angoli. [4 ore]
2. Metodologie e strumenti per la misura delle distanze. [12 ore]
3. Metodologie e strumenti per la misura dei dislivelli. [3 ore]
4. Esercitazioni al calcolatore sull'utilizzo di un programma per la progettazione e compensazione della più generale rete topografica e applicazioni ai casi di reti simulate e rilevate. [10 ore]
5. Rilievo e compensazione di una rete plano-altimetrica. [12 ore]
6. Esercitazione sull'utilizzo del GPS. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Inghilleri, *Topografia generale*, UTET, Torino, 1970.

F. Sansò, *Il trattamento statistico delle misure*, CLUP, Milano, 1990.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

K. Krauss, *Fotogrammetria* (trad. S. Dequal), Levrotto & Bella, Torino, 1994.

G. Bezoari, C. Monti, A. Selvini, *Fondamenti di rilevamento generale*, Hoepli, Milano, 1984.

T.J. Blachut, A. Chrzanowski, J.H. Saastamoinen, *Urban surveying and mapping*, Springer, New York, 1979.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova scritta ed una prova orale.

La prova scritta consiste nello svolgimento di un esercizio di compensazione di una rete topografica.

La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la prova scritta ha avuto esito positivo. Gli studenti che frequentano regolarmente il corso possono superare una parte dell'esame sostenendo due compitini:

1. compitino: si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di statistica e trattamento delle osservazioni in orari da concordare con gli studenti e comunque non coincidenti con altri impegni didattici;

2. compitino: si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di geodesia e cartografia in orari da concordare con gli studenti e comunque coincidenti con altri impegni didattici. Tutti i compitini devono essere superati con esito positivo.

Durante il 1. appello della sessione estiva verrà proposto un voto complessivo sulla prima parte dell'esame che tiene conto dei risultati conseguiti nei due compitini. Lo studente potrà accettare il voto proposto oppure decidere di sostenere l'esame tradizionale. È consentito il recupero dei compitini. Tale recupero dovrà avvenire in corrispondenza di uno dei tre appelli previsti per la sessione estiva. A partire dalla sessione autunnale lo studente dovrà comunque sostenere l'esame completo.

R 602 2**Topografia B**

(Indir. Difesa del suolo, Georisorse, Geotecnologie)

Anno: periodo 2,3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Giuliano Comoglio, Fulvio Rinaudo

La parola topografia significa letteralmente descrizione grafica e metrica dei luoghi. In questo corso vengono impartiti i principali concetti teorici e pratici delle operazioni di misura (classiche e moderne) e di calcolo (statistica) relativi ai metodi di rilievo.

Ampio spazio viene anche dedicato al problema della rappresentazione del territorio. La cartografia resta l'elemento di base essenziale per la progettazione di tutte le opere che interagiscono con il territorio.

Questa disciplina fornisce gli strumenti di base generali indispensabili per chi dovrà occuparsi della corretta gestione del territorio ed è propedeutica ai corsi di approfondimento come *Fotogrammetria*, *Cartografia numerica* e *Telerilevamento*.

REQUISITI

Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Analisi matematica*, *Geometria* e *Fisica*.

PROGRAMMA

– *Statistica*. [14 ore]

Variabile statistica ad una dimensione. La variabile casuale. Operazioni tra variabili casuali. Distribuzione di Gauss. Principio di massima verosimiglianza. Principio dei minimi quadrati. Misura indiretta di più grandezze con un numero esuberante di osservazioni.

– *Geodesia*. [12 ore]

Equazione del geoide. Ellissoide di rotazione. Equazioni delle geodetiche. Campo geodetico. Campo topografico. Calcolo delle coordinate sull'ellissoide.

– *Cartografia*. [4 ore]

Moduli di deformazione lineare, areale e angolare. Equazioni differenziali delle carte conformi. La carta di Gauss. La cartografia ufficiale italiana.

– *Metodi di rilievo*. [8 ore]

Compensazione rigorosa delle reti planimetriche. Compensazione rigorosa delle reti altimetriche.

– *Misura delle distanze*. [4 ore]

Equazione fondamentale dei distanziometri ad onde. Metodi di misura ad impulsi. Descrizione degli strumenti e delle principali applicazioni.

– *Misura dei dislivelli*. [4 ore]

Livellazione geometrica. Livellazione trigonometrica.

– *Misure GPS*. [6 ore]

Il sistema NAVSTAR GPS. Struttura del segnale. Modalità *pseudo-range*. Misura di fase. Equazione fondamentale. Compensazione delle misure.

ESERCITAZIONI

Statistica. [8 ore]

Variabile statistica e variabile casuale. Operazioni tra variabili casuali. Compensazione rigorosa ai minimi quadrati di una rete planimetrica e di una rete altimetrica.

Cartografia. [4 ore]

La cartografia ufficiale italiana. Concetto di cartografia numerica.

Metodi di rilievo. [12 ore]

Rilievo di una linea di livellazione geometrica. Poligonali: aperte vincolate agli estremi, chiuse. Compensazione empirica.

Misura delle distanze. [4 ore]

Metodi diretti, indiretti e distanziometri ad onde.

Misura degli angoli. [14 ore]

Schema del teodolite, messa in stazione, condizioni di rettifica. Misura degli angoli azimutali e zenitali.

Misura dei dislivelli. [10 ore]

Livelli automatici ed elettronici, condizione di rettifica. Livellazione geometrica dal mezzo. Esecuzione di una battuta di livellazione.

BIBLIOGRAFIA

G. Inghilleri, *Topografia generale*, UTET, Torino, 1970 (esaurito).

G. Bezoari, C. Monti, A. Selvini, *Topografia e cartografia*, Hoepli, Milano, 1992.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova pratica e una prova orale. La prova pratica consiste nella misura di una grandezza topografica (angolo, distanza, dislivello). La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la prova pratica ha avuto esito positivo. Gli studenti che frequentano regolarmente il corso possono superare l'esame sostenendo una serie di tre esoneri:

1. colloquio. Si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di statistica, geodesia e cartografia, in orari non coincidenti con altri impegni didattici;
2. colloquio. Si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di metodi di rilievo, misura delle distanze, GPS, in orari non coincidenti con altri impegni didattici;
3. colloquio e prova pratica. Si terrà nella settimana successiva al termine delle esercitazioni in orari non coincidenti con altri impegni didattici.

Tutti gli esoneri devono essere superati con esito positivo.

Durante il 1. appello della sessione estiva verrà proposto un voto complessivo di esame che tiene conto dei risultati conseguiti nei tre esoneri. Lo studente potrà accettare il voto proposto oppure decidere di sostenere l'esame tradizionale. È consentito il recupero di un solo esonero fallito. Tale recupero dovrà avvenire in corrispondenza di uno dei tre appelli previsti per la sessione estiva. A partire dalla sessione autunnale lo studente dovrà comunque sostenere l'esame completo.

Programmi degli insegnamenti d'orientamento

R 033 0

Architettura tecnica

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali);

60+60 (nell'intero periodo)

Docente: Angelo Lucchini

Il corso è finalizzato a fornire elementi metodologici e culturali indirizzati all'architettura e all'edilizia attraverso informazioni di carattere tecnico, scientifico e antologico (definizioni, classificazioni, norme, metodologia della progettazione ambientale e tecnologica, analisi dei principali subsistemi tecnologici, esame di casi esemplari).

Il corso avvia al conseguimento delle capacità selettive e sintetiche necessarie alla definizione e al controllo della qualità ambientale e tecnologica degli interventi edilizi. Particolare attenzione viene posta alla applicazione pratica dell'apparato teorico fornito, mediante risoluzione di semplici temi progettuali.

REQUISITI

Disegno, Fisica tecnica, Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

- *Concetti base della disciplina e nozioni guida:* il processo edilizio: dalla promozione alla gestione degli interventi, i sistemi edilizi e le loro articolazioni, i rapporti con il contesto, il concetto di qualità in edilizia.
- *Elementi fondamentali dei caratteri distributivi degli edifici:* concetti di tipo e di tipologia, l'analisi tipologica e il rapporto con il contesto, il rapporto tradizione –innovazione e le sue componenti socio-economiche, il rapporto tipologia – tecnologia.
- *La residenza e la sua evoluzione tipologica.* Altre tipologie fondamentali di riferimento.
- *Introduzione alla metodologia della progettazione:* la teoria della qualità in edilizia; i concetti base: concetti di esigenza, di requisito, di prestazione.
- *Primi riferimenti alle componenti della progettazione edilizia:* progettazione funzionale spaziale, ambientale, tecnologica.
- *Strumenti e tecniche di supporto alla progettazione e alla produzione edilizia:* la normativa qualitativa, il controllo della qualità.
- *Metodologia della progettazione:* l'attività di analisi: requisiti ambientali, prestazioni ambientali, prestazioni tecnologiche, progettazione funzionale spaziale, analisi dei problemi, esigenze di razionalizzazione, analisi funzionale, analisi delle attività dell'utenza, il programma prestazionale.

- *La trasposizione delle prestazioni ambientali in prestazioni tecnologiche*: il benessere igrotermico invernale ed estivo, il benessere luminoso, il benessere acustico, la sicurezza al fuoco.

Il controllo della durata, la manutenzione programmata, la patologia edilizia.

I principali subsistemi tecnologici edilizi: le strutture, le coperture, le chiusure opache, le chiusure trasparenti, le partizioni interne.

ESERCITAZIONI

Gli allievi, singolarmente o in gruppi ristretti, guidati dal docente, affrontano approfondimenti ed eseguono elaborati progettuali sui seguenti argomenti.

1. Analisi e rappresentazione di tipologie e tipi edilizi.
2. Definizione e controllo dei disperdimenti energetici e delle condizioni di *comfort* igrotermico in tipi edilizi in regime stazionario e in regime variabile: controllo della determinizzazione conduttiva, controllo dei disperdimenti energetici, controllo della determinizzazione asimmetrica radiativa; controllo della temperatura operante; controllo del fattore di inerzia (regime invernale) controllo dell'inerzia termica (regime estivo); controllo della condensazione interstiziale e superficiale.
3. Definizione e controllo delle condizioni di *comfort* luminoso naturale in tipi edilizi in determinate condizioni di contesto.
4. Definizione e controllo delle condizioni di *comfort* acustico in tipi edilizi in determinate condizioni di contesto e di comportamento dell'utenza.
5. Definizione e controllo delle condizioni di sicurezza passiva al fuoco di edifici pluripiano in determinate condizioni di contesto.

La trattazione di ciascun argomento termina con la revisione degli elaborati sviluppati dagli allievi e la consegna dei medesimi al docente.

BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico viene messo a disposizione degli allievi attraverso una specifica documentazione annualmente aggiornata argomento per argomento, e completa di riferimenti bibliografici.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti trattati a lezione e sugli approfondimenti svolti nelle esercitazioni.

R 058 0**Cartografia numerica**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Giuliano Comoglio (collab.: Ambrogio Manzino)

È un corso di specializzazione rivolto agli allievi che manifestino un particolare interesse per lo studio del territorio finalizzato all'inserimento delle opere di infrastruttura ed allo sfruttamento delle risorse naturali.

La cartografia numerica resta la componente essenziale di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) che è uno strumento indispensabile per una corretta gestione del territorio.

Questa disciplina fornisce gli strumenti di base generali indispensabili per la progettazione, la costruzione e l'utilizzo della cartografia numerica e completa un percorso didattico nel quale trovano ampio spazio le materie topografiche e fotogrammetriche

REQUISITI

Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Fondamenti di informatica, Topografia e Fotogrammetria*.

PROGRAMMA

– *La rappresentazione cartografica*. [14 ore]

Cenni storici. Definizione della superficie di riferimento. Moduli di deformazione. Sviluppo sul piano della superficie di riferimento. Carta di Gauss. Cartografia ufficiale italiana.

– *La cartografia numerica*. [16 ore]

Schema concettuale. Scala nominale. Contenuti planimetrici ed altimetrici. Il sistema di codifica. Congruenze geometriche. Struttura dei dati. Formato di trasferimento.

– *Il sistema informativo territoriale*. [6 ore]

Significato e struttura di un SIT. Operazioni per la costruzione di un SIT. Esempi di SIT.

– *Metodi di costruzione*. [8 ore]

Fotogrammetrico diretto. Rilievo topografico. Digitalizzazione di cartografia esistente. Costruzione di un DTM.

– *Capitolati*. [8 ore]

Struttura di un capitolato. Alcuni esempi.

ESERCITAZIONI

Metodi di costruzione:

1. Costruzione di cartografia numerica con l'uso dei restitutori analitici. [12 ore]

2. Costruzione di cartografia numerica con l'uso di strumentazione topografica elettronica. [8 ore]

3. Costruzione di cartografia numerica mediante digitalizzazione di cartografia esistente. [12 ore]

4. Il sistema informativo territoriale.

5. Utilizzo di *software* specifico per la gestione di un SIT. [20 ore]

BIBLIOGRAFIA

Geographic information systems: principles and applications, American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), 1991.

Fundamentals of GIS: a compendium, American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), 1989.

Fondelli, Pasqualin, Posocco, Zollet, *Cartografia numerica e informazione territoriale*, Regione Veneto & Arcari ed., 1992.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova scritta (relazione) e una prova orale.

La prova scritta consiste in una relazione finale sull'attività svolta dal candidato durante le esercitazioni. La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la relazione scritta ha avuto esito positivo.

R 060 0**Cave e recupero ambientale**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)
60+40 (nell'intero periodo)

Docente: Mauro Fornaro (collab.: Marilena Cardu, Luciano Bosticco)

Il corso si propone di fornire soprattutto le conoscenze di base per la corretta progettazione di una cava ed il suo razionale inserimento territoriale. Elementi propedeutici di ingegneria degli scavi e di trattamento dei minerali litoidi, necessari per affrontare anche specifici problemi gestionali di cantiere, possono essere forniti nell'ambito del corso stesso.

PROGRAMMA

Richiami di tecnica degli scavi delle rocce e dei terreni. Esame delle diverse tipologie di cava, sia per morfologia di giacimento sia per natura e caratteristiche dei materiali estratti.

Calcolo delle cubature dei depositi e previsioni produttive. Tracciamento degli accessi e preparazione dei cantieri. Disegno dei fronti di scavo in fase di coltivazione e di abbandono.

Descrizione dei cicli produttivi – abbattimento, carico e trasporto – dei materiali di cava. Le leggi vigenti in ambito nazionale e regionale delegato.

I vincoli territoriali e gli strumenti urbanistici. Gli aspetti pianificatori dell'attività estrattiva di cava.

Le problematiche ambientali delle cave e gli impatti dell'attività. I criteri di valutazione e le tecniche di mitigazione. I principi del recupero ambientale dei siti di cava: la stabilità, la sistemazione del suolo, il ripristino, il riuso.

Analisi dei costi di coltivazione e di recupero. I computi delle garanzie fidejussorie previste dalla legislazione.

Esame di documentazione tecnica relativa a cave importanti.

– *Introduzione*

Il significato economico dei materiali di cava. Le implicazioni territoriali dell'attività estrattiva. I dati statistici produttivi regionali e nazionali. [2 ore]

La legislazione e le normative vigenti. Gli ambiti applicativi, gli strumenti di controllo. [3 ore]

La pianificazione dell'attività estrattiva nel contesto territoriale ed urbanistico. I piani paesistici e gli indirizzi di bacino. [4 ore]

– *Le coltivazioni*

Esame sistematico delle diverse tipologie di cava per i diversi materiali estratti e nelle diverse situazioni geogiacimentologiche e morfologiche. I metodi di coltivazione e gli schemi operativi adottabili. [6 ore]

– *Le cave di inerti sciolti*

Caratteristiche produttive della cava di pianura in terreni alluvionali. I cantieri sopra falda e sotto falda. Le macchine operatrici, l'organizzazione delle fasi di scavo, trasporto, trattamento dei materiali. La produzione di classi commerciali di aggregati, per calcestruzzi e conglomerati bituminosi, mediante vagliatura e lavaggio. [4 ore]

– *Le cave di pietrisco*

La coltivazione di materiali litoidi granulari da rocce di monte. Le cave a mezza costa e le cave di crinale. L'accesso, la scopertura e la preparazione dei cantieri. L'abbattimento convenzionale della roccia, con mine e senza uso di esplosivo, con macchine. Il ciclo

produttivo ed i trasporti interni, con mezzi continui e discontinui. La preparazione di pietrischi frantumati ed il controllo della idoneità delle principali caratteristiche litoapplicative. [4 ore]

– *Le cave di calcare (da calce e da cemento)*

Le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali coltivati e le particolari esigenze industriali produttive. Cenni sulla produzione delle calce e dei cementi. Esame di tipiche unità estrattive e descrizione dei principali lavori preparatori, a cielo aperto ed in sotterraneo. L'opzione dello sviluppo in sotterraneo. L'organizzazione dei cantieri e l'analisi dei costi di produzione primarie. [4 ore]

– *Le cave di gesso*

La coltivazione della pietra da gesso in cantieri a giorno ed in sotterraneo. L'uso di macchine di scavo continue (frese). Le potenzialità produttive ed i problemi di sicurezza dei cantieri. Il trattamento del minerale estratto per i principali impieghi nella industria delle costruzioni. [4 ore]

– *Le cave di argilla*

Descrizione tecnica dei principali tipi di argilla, per laterizi e ceramiche, coltivate nelle cave piemontesi. Le tipologie estrattive, secondo configurazioni di piano o di pendio. La miscelazione delle materie prime al fine della qualità dei prodotti di fornace. Gli scavi finalizzati al riutilizzo delle fosse quali siti di discarica controllata. [4 ore]

– *Le cave di pietra*

L'importanza storica dei marmi e dei graniti coltivati in Italia. [2 ore]

Le tecniche di estrazione (nel caso di rocce carbonatiche). Le macchine di taglio a filo, a disco, a catena. [3 ore]

Altre tecniche (nel caso di rocce silicatiche). Il distacco dei graniti con cariche controllate di esplosivo. Il metodo finlandese. Il taglio continuo a perforazione contigua, a filo diamantato, con fiamma e con acqua ad alta pressione. Il *water jet*. [3 ore]

Le coltivazioni a giorno. Tipologia delle cave, con riferimento a determinati bacini produttivi, descrizione, con terminologia tecnica, delle diverse fasi di lavoro sino alla produzione di blocchi commerciali. La gestione degli scarti lapidei. [4 ore]

Le coltivazioni in sotterraneo. L'evoluzione delle cave in sottotecchia ed in galleria. Le macchine utilizzate nel tracciamento ed in produzione. I problemi specifici posti dal sotterraneo nelle coltivazioni a camere e pilastri. Cenni sul dimensionamento ed il controllo statico dei vuoti. La produttività consentita nelle diverse fasi di sviluppo dei cantieri. [4 ore]

– *Il recupero ambientale delle cave*

Definizioni e principi generali di intervento. Criteri di sistemazione, di ripristino dei siti progressivamente dismessi dall'attività. Esempi significativi nella realtà piemontese. [3 ore]

Cenni sulle tecniche di intervento per i recuperi naturalistici di superfici rocciose ed il rinverdimento di terreni ricostituiti e condizionati. La stabilizzazione del suolo e la regolazione delle acque superficiali. I costi unitari delle diverse operazioni. Il calcolo delle cauzioni previste dalla legge sulle cave. [3 ore]

– *Il riuso dei siti*

La possibilità di finalizzare gli scavi produttivi alla realizzazione di opere successivamente utilizzabili. Il caso delle cave sotterranee di minerali industriali e di pietre ornamentali. Il caso dei laghi residui delle cave sotto falda. Esempi notevoli nella realtà italiana ed europea. [3 ore]

– *La valutazione di impatto ambientale*

Il significato della procedura di VIA. Gli studi di impatto ambientale specifici dell'attività estrattiva. Cenno sulle metodologie correnti. Esempio di applicazione ad una cava. [3 ore]

ESERCITAZIONI

È previsto parallelamente all'approfondimento esercitativo di dieci argomenti specifici, lo sviluppo di un progetto di cava, sulla base di dati reali e la redazione dei relativi elaborati tecnici. Vengono infine effettuate viste tecniche a cave della Regione.

1. Impostazione di un piano provinciale per le cave di inerti.
2. Verifica di un impianto di dragaggio di ghiaie e sabbie.
3. Tracciamento di una cava di pietrisco con fornello e galleria.
4. Scavo con fresa di un cantiere di pietra da gesso.
5. Messa in produzione di una cava di gneiss in area alpina.
6. Confronto di taglio di bancate di marmo a giorno.
7. Coltivazione sotterranea di pietra ceppo.
8. Sistemazione ambientale di una cava sotto falda.
9. Recupero ambientale di una cava abbandonata diversante.
10. Valutazione di impatto ambientale di una cava di pietrisco.

BIBLIOGRAFIA

- R. Mancini, M. Fornaro, M. Patrucco, *Tecnica degli scavi e dei sondaggi*, 3 vol., CELID, Torino, 1977-8.
- Discariche, cave, miniere ed aree difficili*, Pirola, Milano, 1989.
- Il recupero ambientale di aree degradate. La disciplina della attività estrattiva*. Grafo, Brescia, 1994.
- D. Pandolfi, O. Pandolfi, *La cava di marmo*, Belforte, Livorno, 1989.

R 066 0**Chimica industriale**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 50+30+15 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Genon

Il corso intende sviluppare i principali aspetti operativi e di bilancio attraverso cui viene definito un qualunque processo tecnologico industriale. Vengono trattati gli aspetti termodinamici, le operazioni unitarie di separazione e trasferimento, le considerazioni cinetiche; particolare spazio viene dato a valutazioni inerenti l'interazione con l'ambiente esterno, il bilancio energetico globale, la produzione ed il riutilizzo di sottoprodotti e rifiuti.

PROGRAMMA

- Cinetica delle reazioni chimiche, definizione del dimensionamento di reattori, influenza di fenomeni di esotermicità. [8 ore]
- Bilanci di materia e di energia in processi tecnologici o in ambiente naturale. [5 ore]
- Diffusione molecolare e turbolenta, coefficiente di trasferimento, sistemi equicorrente, controcorrente, studi di equilibrio. [8 ore]
- Sistemi gas-liquido: assorbimento fisico e con reazione chimica, influenza delle condizioni operative. [6 ore]
- Umidificazione, dimensionamento di torri di raffreddamento. [5 ore]
- Distillazione: calcolo degli stadi, condizioni operative, bilanci energetici. [4 ore]
- Adsorbimento in sistemi agitati e in colonna, equazioni del trasferimento e prestazioni, concetto di eluizione. [6 ore]
- Condizioni operative per l'essiccamento, bilanci di materia e di energia. [3 ore]
- Considerazioni generali sull'ossidazione biologica. [5 ore]

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni in aula vengono illustrati con esempi numerici gli argomenti oggetto delle lezioni. Lo spazio per i diversi argomenti è il seguente:

1. Cinetica e definizione dei reattori. [6 ore]
2. Bilanci di materia ed energia. [6 ore]
3. Sistemi di assorbimento gas-liquido e calcolo di equilibri. [8 ore]
4. Torri di raffreddamento. [2 ore]
5. Distillazione. [3 ore]
6. Dimensionamento di sistemi di essiccamento. [3 ore]

LABORATORI

È prevista l'esecuzione di alcune esercitazioni di laboratorio dirette a verificare sperimentalmente la descrizione matematica dei fenomeni. Sono previste 3-4 esercitazioni della durata di mezza giornata, da svolgersi a squadre, sulle principali operazioni unitarie trattate, indicativamente su cinetica chimica, adsorbimento, ossidazione biologica.

BIBLIOGRAFIA

Hougen, Watson, Ragatz, *Chemical process principles*, Wiley, 1959.
Treybal, *Mass transfer operations*, McGraw-Hill, 1955.

R 079 0**Composizione urbanistica**

Anno: periodo 5:2

Docente: Giovanni Picco

La progettazione delle trasformazioni territoriali conclude il ciclo didattico dei laureandi in Ingegneria civile, edile e per l'ambiente e il territorio; offrendo una opportunità d'affrontare temi di sintesi progettuale, a scala territoriale ed urbana, applicativi dei vari patrimoni disciplinari affrontati nei programmi – piani di studio prescelti.

La progettazione territoriale assume, nella dimensione ambientale, un rilievo non eludibile per il futuro professionale d'ingegneri, quand'anche specializzati in particolari ambiti disciplinari (ecologia, infrastrutturazione, impiantistica, strutture, ecc.).

PROGRAMMA

Le lezioni analizzano realizzazioni ed esempi di progetti territoriali, urbani ed extra-urbani, con riferimenti storico-critici essenziali per affrontare tematiche e problemi generali e particolari.

Particolare attenzione è riservata alle analisi ed applicazioni dei temi sulla qualità degli insediamenti, il recupero degli ambienti degradati, della qualità ambientale come componente trasversale a tutte le trasformazioni in progetto.

ESERCITAZIONI

Affronteranno tre filoni:

1. i piani a carattere territoriale, ove si individuano strategie ed obiettivi, con attenzione ai caratteri geo-morfologici come matrici e componenti significative delle trasformazioni e dello sviluppo;
2. i progetti di riorganizzazione od integrazione di strutture urbane esistenti, in presenza riusi e ristrutturazioni di insediamenti, quartieri, settori, urbani, ecc.;
3. il meta-progetto come verifica di fattibilità e di coerenza al contesto od ambito nel quale è previsto un insediamento.

Gli studenti svolgeranno durante il corso tre temi, concordati con i docenti, per i quali siano riconoscibili le suddette "scale d'intervento progettuali".

R 082 0

Consolidamento dei terreni

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 8+5+3 (ore settimanali)

Docente: Daniela Peila

Il corso si propone di fornire una base di conoscenze teoriche ed applicative sui principali metodi di consolidamento e rinforzo dei terreni adoperati nel campo dell'ingegneria geotecnica ed ambientale: terra armata, terra rinforzata con geosintetici, iniezioni, trattamenti colonnari (*jet-grouting* e colonne di ghiaia), addensamento per *tamping* e vibroflottazione, micropali, tiranti, chiodature, dreni verticali ed orizzontali, barriere impermeabili, uso dei geosintetici, congelamento etc.

La trattazione dei singoli argomenti comprende una rassegna delle principali applicazioni, la descrizione dei principi di funzionamento e la esposizione dei metodi di calcolo, nell'ottica di fornire strumenti non solo per la scelta ma anche per l'analisi e la progettazione dei singoli interventi. A questo proposito è dato un ampio spazio alle esercitazioni pratiche in aula, che riguardano la progettazione di alcuni interventi, nonché a visite tecniche guidate in cantiere e ad incontri con operatori del settore.

REQUISITI.

I contenuti di base sono quelli dei corsi di *Geotecnica* e *Meccanica delle rocce*, opportunamente integrati per tenere conto degli aspetti innovativi o specifici delle tecniche considerate.

PROGRAMMA

– *Introduzione al corso.*

Generalità sui metodi di miglioramento e rinforzo dei terreni.

– *Terra armata.*

Applicazioni alla realizzazione di muri e rilevati. Principi di funzionamento. Modalità esecutive. Criteri di progettazione. Il rinforzo con geogriglie.

– *Tiranti, bulloni e chiodi.*

Applicazioni al sostegno di pareti di scavo, al consolidamento di gallerie, alla stabilizzazione di pendii. Tipologie. Tecniche esecutive. Principi di funzionamento. Criteri di calcolo. Prove per il progetto ed il collaudo.

– *Micropali.*

Applicazioni alle sottofondazioni, al sostegno di pareti di scavo, al consolidamento di gallerie, alla stabilizzazione dei pendii. Tipologie. Tecniche esecutive. Comportamento ai carichi assiali e a quelli perpendicolari all'asse. Criteri di calcolo. Prove di controllo.

– *Colonne di ghiaia.*

Applicazioni al miglioramento dei terreni di fondazione. Tecniche esecutive. Principi di funzionamento. Criteri di calcolo. Prove di controllo.

– *Jet-grouting.*

Applicazioni al rinforzo di terreni di fondazione, al sostegno di pareti di scavo, al consolidamento di gallerie, alla impermeabilizzazione degli scavi. Tecniche esecutive. Parametri di influenza. La miscelazione meccanica profonda (*soil mix*); principali differenze con il *jet-grouting*. Prove di controllo.

– *Iniezioni di leganti.*

Applicazioni al miglioramento e alla impermeabilizzazione dei terreni e delle rocce. Diversi tipi di iniezioni e relativi campi di applicazione. Cenni teorici. Prove di controllo.

– *Stabilizzazione di pendii con file di pali accostati.*

Effetto arco tra i pali accostati: la teoria di Ito e Matsui. Calcolo delle spinte sui pali per effetto arco.

– *Chiodatura dei terreni.*

Applicazioni alla stabilizzazione di pareti di scavo, scarpate artificiali e pendii naturali. Principi di funzionamento. Meccanismi di collasso. Criteri di progettazione; il programma di calcolo Prosper.

– *Geosintetici.*

Classificazione dei geosintetici. Campi di applicazione (filtrazione, drenaggio, rinforzo, separazione). Cenni alle problematiche relative al loro uso in campo geotecnico ed ambientale. Prove sui geosintetici.

ESERCITAZIONI

1. Progettazione di un muro in terra armata.
2. Progettazione di un'opera di sostegno intirantata per la stabilizzazione di un pendio in frana
3. Progettazione di un intervento con colonne di ghiaia.
4. Progettazione di una parete di scavo in terreni sciolti stabilizzato con la tecnica della chiodatura dei terreni.
5. Dimensionamento di un intervento di consolidamento di una galleria con *jet-grouting*.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Appunti dalle lezioni.

Testi ausiliari:

M.R. Hausmann, *Engineering principles of ground modification*, McGraw-Hill.

Atti del seminario su Consolidamento dei terreni e delle rocce in posto nell'ingegneria civile, Collegio Ingegneri di Milano e Gruppo Lombardo Italia NordOvest AGI, Stresa, 26-27 maggio 1978.

Van Impe, *Soil improvement techniques and their evolution*, Balkema, Rotterdam, 1989.

R.M. Koerner, *Design with geosynthetics*, Prentice-Hall.

ESAME

Esame orale con preventiva discussione su una relazione di esercitazione.

R 122 0**Dinamica degli inquinanti**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 60+25 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Genon (collab.: Franco Marchese)

Il corso prende in esame, sia da un punto di vista fisico, sia di sua descrizione matematica, l'insieme dei fenomeni che interessano l'evoluzione di una qualunque sostanza, di origine industriale e non, la quale, immessa nell'ambiente naturale, ne modifichi le caratteristiche. Viene verificato l'impatto ambientale degli inquinanti di tipo chimico, con riferimento ai livelli di concentrazione ed alla persistenza nei vari comparti ambientali.

PROGRAMMA

- Generazione di inquinanti e fattori di emissione. [8 ore]
- Diffusione e trasporto di inquinanti aeriformi: modelli stocastici e modelli deterministici. [8 ore]
- Chimica e fotochimica della troposfera: irradiazione solare; cinetica e meccanismi di reazione. [4 ore]
- Fenomeno delle piogge acide, genesi e diffusione. [4 ore]
- Dinamica degli inquinanti immessi in corpi idrici fluenti: autodepurazione; bilancio dell'ossigeno; reazioni chimiche e biochimiche interessanti il carico organico. [6 ore]
- Meccanismi di eutrofizzazione e loro cause. [4 ore]
- Penetrazione di inquinanti in mezzi porosi e semipermeabili; trasporto verso le falde acquifere; reazioni con il terreno. [4 ore]
- Fenomeni di lisciviazione di rifiuti e sostanze residue immessi sul terreno. [4 ore]
- Mineralizzazione; decomposizione; processi legati al compostaggio e all'uso agricolo di sottoprodotti. [4 ore]
- Smaltimento diretto in mare; effetti accidentali; spandimenti. [3 ore]
- Diffusione e persistenza della radioattività. [4 ore]
- Bilanci globali per gli elementi, cicli degli elementi. [5 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono circa 10 ore di misure sperimentali, eseguite a gruppi, di fenomeni di inquinamento ambientale (qualità di corpi idrici, inquinanti aerotrasportati, terreni) e 15 ore di visite ad impianti tecnologici di trattamento.

BIBLIOGRAFIA

Durante le lezioni vengono forniti schemi e dati numerici di riferimento per gli argomenti trattati.

R 136 0**Disciplina giuridica delle
attività tecnico-ingegneristiche**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+1 (ore settimanali)
52+10 (nell'intero periodo)

Docente: Luciano Orusa

Il corso costituisce una forma istituzionale di approccio alle materie giuridiche per i futuri ingegneri. Accanto alle nozioni istituzionali di carattere generale viene però sviluppato un complesso di nozioni specifiche relative alle attività professionali degli ingegneri, raggiungendovi da tali punti un certo approfondimento specialistico.

PROGRAMMA

Il programma comprende le principali nozioni circa i concetti di diritto e di Stato, nonché intorno al diritto di famiglia e a quello delle successioni; in forma più ampia ed approfondita si studiano invece i diritti reali e le obbligazioni (con particolare riferimento al contratto di appalto).

In materia di Società viene esaminata con particolare cura la società per azioni. Analoga attenzione è dedicata ai concetti di marchio, azienda, ditta, invenzione industriale. Viene altresì esaminata la tutela dei diritti, con le nozioni fondamentali circa la giurisdizione civile ordinaria e il regime delle prove.

Particolare attenzione è dedicata alla disciplina del fallimento e delle altre procedure concorsuali. Particolare ampiezza è altresì rivolta agli atti amministrativi, alla tutela nei confronti dell'amministrazione pubblica e alla giustizia amministrativa, all'urbanistica, all'edilizia, alla espropriazione per pubblica utilità, all'esecuzione delle opere pubbliche e all'appalto pubblico.

Circa le specifiche attività professionali degli ingegneri, si esaminano le norme e i principi regolanti la redazione dei progetti edilizi e la loro realizzazione (norme sui cementi armati, norme sulle zone sismiche) ed i principi su cui si basano le responsabilità dell'ingegneria all'interno delle grandi imprese, con particolare riferimento ai danni cagionati dal prodotto.

ESERCITAZIONI

Periti e perizie, responsabilità del progettista e del direttore dei lavori, responsabilità penali dell'ingegnere, norme deontologiche.

BIBLIOGRAFIA

Orusa, *Istituzioni di diritto*, Torino, Giorgio, 1992.

Orusa, Cicala, *Appunti di diritto*, Giorgio, 1991.

È consigliato l'acquisto di un codice civile e di un codice amministrativo.

R 615 0**Economia ed estimo ambientale**

Anno: periodo 4:1

Docente: Giulio Mondini

È obiettivo del corso lo studio dei problemi economici, procedurali e normativi connessi all'intervento sul territorio. Tali problematiche verranno indagate principalmente in riferimento all'analisi di fattibilità del progetto o del piano verificata attraverso metodologie specifiche, sia di carattere "quantitativo" che "qualitativo", a scala edilizia, territoriale e ambientale. All'interno di questo quadro d'insieme, la valutazione economica rappresenta un aspetto preminente di studio.

PROGRAMMA

Sono argomenti del corso i temi relativi alla valutazione dei beni economici, così come sono proposti all'interno di diversi quadri di riferimento: l'economia neoclassica, l'economia del benessere, l'economia ambientale. In particolare, i temi sono così articolati:

- Fondamenti dell'economia ecologica.
- L'approccio microeconomico ai problemi ambientali.
- L'approccio macroeconomico ai problemi ambientali.
- Risorse ambientali e sviluppo sostenibile.
- Ambiente e valori incommensurabili.
- Teorie e tecniche estimative e loro applicazioni.
- Cenni all'analisi *input - output* e sue applicazioni.
- Cenni all'analisi *multicriteria* e sue applicazioni.
- Cenni alle teorie decisionali e loro applicazioni.
- La Valutazione di Impatto Ambientale e sue applicazioni.
- L'*Analytic Hierarchy Process* e sue applicazioni.

BIBLIOGRAFIA

A. Barbanente, G. Mondini, *Riflessioni sulla ricerca : valutazione dei piani e degli interventi edilizi complessi*, in A. Realfonzo, *La valutazione nella pianificazione urbana e regionale*, CNR IRIS, Quaderno n. 8, Bari, 1992.

A. Realfonzo, *Teoria e metodo dell'estimo urbano*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1994.

R. Roscelli (cur.), *Misurare nell'incertezza*, CELID, Torino, 1990.

M. Bresso, *Per un'economia ecologica*, NIS, Roma, 1993.

ESAME

La prova in merito prevede due livelli di verifica: il primo sulla conoscenza dei contenuti dell'insegnamento; il secondo sulla produzione didattica dello studente.

R 165 0**Elementi di geochimica applicata
alla prospezione mineraria**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+3 (ore settimanali)

Docente: Franco Rodeghiero; Gianfranco Olivero

Il corso di propone di fornire un quadro delle possibilità applicative della geochimica, sia per quanto riguarda la ricerca dei minerali utili sia per lo sfruttamento e monitoraggio delle risorse idriche sotterranee. In una prima fase verranno inquadrati i fenomeni giacimentologici, appresi nel corso di *Giacimenti Minerari*, nell'ambito dei larghi segmenti della crosta terrestre, con "impronte" caratteristiche, denominati province geochimiche. Verranno quindi considerati i principi e le metodologie della prospezione geochimica, che viene oggi ad assumere un ruolo importante nella ricerca mineraria, soprattutto per giacimenti a basso tenore e a debole profondità.

La seconda parte del corso tratterà le problematiche inerenti le acque sotterranee, dal punto di vista qualitativo e delle modificazioni indotte nell'affrontare problemi di inquinamento ambientale.

REQUISITI

Chimica, Litologia e geologia o Geologia applicata, Giacimenti Minerari (solo per indirizzo Georisorse)

PROGRAMMA

– *Geochimica generale*

– *Abbondanza degli elementi nella crosta terrestre. [2 ore]*

Periodicità del raggio atomico al crescere del numero atomico. Classificazione geochimica degli elementi. Ipotesi di Goldschmidt. La configurazione elettronica degli elementi in relazione al loro carattere geochimico. Composizione chimica della crosta terrestre. Clarke e fattore di concentrazione. Abbondanza e disponibilità degli elementi. Comportamento geochimico degli elementi nell'ambito della crosta terrestre. Il ciclo geochimico. Ruolo dei costituenti minori nei reticoli cristallini dei minerali principali.

– *Ripartimento e comportamento degli elementi nei processi petrogenetici. Geochimica dei fluidi nei sistemi idrotermali. [3 ore]*

– *Il Ciclo minore. [3 ore]*

Stabilità dei minerali all'alterazione. Serie di Goldich. L'alterazione dei silicati. Fattori che condizionano il comportamento degli elementi nel corso dell'alterazione, del trasporto e della sedimentazione; il potenziale ionico, il pH e il potenziale di ossido-riduzione negli ambienti naturali di sedimentazione; i fenomeni di adsorbimento.

– *I suoli. [1 ora]*

Profilo generale e classificazioni.

– *Cenni di geochimica degli isotopi stabili nelle rocce. [1 ora]*

Frazionamento isotopico del carbonio, dell'ossigeno, dello zolfo, dello stronzio, del piombo.

– *Prospezione geochimica.*

– *Concetti generali.* [6 ore]

Dispersione primaria e dispersione secondaria. Mobilità degli elementi. Caratteristiche degli elementi *pathfinder*. Associazioni di elementi. Caratteri geochemici di una regione in rapporto alla geologia.

Fondo geochemico e anomalie. Anomalie epigenetiche primarie e anomalie secondarie. Modelli di dispersione superficiale: di tipo clastico, idromorfico, biogenico, nei sedimenti fluviali, nei suoli, nei depositi glaciali, nelle acque superficiali e sotterranee.

– *Metodi e fasi della prospezione geochemica.* [4 ore]

Prospezione strategica e tattica. Tipi di campionature: litologica, alluvionale, *stream*, suoli, acqua, gas, flora.

– *Trattamento dei campioni geochemici.* [4 ore]

Preparazione all'analisi, principali metodologie analitiche di uso corrente. Pregi e limiti. Cenni sul trattamento statistico dei dati geochemici e stima delle anomalie.

– *Cartografia geochemica regionale applicata a studi ambientali.* [2 ore]

Inquinamento da metalli nei suoli e nei fiumi; contaminazioni in relazione a coltivazione e trattamento dei minerali.

– *Geochemica delle acque sotterranee*

– *Caratteristiche chimiche delle acque sotterranee.* [16 ore]

Origine ed evoluzione delle acque, “dolci” o variamente mineralizzate; ioni principali presenti in soluzione nelle acque naturali. Cicli geochemici relativi agli ioni principali; possibili “rocce madri” responsabili del chimismo delle acque. Modificazioni subite da un’acqua dolce: modalità di arricchimento e di “invecchiamento” subite dalle acque durante il loro percorso sotterraneo. Lettura ed interpretazione critica di un’analisi chimica di un’acqua: identificazione della *facies* di appartenenza delle acque e rappresentazione della stessa mediante i più diffusi diagrammi qualitativi e quantitativi. Determinazione della qualità di base delle acque sotterranee, necessaria per programmare il corretto sfruttamento ed indirizzamento delle risorse idriche.

– *Geochemica isotopica delle acque sotterranee.* [8 ore]

Impiego degli isotopi naturali, stabili ed instabili, presenti nella molecola d’acqua o nei principali ioni presenti in soluzione. Individuazione dell’altitudine isotopica media di ricarica dei vari acquiferi, e tecniche di datazione assoluta dell’acqua e di valutazione dei vari mescolamenti subiti durante il percorso sotterraneo.

ESERCITAZIONI

Illustrazione di una prospezione geochemica strategica su un’area tipo. Analisi e commento delle varie fasi operative, valutazione delle anomalie.

Illustrazione di una prospezione geochemica tattica (di dettaglio) su un’area indiziata. Analisi e commento delle varie fasi, valutazione dei risultati in funzione delle indagini successive.

Risoluzione guidata di alcuni esercizi riguardanti casi particolarmente significativi di prospezioni geochemiche. [8 ore]

Lettura ed interpretazione di analisi chimiche tratte dalle più significative acque imbottigliate, presenti sul mercato italiano e straniero. tracciamento dei diagrammi di *Piper*, di *Schoeller* e di *D’Amore*. Tracciamento di una carta di qualità di base delle acque sotterranee. [8 ore]

ESERCITAZIONI SUL TERRENO

Visita ad un laboratorio chimico con strumentazione per analisi geochemiche. [4 ore]

Visita sul terreno ad aree particolarmente significative, dove sono state condotte prospezioni geochimiche strategiche e tattiche. Osservazione in sito della situazione geo-giacimentologica delle aree di anomalia e valutazione dei risultati alla luce delle indagini svolte. [16 ore]

Esercitazioni di prospezione alluvionale, con prelievo di campioni in sito, in contesti diversi. Analisi e prima valutazione dei concentrati. [8 ore]

Campionatura e tecniche di analisi preliminare in situ di un'acqua sotterranea. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti e schemi distribuiti durante il corso.

M. Fornaseri, *Lezioni di geochimica*, Veschi, 1989.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

A.W. Rose, H.E. Hawkes, J.S. Webb, *Geochemistry in mineral exploration*, 2nd ed., Academic Press, 1979.

J.B. Chaussier, J. Morer, *Manuel du prospecteur minier*, BRGM, 1981.

B. Devivo, *Elementi e metodi di geochimica ambientale*. Liguori editore, 1995.

R. Gill, *Chemical Fundamentals of Geology (2nd edition)*. Chapman and Hall, 1995.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed un colloquio orale.

- La prova scritta verterà sugli argomenti trattati durante le esercitazioni di geochimica delle acque sotterranee.

- la prova orale includerà tutti gli argomenti teorici esposti nel corso, con particolare riferimento a criteri e scelte da operare nel corso di fasi di prospezioni geochimiche.

R 166 0**Elementi di meccanica
teorica e applicata**

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Nicolò D'Alfio

Il corso si propone di fornire agli studenti i principali elementi teorici e applicativi necessari per la conoscenza e l'identificazione dei sistemi meccanici fondamentali.

Nella prima parte del corso verranno esaminate ed applicate le leggi della cinematica e della dinamica dei corpi rigidi e dei meccanismi. Nella seconda verranno trattati: i fenomeni legati all'attrito; i componenti meccanici ad attrito; i componenti ed i sistemi di trasformazione e trasmissione del moto; i transistori negli accoppiamenti meccanici. Inoltre verranno date le nozioni di base per i sistemi oscillanti e per la lubrificazione.

I vari argomenti saranno trattati secondo un approccio di tipo elementare e con una metodologia prevalentemente grafica.

REQUISITI

Analisi 1, Fisica 1, Geometria.

PROGRAMMA

– *Cinematica.* [18 ore]

Richiami di cinematica del punto, coordinate cartesiane e polari, vari tipi di moto. Rappresentazione vettoriale. Cinematica del corpo rigido, moto traslatorio rettilineo e circolare, moto rotatorio, moto piano generico. Equazione fondamentale della cinematica e teorema di Rivals. Centro di istantanea rotazione. Gradi di libertà, vincoli. Accoppiamenti cinematici tra corpi rigidi, accoppiamenti di forza: camme, ruote su strada. Cinematica dei moti relativi, accelerazione di Coriolis e composizione di moti. Applicazione grafica ai meccanismi e ai paranchi (pulegge, funi).

– *Dinamica.* [20 ore]

Richiami sui sistemi equivalenti di forze, momento di una forza, coppia di forze. Tipi di forze: concentrate e distribuite, reazioni vincolari, forze sviluppate da elementi elastici, da smorzatori e da attuatori oleopneumatici, forze di contatto. Definizione di corpo libero. Condizioni di equilibrio di un sistema, statico o a regime, espresse in forma analitica e grafica. Forze di inerzia, coppie d'inerzia, riduzione delle azioni di inerzia, momenti principali di inerzia. Equazioni cardinali della dinamica e loro applicazioni. Lavoro ed energia, principio di conservazione dell'energia, potenza. Cenni sulla quantità di moto e sul momento della quantità di moto.

– *Attrito.* [6 ore]

Attrito secco. Attrito radente, attrito al perno, condizioni di aderenza. Attrito volvente, condizioni di rotolamento. Potenze dissipate, rendimenti. Condizioni ottimali (limite dell'aderenza) per veicolo in partenza o in frenata.

– *Componenti meccanici ad attrito.* [10 ore]

Contatti estesi, ipotesi dell'usura. Freni a pattino, freni a ceppi con teoria semplificata, freni a disco, accostamento rigido o libero degli elementi frenanti. Freni a nastro. Azioni frenanti e

coppie frenanti. Frizioni piane assiali semplici e a dischi multipli, frizioni coniche, condizioni di innesto.

– *Sistemi di trasformazione e trasmissione del moto.* [10 ore]

Ruote di frizione. Ruote dentate, rapporto di trasmissione, ingranaggi cilindrici a denti dritti ed elicoidali, ingranaggi conici, vite senza fine – ruota elicoidale. Forze scambiate e reazioni vincolari. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Trasmissioni a cinghie piane e dentate. Vite–madrevite, forze scambiate con semplificazione dei cunei equivalenti e condizioni di irreversibilità del moto.

– *Transitori nei sistemi meccanici.* [4 ore]

Accoppiamento diretto motore–carico, accoppiamento motore–carico con riduttore di velocità, accoppiamento motore–carico con innesto a frizione. Sistemi a regime periodico, irregolarità periodica, volani.

– *Vibrazioni lineari a un grado di libertà.* [5 ore]

Vibrazioni libere, rigidità equivalente. Vibrazioni libere smorzate, decadimento logaritmico. Vibrazioni forzate, metodo dei vettori rotanti, fattore di amplificazione, risonanza. Accelerometro.

– *Supporti lubrificati.* [3 ore]

Viscosità, teoria elementare della lubrificazione idrodinamica, pattini e supporti, cenni sulla lubrificazione idrostatica.

ESERCITAZIONI

Consistono nello svolgimento di esercizi relativi a quanto sviluppato nelle lezioni, con particolare riferimento alla risoluzione grafica. Durante le esercitazioni saranno forniti agli studenti degli esercizi da svolgere, la cui soluzione sarà presentata, di massima, la volta successiva. Gli esercizi verteranno su:

1. cinematica dei manovellismi, sistemi di sollevamento e sistemi meccanici; [12 ore]
2. equilibri statici, a regime e dinamici; [12 ore]
3. attrito radente, al perno, volvente; [6 ore]
4. freni e frizioni; [5 ore]
5. ruote dentate, rotismi, vite–madrevite; [4 ore]
6. transitori e sistemi a regime periodico; [3 ore]
7. vibrazioni lineari. [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

C. Ferraresi, T. Raparelli, *Appunti di meccanica applicata*, CLUT, Torino, 1992.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G. Jacazio, B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. 1-2*, Levrotto & Bella, Torino, 1991-92.

J.M. Meriam, L.G. Kraige, *Engineering mechanics. Vol. 1-2*, SI version, Wiley, New York, 1987.

ESAME

In generale l'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezioni ed esercitazioni). In particolare, gli allievi iscritti per la prima volta al corso possono usufruire di una prova scritta durante il corso (in maggio) e una prova orale.

La prova scritta, della durata di circa due ore, è da svolgere senza ausilio di testi o appunti e su fogli vidimati e distribuiti al momento stesso della prova. Essa prevede la risoluzione (grafica e/o analitica) di un certo numero di esercizi, di solito tre, sulla prima parte del programma riguardante: cinematica, equilibri, dinamica.

La prova scritta viene valutata in trentesimi; un risultato positivo (almeno 18/30) permette di sostenere la prova orale specificatamente sulla restante parte del programma.

Il voto finale risulta dalla media dei voti (entrambi positivi) ottenuti nelle due prove.

Il voto positivo della prova scritta rimane acquisito per sostenere la prova orale solo nelle sessioni B e C dell'AA in corso.

Per sostenere la prova orale o l'esame orale è obbligatoria l'iscrizione, almeno due giorni prima dell'appello, nell'apposito foglio esposto nella bacheca del dipartimento di Meccanica (IV piano).

R 206 0**Fisica tecnica**

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)
62+48+10 (nell'intero periodo)

Docente: Carla Lombardi

Il corso è finalizzato:

1. allo studio delle varie modalità delle conversioni termodinamiche diretta ed inversa nonché allo studio termodinamico dell'aria umida connesso al condizionamento dell'aria;
2. all'esame delle circostanze del moto dei fluidi comprimibili ed incompressibili ed al dimensionamento delle reti di distribuzione dell'aria e dei condotti;
3. allo studio delle varie modalità di scambio termico nonché degli ambienti e delle apparecchiature nei quali si attua lo scambio termico;
- 4) alla valutazione del fenomeno acustico in relazione ad interventi di fonoassorbimento e fonoisolamento.

REQUISITI

Analisi I, Analisi II, Fisica I, Fisica II

PROGRAMMA**– Termodinamica**

Definizione di sistema. Trasformazioni reversibili ed irreversibili. Lavoro e calore.

Primo principio della Termodinamica: sistemi chiusi in quiete, in moto, sistemi aperti. Energia interna ed entalpia.

Secondo principio della Termodinamica e principali teoremi che ne conseguono. Scala termodinamica delle temperature. Relazione di Clausius. Entropia. Disuguaglianza di Clausius per trasformazioni irreversibili. Accrescimento dell'entropia. Potenziali termodinamici. Primo principio in forma meccanica; equazione di Bernoulli generalizzata. Definizione di exergia di una forma di energia. Irreversibilità e lavoro perduto. Rendimento del II ordine [10 ore].

Gas ideali e loro proprietà. Rappresentazioni grafiche delle trasformazioni. Trasformazioni politropiche e proprietà dei cicli di 4 politropiche. Trasformazione isoentropica. Cicli diretti per i gas. Cicli rigenerativi e ciclo inverso per i gas. Gas reali ed effetto Joule Thomson [8 ore].

Proprietà dei vapori. Diagramma di Mollier del vapor d'acqua. Ciclo Rankine e ciclo Hirn. Rigenerazione. Cicli inversi per i vapori e loro rappresentazione più appropriata [5 ore]

Psicrometria. Titolo ed entalpia dell'aria umida. Diagramma di Mollier dell'aria umida. Trasformazioni. Condizionamento estivo e invernale [6 ore].

– Moto dei fluidi

Richiami sui tipi di moto di un fluido. Grado di turbolenza ed intensità di turbolenza. Equazione di Bernoulli. Concetto di carico e di perdita di carico. Espressione perdite di carico per moto laminare e turbolento. Diagramma di Moody. Perdite concentrate. Impianti di ventilazione delle gallerie: tipologie di impianto ed esempio di calcolo [4 ore]

– *Trasmissione del calore*

Conduzione, convezione e irraggiamento. Legge di Fourier ed equazione della conduzione. Scambio termico liminare. Conduzione stazionaria. Parete piana mono e multistrato con diverse condizioni al contorno. Coefficiente globale di scambio termico. Analogia elettrica. Utilizzo delle superfici alettate. Tipi di alette. Aletta piana a sezione costante. Efficienza di un'aletta e di un sistema alettato. Resistenza termica di contatto. Parete piana con generazione interna di calore. Conduzione bidimensionale: soluzione analitica in geometria piana. Conduzione non stazionaria: corpo a conducibilità infinita. Metodi numerici per la soluzione dei problemi di conduzione [10 ore].

Convezione naturale e forzata. Coefficiente di scambio termico convettivo: analisi dimensionale ed analogia di Reynolds. Parametri adimensionali caratteristici [2 ore]. Scambio termico radiativo: corpo nero e sue proprietà; scambio tra superfici nere e fattori di forma; superfici grigie; scambio tra superfici grigie [4 ore]. Scambiatori di calore [2 ore].

– *Acustica*

Fenomeno acustico. Definizione delle grandezze acustiche. Suoni puri e suoni complessi. Equazioni dell'onda acustica. Soluzioni nel caso di onda piana e di onda sferica. Sorgenti reali. Psicoacustica. Audiogramma normale. Livelli sonori. Fenomeno del mascheramento. Scale di sensazione. Disturbo e danno. Fonometro. Fenomeni che accompagnano la propagazione. Campo libero e campo riverberato. Tempo di riverberazione. Proprietà fonoassorbenti dei materiali. Attenuazione acustica: legge della massa e legge della frequenza. Frequenze di risonanza e di coincidenza. Pannelli multistrato. [9 ore].

ESERCITAZIONI

1. Analisi dimensionale, sistemi di unità di misura, conversioni. Esercizi I e II principio sistemi chiusi ed aperti. Esercizi sull'entropia. Esercizi su exergia, lavoro ideale di una trasformazione, lavoro perduto [8 ore].
2. Esercizi sui gas ideali. Esercitazione ciclo Joule: rappresentazione ciclo ideale in diagrammi (p,v) e (T,s); calcolo lavori calori e rendimento; ciclo reale; ciclo con compressione frazionata (2 stadi) e inter-refrigerata. Ciclo con rigenerazione. Rendimenti exergetici di compressioni ed espansioni. Esercizi sui cicli a gas [8 ore].
3. Esercitazione ciclo Rankine - Hirn: ciclo ideale, ciclo reale, ciclo reale con spillamenti rigenerativi. Uso del diagramma di Mollier del vapor d'acqua e delle tabelle delle proprietà dell'acqua. Calcolo dei rendimenti globali del I e del II ordine di un impianto a vapore. Perdite al camino e portata di combustibile. Problema dello smaltimento del calore al condensatore. Ciclo inverso a vapore con R-12. Tracciamento ciclo ideale e reale sul diagramma p-h e T-s. Calcolo delle irreversibilità e del rendimento exergetico. Uso delle tabelle delle proprietà del R-12. [8 ore]
4. Esercizi di psicrometria: miscelazione, riscaldamento sensibile. Uso del diagramma di Mollier per l'aria umida. Condizionamento dell'aria: caso estivo ed invernale con esempi numerici. [6 ore].
5. Conduzione in cilindro cavo con condizioni al contorno di temperatura imposta e di scambio termico con un fluido: teoria ed esercizio. Spessore critico

dell'isolante. Esercizi di conduzione stazionaria con e senza generazione interna di calore. Conduzione con generazione in simmetria cilindrica. Aletta anulare. Raffreddamento di un corpo a conducibilità infinita: esercizio [4 ore].

6. Esercizi scambio termico convettivo forzato e naturale. Esercizio di convezione mista su piastra verticale [2 ore].
7. Esercizi di scambio termico radiativo con corpi neri. Irraggiamento fra 3 corpi grigi: metodo dell'analogia elettrica; esercizi con corpi grigi [2 ore].
8. Scambiatori di calore: esercizi di applicazione del metodo ΔT_{lm} ; fattori di temperatura per scambiatori con diverse geometrie di deflusso. Il metodo ϵ - NUT; significato fisico dei parametri. Esercizi applicativi. Tipi di scambiatori. [4 ore].

LABORATORIO

1. Misure psicrometriche: psicrometro di Assmann.
2. Misure su un prototipo di impianto frigorifero.
3. Misure fonometriche.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di Fisica Tecnica*, volume II, Levrotto & Bella, Torino

A. Cavallini, L. Mattarolo, *Termodinamica Applicata*, cleup editore, Padova

A. Sacchi, G. Cagliaris, *Illuminotecnica e Acustica*, UTET, Torino

P. Gregorio, *Esercizi di Fisica Tecnica*, Levrotto & Bella, Torino

P. Anglesio, M. Cali, G.V. Fracastoro, *Esercitazioni di Fisica tecnica*, Celid, Torino

Testi ausiliari

F. Kreith, *Principi di trasmissione del calore*, Liguori Editore, Napoli.

A. Sacchi, G. Cagliaris, E. Capra, *Esercizi di Fisica Tecnica, Parte prima, Illuminotecnica Acustica*, CLUT.

C. Bonacina, A. Cavallini, L. Mattarolo, *Trasmissione del calore*, cleup editore, Padova.

ESAME

L'esame consiste in un compito scritto in cui verrà richiesta la soluzione di alcuni esercizi del genere di quelli svolti ad esercitazione ed in un'interrogazione. Il risultato dello scritto è determinante per l'ammissione all'esame orale.

R 209 0**Fluidodinamica ambientale**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Claudio Cancelli

Materia del corso è la descrizione dei moti naturali dell'atmosfera e delle acque. Elementi costitutivi sono le equazioni fondamentali dei moti di fluido e l'analisi delle loro possibili semplificazioni, i lineamenti della diffusione molecolare e della propagazione per onde, la genesi e l'evoluzione della vorticità, le caratteristiche dei flussi turbolenti – con un particolare riguardo alla loro capacità di dispersione – e la trattazione statistica degli stessi, i venti geostrofici e il moto dell'aria negli strati bassi dell'atmosfera, le teorie di similarità per lo strato limite terrestre.

Le ore di esercitazione sono in parte applicative, in parte di chiarimento sugli aspetti concettualmente più complessi.

PROGRAMMA

- Le equazioni fondamentali dei moti di fluido. [16 ore]
- Propagazione di onde e diffusione molecolare. [8 ore]
- Moti vorticosi: genesi ed evoluzione della vorticità. [8 ore]
- Accenno ai flussi con potenziale di velocità. [4 ore]
- Moti turbolenti: aspetti di caos e ordine, descrizione statistica. [16 ore]
- Dispersione turbolenta: statistica di una classe di traiettorie, il processo di Wiener, il modello diffusivo, proprietà e limiti del modello. [8 ore]
- Venti geostrofici. [4 ore]
- Struttura dello strato limite terrestre; teorie di similarità. [8 ore]

ESERCITAZIONI

1. Calcolo di campi fluidodinamici semplici (sorgente–pozzo, vortice) e di flussi viscosi incompressibili (Couette, Poiseuille). [6 ore]
2. Studio dell'equazione di convezione–diffusione scalare lineare. [4 ore]
3. Analisi di Fourier. [4 ore]
4. Flussi stratificati: equazioni linearizzate. [4 ore]
5. Equazioni di Navier–Stokes mediate per flussi turbolenti. [2 ore]
6. Descrizione delle strutture coerenti presenti nei flussi turbolenti. [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

(Non esiste uno specifico testo di riferimento).

R.S. Scorer, *Environmental aerodynamics*, Ellis Horwood, Chichester, 1978.

D.J. Tritton, *Physical fluid dynamics*, Van Nostrand Reinhold, London, 1980.

R 219 0**Fotogrammetria**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Sergio Dequal (collab.: Fulvio Rinaudo)

Il corso fornisce il necessario approfondimento delle moderne tecniche della fotogrammetria, ad integrazione dei cenni svolti nel corso fondamentale di *Topografia*. Affronta i temi attuali dell'impostazione teorica analitica e digitale, della moderna strumentazione, delle applicazioni nei campi della cartografia, dei sistemi informativi territoriali, del rilievo dell'architettura e delle strutture civili e industriali. Le esercitazioni pratiche di laboratorio mettono l'allievo in grado di eseguire autonomamente operazioni di rilievo e di cogliere gli aspetti applicativi nei diversi settori.

REQUISITI

Corso di *Topografia*.

PROGRAMMA

– *Concetti generali*. [4 ore]

L'uso metrico della fotografia, intesa come prospettiva centrale. Terminologia: stella di direzioni, modello stereoscopico, orientamenti interno ed esterno, comparatori e restitutori, cartografia al tratto e fotografica, immagini digitali e *work-station* fotogrammetrica.

– *Fondamenti analitici*. [8 ore]

Sistemi di riferimento immagine, modello, oggetto. Formule di trasformazione spaziale conforme. Definizione di una direzione nello spazio. Il fotogramma e la stella di direzioni. Tangenti di direzione. Direzione misurata, trasformata, orientata. Matrice di orientamento. Derivate delle tangenti di direzione. Equazioni di collinearità e di complanarità. Soluzione analitica dei problemi fondamentali di orientamento: interno, relativo, assoluto. Orientamento assoluto simultaneo di più modelli: triangolazione aerea con il metodo dei modelli indipendenti. Orientamento assoluto simultaneo di più fotogrammi: triangolazione aerea con il metodo dei fasci proiettivi.

– *La presa fotogrammetrica*. [8 ore]

Orientamento interno. Aspetti fotografici: colori, filtri, processo fotografico in *b/n* e a colori. Definizione dell'immagine fotografica: profondità di campo, diffrazione, risoluzione, contrasto, trascinamento. Le camere fotogrammetriche terrestri: alcuni esempi. Progettazione delle prese terrestri. Camere aeree: caratteristiche, componenti, alcuni esempi. Piano di volo. Aerei per prese fotogrammetriche. Camere digitali: tipi, esempi.

– *La stereo-restituzione*. [6 ore]

Con orientamento esterno noto. Con orientamento esterno incognito: orientamento indipendente simultaneo dei due fotogrammi, orientamento in due fasi (relativo ed assoluto). Superfici critiche, errori nell'orientamento relativo. Procedure di orientamento analogiche ed analitiche.

– *Strumenti di stereo-restituzione*. [12 ore]

Il principio dell'osservazione e della misura stereoscopiche. La barra di parallasse. Stereo- e monocomparatori. Raffinamento delle coordinate-immagine. Effetto della curvatura terrestre. I restitutori analitici universali: principi di funzionamento, esempi. Strumenti

analitici semplificati. La strumentazione analogica: principi ed esempi. Precisione nell'acquisizione dati con stereo-restitutori: in fotogrammetria aerea e terrestre. Alcuni accorgimenti pratici nella presa e nella restituzione.

– *Triangolazione aerea*. [8 ore]

Generalità. Compensazione dei blocchi con il metodo dei modelli indipendenti. Calcolo separato (planimetria ed altimetria) e simultaneo. Precisioni. Metodo dei fasci proiettivi. Relazioni analitiche. Equazioni normali. Incognite e parametri addizionali. Precisioni, vantaggi e svantaggi dei due metodi. Casi speciali: la TA nella fotogrammetria degli oggetti vicini.

– *Ortofotografia*. [6 ore]

Raddrizzamento di un fotogramma: parametri della trasformazione. Uso dei punti di appoggio. Strumenti per il raddrizzamento. Il raddrizzamento differenziale (ortofoto). Principi analitici e di funzionamento della strumentazione. Suggerimenti pratici per la produzione di ortofoto-piani ed ortofoto-carte.

– *La fotogrammetria digitale*. [8 ore]

Definizione di immagine digitale. Acquisizione: camere digitali, *scanner*. Autocorrelazione a *pixel* intero e *sub-pixel* ai minimi quadrati. Orientamento interno e correzione delle deformazioni mediante ricampionamenti. Ortofoto digitali. Strumenti digitali e procedure semi-automatiche di restituzione (DTM, curve di livello). Cenni sugli operatori di interesse e sul riconoscimento delle forme.

LABORATORIO

1. *Laboratorio di fotogrammetria analogica*. [8 ore]

Visione stereoscopica: lo stereoscopio a specchi. Restitutore analogico a proiezione ottica (OMI Photomapper): il principio della ricostruzione del modello stereoscopico. Orientamento relativo ed assoluto.

2. *Esercitazioni di presa*. [8 ore]

Camere da presa metriche, semimetriche, non metriche. Progettazione di prese aeree: piano di volo. Prese terrestri: esecuzione pratica di prese terrestri con camere metriche, semi-metriche e non metriche. Progettazione ed esecuzione delle reti di appoggio.

3. *Laboratorio di fotogrammetria analitica*. [24 ore]

Esercitazione di presa terrestre di edifici e monumenti. Strumenti analitici semplificati: lo *StereoDigit*. Procedure di orientamento interno, relativo ed assoluto. Programmi di restituzione di cartografia numerica. Calibrazione di immagini semi-metriche. Procedure di autocalibrazione con uso di poligono di punti noti. Uso del restitutore universale DigiCart 40.

4. *Laboratorio di CAD cartografico e di fotogrammetria digitale*. [10 ore]

Cartografia numerica: *editing* del *file* di restituzione. Strutturazione dei dati. Elaborazione di immagini digitali: scansione, correzioni mediante ricampionamenti. Procedure elementari di autocorrelazione e restituzione digitale.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

K. Kraus, *Fotogrammetria* (trad. S. Dequal), Levrotto & Bella, Torino, 1994.

Testi per approfondimenti:

Manual of photogrammetry, ASPRS, 1976.

Non topographic photogrammetry, ASPRS, 1989.

ESAME

In un'unica prova, vengono analizzati dapprima gli elaborati di esercitazione (tesina), e poi viene verificato l'apprendimento degli argomenti trattati a lezione.

R 220 0**Fotogrammetria applicata**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Carmelo Sena (collab.: Carlo Alberto Birocco, Guido Malan)

Il corso si inquadra tra le materie a carattere topografico con struttura indipendente ed autosufficiente nei confronti di corsi affini. Offre una panoramica alquanto completa ed aggiornata delle metodologie e delle apparecchiature atte ad ottenere rilievi fotogrammetrici per applicazioni nei campi dell'ingegneria e dell'architettura (dai rilievi cartografici ai rilievi architettonici, archeologici e di manufatti vari). Fornisce le basi operative, con adeguato livello di approfondimento.

REQUISITI

Possibilmente avere sostenuto le materie di base a carattere matematico e la *Topografia*.

PROGRAMMA

- Note storiche: nascita e sviluppo della fotogrammetria. Principali campi di applicazione. Limiti. [2 ore]
- Concetti generali sull'attuale disciplina: principi geometrici ed analitici. Cenni alle matrici di rotazione, nel piano e nello spazio: caso della fotogrammetria aerea e caso della fotogrammetria terrestre. [6 ore]
- Camere fotogrammetriche aeree e terrestri (con cenni alle camere professionali). Tipi e caratteristiche delle ottiche e dei materiali fotografici utilizzabili. [8 ore]
- Calibrazione delle camere fotogrammetriche: vari procedimenti per la determinazione dei parametri dell'orientamento interno (distanza principale, posizione del punto principale rispetto alle marche, distorsione radiale e tangenziale). Calibrazione delle camere professionali: vari metodi. [6 ore]
- Camere per l'acquisizione di immagini digitali: video-camere (in particolare camere CCD); cenno agli *scanner*. Calibrazione delle camere con sensori CCD. [4 ore]
- Orientamento esterno (relativo ed assoluto) di una coppia di fotogrammi stereoscopici. Struttura di un restitutore analogico e di un restitutore analitico. Restitutori semplificati. [4 ore]
- Problema dell'appoggio topografico: procedimenti topografici e di triangolazione aerea. [4 ore]
- Trattazione di problemi di fotogrammetria aerea, con particolare riguardo alla formazione di cartografia a grande e grandissima scala. Progettazione della carta e delle varie operazioni: piano di volo, operazioni di appoggio a terra, triangolazione aerea, strumenti ed organizzazione delle varie fasi, controlli e previsione dei costi Capitolati. Passaggio dal progetto alla realizzazione delle operazioni, con particolare riguardo alla restituzione ed al disegno. Collaudi ed analisi dei costi. [8 ore]
- Trattazione di problemi di *close range photogrammetry*, con particolare riguardo al rilievo di monumenti e di fotogrammetria terrestre. Progettazione ed organizzazione delle operazioni di presa e di appoggio. Strumenti di presa e di restituzione specifici Esempi di applicazione a vari settori dell'ingegneria, dell'architettura, dell'archeologia, della medicina, ecc. [8 ore]

- Raddrizzamento ed ortoproiezione: principi geometrici ed analitici. Ingranditori, raddrizzatori ed ortoproiettori, analitici e digitali. Esempi di applicazione in cartografia e nel rilievo di monumenti. [8 ore]
- Considerazioni sulla fotogrammetria digitale e sulle stazioni di lavoro fotogrammetriche digitali: alcuni esempi. [2 ore]

ESERCITAZIONI

1. Esame ed uso in laboratorio, di alcune strumentazioni di presa fotogrammetrica (*close-range photogrammetry*), quali camere terrestri, camere semimetriche e camere professionali. [4 ore]
2. Camere digitali: composizione di un sistema fotogrammetrico digitale, acquisizione di immagini e generalità sulle immagini digitali. Calibrazione. [4 ore]
3. Concetti per la progettazione di riprese, con vari tipi di camere; scelta di un monumento, sopralluogo e studio delle operazioni di presa. [8 ore]
4. Restitutori analitici: esame delle procedure di orientamento relativo ed assoluto. Utilizzo di strumentazione. [8 ore]
5. Acquisizione in campagna delle riprese fotogrammetriche, sviluppo e stampa. Operazioni di appoggio topografico e sviluppo dei calcoli. [8 ore]
6. Operazioni pratiche di restituzione analitica alla strumentazione, sino a pervenire al prodotto finale, come conclusione dell'operazione di rilievo. [8 ore]
7. Strumentazioni per raddrizzamento ed ortoproiezione: esame ed analisi delle procedure operative. [4 ore]
8. Effettuazione di alcuni programmi di calcolo, per la simulazione di fasi fotogrammetriche fondamentali. [16 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Manual of photogrammetry, American Society of Photogrammetry.

Testi ausiliari:

Handbook of non-topographic photogrammetry, American Society of Photogrammetry.

Kraus, *Fotogrammetria*, Levrotto & Bella, Torino.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale che riguarda domande su argomenti trattati e la discussione di una tesina o di un programma di calcolo, sviluppati dallo studente.

R 228 1**Geologia applicata (ambientale)**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docenti: Massimo Civita, Gianfranco Olivero, Bartolomeo Vigna

Il corso fornisce le necessarie nozioni propedeutiche alla geologia applicata all'ambiente ed al territorio (litologia, stratigrafia, geologia strutturale, geomorfologia, rilevamento). Su tale piattaforma vengono, quindi, sviluppati gli argomenti prettamente tecnico-ingegneristici relativi all'esplorazione del sottosuolo, al miglioramento delle caratteristiche tecniche delle rocce, ai problemi di progettazione e di impatto di strade e invasi artificiali. Un'ampia parte del corso è dedicata ai problemi di interconnessione delle attività antropiche con le acque sotterranee, ai movimenti di massa ed ai grandi rischi geologici (pianificazione delle catastrofi, protezione civile, difesa dell'ambiente e delle sue risorse).

REQUISITI

Le materie propedeutiche principali sono: *Chimica, Fisica, topografia, Idraulica.*

PROGRAMMA

– *Richiami di geologia generale e strutturale.* [16 ore]

Struttura della Terra, litosfera e mantello; tettonica a zolle; rocce ignee: genesi, composizione, classificazione; vulcanismo, rocce effusive e piroclastiche; subduzione e metamorfismo; rocce metamorfiche: genesi, classificazione; rocce sedimentarie: genesi, classificazione; struttura geologica dell'Italia; tettonica: pieghe e faglie, stili tettonici.

– *Evoluzione geomorfologica e fisiografia del territorio.* [4 ore]

Interazioni tra geodinamica interna, geodinamica esterna e trasformazioni antropiche dell'ambiente; azione morfologica delle acque incanalate, dei ghiacciai, del mare; della gravità, del vento; trasporto solido; i grandi rischi geo-ambientali.

– *Cartografia tematica integrata dei fattori fisiografico-ambientali.* [4 ore]

Schema di cartografia tematica geologico-ambientale a livello regionale e locale; i GIS ed il loro impiego interattivo con le banche dati.

– *Tecniche e metodi di rilevamento e telerilevamento.* [4 ore]

Rilevamento geologico-tecnico in campagna, sopralluoghi, misure; telerilevamento tradizionale: aerofotointerpretazione, supporti, coperture; telerilevamento con sensori da aereo e da satellite: bande, operazioni tra bande, interpretazione geologico-tecniche.

– *Esplorazione geologica del sottosuolo.* [10 ore]

Tecniche invasive e non invasive; perforazioni geognostiche: metodi a percussione a cavo e ad aste, circolazione di fango diretta e inversa, metodi a percussione e roto-percussione, tipi di attrezzatura, punte di perforazione, rivestimenti provvisori e definitivi, manovre, avanzamento, carotaggio, campionamento; utilizzazione delle perforazioni nei diversi settori ingegneristici; presentazione dei dati; indagini geofisiche: tipologie, esecuzione, controllo e interpretazione dei rilievi geo-elettrici, geo-sismici ed elettromagnetici; presentazione dei dati; utilizzazione delle indagini geofisiche nei diversi settori ingegneristici.

– *Sfruttamento e salvaguardia delle risorse idriche sotterranee.* [12 ore]

Ciclo idrogeologico e risorsa idrica; caratterizzazione idrogeologica delle rocce; principali parametri idrogeologici; modello concettuale di acquifero; complessi, strutture

idrogeologiche, acquiferi; le sorgenti: tipologia, classificazione metodo di studio, modellizzazione, progettazione delle opere di captazione, salvaguardia; i pozzi: costruzione, prove, progettazione di campi-pozzi; salvaguardia; il rischio d'inquinamento degli acquiferi.

– *Problemi geologico-tecnici della dinamica dei versanti.* [12 ore]

I movimenti di massa: fenomeni di intensa erosione e frane *p.d.*: classificazione, identificazione, cause predisponenti, cause scatenanti, velocità, verifica di stabilità; il rischio di frana.

– *Problemi geologico-tecnici delle infrastrutture di collegamento.* [4 ore]

Generalità, problematiche comuni a strade, ferrovie, condotti, canalizzazioni; i tre livelli di progettazione; scelta del tracciato, prospezioni puntuali. Impatto ambientale delle vie di comunicazione: previsione e prevenzione; le infrastrutture dell'ambiente urbano e degli insediamenti industriali. Impatto ambientale sull'ambiente costruito e abitato: previsione e prevenzione.

– *Problemi geologico-tecnici dell'utilizzo del sottosuolo.* [4 ore]

Gallerie, miniere e grandi scavi in sotterraneo: problemi geologici e idrogeologici di progettazione e realizzazione; impatto sulle risorse idriche sotterranee e sul soprassuolo: previsione e prevenzione.

– *Problemi geologico-tecnici connessi con la realizzazione degli invasi artificiali.* [6 ore]

Tipologie delle dighe; studio dei problemi geologici e idrogeologici dell'invaso, durata dell'invaso, interrimento, interventi; il caso Vajont; studio dei problemi geologici e tecnici della struttura di sbarramento; *test* geomeccanici e idrogeologici, schermi di iniezioni; opere di derivazione.

ESERCITAZIONI

Normalmente, le esercitazioni prevedono lo sviluppo pratico degli argomenti trattati a lezione. Non ci sono, volutamente, nette separazioni tra lezioni ed esercitazioni ed anche il numero di ore destinate a esse varia in funzione del calendario effettivo delle lezioni. Gli argomenti svolti nelle esercitazioni sono, pertanto:

1. Esame macroscopico e riconoscimento delle rocce ignee, piroclastiche, metamorfiche e sedimentarie, interpretazione delle carte geologiche, metodo di tracciamento delle sezioni geologiche analisi granulometriche, classifiche AGI e MIT, interpretazione. [12 ore]
2. Prove di laboratorio su campioni di rocce sciolte, semicoerenti e coerenti, prove di durezza. [4 ore]
3. Stabilità dei fronti di scavo, interventi preventivi e correttivi dei fenomeni di intensa erosione e delle frane. [6 ore]
4. Consolidamenti e miglioramenti delle caratteristiche fisico-meccaniche di rocce sciolte, semi coerenti e lapidee. [6 ore]
5. Prove *in situ* geomeccaniche e idrogeologiche. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

F. Ippolito, P. Nicotera, P. Lucini, M. Civita, R. de Riso, *Geologia tecnica*, 5. ed., ISEDI - UTET, Torino, 1975.

Testi ausiliari:

M. Civita, *Classificazione tecnica e identificazione pratica dei movimenti franosi*, Levrotto & Bella, Torino.

F. Calvino, *Lezioni di litologia applicata*, CEDAM, Padova.

G. Olivero, *Carte e sezioni geologiche : teorie ed esercizi*. (In preparazione).

J.I. Platt, *A series of elementary exercises upon geological maps*, 3rd ed., Murby, London.

ESAME

L'esame si basa su una prova scritta con domande predeterminate e due interrogazioni orali diverse, una delle quali imperniata sul riconoscimento delle rocce. La prova scritta viene effettuata alla metà circa del corso e vale come esonero per l'intero anno accademico. Essa può venire ripetuta, a richiesta, una sola volta per sessione di esami e cancella il voto precedentemente ottenuto. La prova ripetuta non dà più diritto all'esonero e rimane valida per la sola sessione nella quale viene sostenuta. È ammesso sostenere la prova scritta in un appello e l'orale in un altro ma sempre all'interno della stessa sessione d'esami (A, B o C).

R 228 2**Geologia applicata (tecnica)**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Giannantonio Bottino

La prima parte del corso riguarda la definizione di alcuni aspetti fondamentali di mineralogia, la classificazione e descrizione dei principali litotipi ed una rassegna dei principali fenomeni geologici; tutti questi argomenti, pur se trattati in estrema sintesi, sono da considerarsi fondamentali per la comprensione dei successivi argomenti applicativi.

La seconda parte illustra in maniera dettagliata i principali argomenti che fanno capo agli aspetti applicativi delle scienze geologiche. Essa comprende: l'analisi delle tecniche di esame del sottosuolo; metodologia di rilevamento e redazione di carte geologiche e tecniche; caratterizzazione tecnica e tecnologica di rocce e terreni: aspetti fondamentali di idrogeologia volti sia alla caratterizzazione della risorsa acqua e sia alla descrizione della interrelazione acqua – terreno; problematiche connesse alla messa a discarica di vari tipi di rifiuti; classificazione, studio e metodi di controllo di fenomeni di dissesto, sia connessi con la dinamica dei versanti che legati ad eventi di tipo alluvionale; metodologia di valutazione del rischio, per quanto concerne fenomeni franosi e sismici; aspetti geoapplicativi connessi alla progettazione e costruzione di dighe, strade e ferrovie, fondazioni.

PROGRAMMA

– *Elementi di mineralogia.* [2 lezioni]

Caratteristiche fisico-chimiche dei principali minerali costituenti essenziali delle rocce.

Metodi di studio: riconoscimento microscopico e diffattometrico ai raggi X.

Processi genetici, diagenesi, alterazione.

– *Elementi di petrografia applicata.* [5 lez.]

Caratteristiche fisico-chimiche delle rocce in funzione della mineralogia, genesi, struttura e tessitura.

Principali caratteristiche tecniche delle rocce.

Prove di laboratorio per la caratterizzazione tecnica e tecnologica delle rocce.

Prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica di terreni e rocce sciolte.

Classificazione, caratteristiche mineralogiche, tessiturali e strutturali delle rocce magmatiche, sedimentarie e metamorfiche.

Idoneità dei vari litotipi ad essere impiegati come pietre ornamentali ed in vari campi dell'industria.

– *Elementi di geologia.* [3 lez.]

Geodinamica interna, teoria della tettonica a zolle, fenomeni magmatici, elementi per la valutazione del rischio vulcanico.

Geodinamica esterna, modellamento morfologico legato all'azione eolica, dei ghiacciai e delle acque.

Ambienti sedimentari, definizione di sequenza di *facies* sedimentarie.

Geometria e caratteristiche fisiche dei corpi sedimentari (strati, lenti, banchi).

Suddivisioni stratigrafiche, cicli sedimentari, cronologia geologica.

Elementi di tettonica: pieghe, faglie, sovrascorrimenti e discordanze angolari.

– *Indagini geologico-tecniche.* [4 lez.]

Metodologia per il rilevamento e la redazione di carte geologiche e tematiche.

Aereofotointerpretazione e *remote sensing* applicati all'analisi geologica e morfologica del territorio.

Rilevamento strutturale delle discontinuità degli ammassi rocciosi.

Sondaggi meccanici e prove *in situ* (Lugeon, penetrometriche e pressiometriche).

Applicazioni di alcuni metodi di indagine geofisica alla prospezione geognostica.

– *Fondamenti di idrogeologia applicata*. [6 lez.]

Porosità, permeabilità, acqua capillare, pellicolare e gravifica; legge di Darcy.

Bilancio idrogeologico, struttura idrogeologica.

Geometria della falda, vari tipi di falda in funzione delle caratteristiche geologicostrutturali e morfologiche.

Classificazione delle sorgenti in funzione della struttura idrogeologica e della portata.

Metodi di rilevamento di dati idrogeologici; stesura di carte idrogeologiche.

Tipi di opere di captazione di sorgenti; emungimento di una falda tramite pozzi.

Rischi connessi con lo sfruttamento delle risorse idriche: subsidenza ed inquinamento delle falde; elaborazione di carte della vulnerabilità.

Sistemi di protezione delle sorgenti e dei pozzi; valutazione delle aree di rispetto.

Aspetti normativi e costruttivi di impianti per la messa a discarica di rifiuti di vario tipo; sistemi di controllo delle dispersioni di sostanze tossiche e di interventi di disinquinamento.

– *Problematiche geoapplicative connesse alla stabilità dei pendii*. [9 lez.]

Fenomeni di intensa erosione in funzione delle caratteristiche geolitologiche, morfologiche e climatiche.

Fattori predisponenti e cause scatenanti dei fenomeni franosi.

Classificazione delle frane in funzione delle caratteristiche morfologiche, litologiche e del tipo di cinematismo.

Fenomeni franosi particolari: *creeping*, deformazioni gravitative profonde, paleofrane.

Metodi di studio di frane ed elaborazione dei dati rilevati; cartografia geologico-tecnica della franosità.

Metodologia per la valutazione del rischio in aree potenzialmente franose.

Criteri per la progettazione e tipologie di interventi preventivi ed a bonifica di fenomeni franosi.

– *Cenni su fenomeni connessi ad eventi alluvionali*. [3 lez.]

Cenni di dinamica fluviale: portata e trasporto solido in funzione delle caratteristiche geomorfologiche e degli eventi meteorici.

Misure di prevenzione del rischio connesso con le piene fluviali e tipologie di interventi sui corsi d'acqua.

Sistemi di studio e controllo di colate detritiche; metodi di stabilizzazione di conoidi alluvionali.

– *Aspetti geoapplicativi connessi con la progettazione di opere di ingegneria*. [5 lez.]

Interazione fra il terreno di fondazione ed i vari tipi di strutture; valutazione della capacità portante dei terreni.

Criteri di scelta dei diversi tipi di fondazione in funzione delle caratteristiche dei terreni; fondazioni su pendii instabili.

Elementi geologici che intervengono nella valutazione del rischio sismico; effetti che il sisma può indurre sulle fondazioni.

Tipi di diga in rapporto alle caratteristiche morfologiche e geologiche del sito.

Valutazione dell'idoneità di un bacino di ritenuta riguardo alle condizioni idrogeologiche ed alla stabilità dei versanti.

Aspetti geologico-tecnici connessi con lo studio e la progettazione di un tracciato stradale e ferroviario.

Valutazione dell'impatto di grandi ingegneristiche relativamente agli geologici e geomorfologici dell'ambiente.

ESERCITAZIONI

1. Analisi e riconoscimento macroscopico di campioni di rocce di vario tipo.
2. esercitazioni]
3. Esame ed interpretazione di carte geologiche e tecniche; elaborazione di profili geologici interpretativi. [4 eserc.]
4. Elaborazione di dati geologici e geognostici per la stesura di una relazione tecnica relativa ad un progetto di massima di un tracciato stradale ed un intervento a bonifica di fenomeni franosi. [4 eserc.]
5. Visite tecniche, sul terreno, per l'esame di fenomeni franosi con relativi interventi a bonifica, di aree interessate da eventi alluvionali e di sorgenti con relativi problemi di captazione. [3-4 intere giornate di escursione]

BIBLIOGRAFIA

Copia degli acetati presentati nelle lezioni sarà distribuita durante il corso.

Testi per approfondimenti:

A. Desio, *Geologia applicata all'ingegneria*, Hoepli.

J. Letourneur, *Géologie du Génie Civil*, Colin.

F. Ippolito F. [et al.], *Geologia tecnica per ingegneri e geologi*, ISEDI.

P.H. Rahn, *Engineering geology*, Elsevier.

ESAME

La prova di esame verrà svolta oralmente e verterà tutti gli argomenti trattati durante il corso.

Nell'ambito della prova verranno discussi gli elaborati che ogni allievo avrà svolto durante l'anno e verrà altresì richiesto il riconoscimento e la descrizione di campioni di rocce.

R 228 3**Geologia applicata (territoriale)**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Giampiero Barisone

Il corso fornisce agli allievi le nozioni propedeutiche di mineralogia, litologia e geologia indispensabili per una buona comprensione della geologia applicata all'ingegneria. Vengono poi affrontati, sia pure a livello generale, argomenti prettamente tecnico-ingegneristici, come la caratterizzazione geomeccanica delle rocce tramite prove di laboratorio e *in situ*, l'impiego dei metodi geofisici, la tecnica dei sondaggi e delle perforazioni, il miglioramento *in situ* di rocce e terreni, la geologia applicata alle fondazioni, l'idrogeologia, i problemi di geologia applicata relativi alle grandi infrastrutture (strade, ferrovie, invasi artificiali, ecc.). Particolare rilievo è dato ai problemi connessi con la stabilità dei versanti ed alle implicazioni geologico-tecniche nella pianificazione ed uso del territorio.

PROGRAMMA

- Struttura del globo terrestre; cenni di geodinamica (tettonica a zolle, geodinamica interna ed esterna) e di geologia strutturale (pieghe e faglie); cronologia geologica assoluta e relativa. [4 ore]
- Principali minerali costituenti le rocce. [4 ore]
- Genesi e classificazione delle rocce; processi geomorfologici; carte geologiche. [2 ore]
- Caratteristiche fisiche e meccaniche di rocce e terreni; prove di laboratorio relative. [4 ore]
- Rocce magmatiche: litotipi principali, composizione e caratteristiche. [2 ore]
- Rocce sedimentarie: litotipi principali, composizione e caratteristiche. [2 ore]
- Rocce metamorfiche: litotipi principali, composizione e caratteristiche. [2 ore]
- Principali impieghi delle rocce nelle costruzioni e requisiti richiesti. [2 ore]
- Rilevamento geologico tradizionale e strutturale; uso delle foto aeree e da satellite. [2 ore]
- Esplorazione geologico-tecnica del sottosuolo: indagini geofisiche; sondaggi meccanici; prove *in situ*. [4 ore]
- Miglioramento *in situ* di rocce e terreni. [6 ore]
- Metodi di scavo in rocce e terreni. [2 ore]
- Problemi geologico-tecnici relativi alle fondazioni; scelta delle tipologie di fondazione in funzione delle caratteristiche della struttura e dei terreni. [8 ore]
- Nozioni di idrogeologia: caratteristiche degli acquiferi in mezzi porosi e in mezzi fratturati. Falde acquifere, sorgenti e relative opere di presa. Aspetti geo-applicativi legati allo sfruttamento ed ai possibili inquinamenti (discariche, ecc.). [8 ore]
- Problemi geologico-tecnici nella progettazione delle grandi strutture di collegamento (strade, ferrovie, canali); scavi e rilevati; valutazione dell'impatto ambientale. [4 ore]
- Studio e classificazione dei fenomeni franosi (frane da crollo, scivolamenti planari e rotazionali, ribaltamenti, colamenti, ecc.); interventi a prevenzione e bonifica (attivi e passivi; drenaggi, metodi di rinforzo delle masse rocciose, interventi di protezione indiretta, ecc.); la stabilità dei versanti nella pianificazione territoriale (indagini, redazione ed uso di carte tematiche specifiche, ecc.). [14 ore]
- I contributi della geologia applicata alla pianificazione territoriale ad un corretto uso del territorio: carte tematiche e problematiche sismiche, idrologiche e relative all'inquinamento (discariche, ecc.). [8 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni che si svolgeranno in aula saranno dedicate alla illustrazione di rocce ed alla presentazione di casi reali relativi alle varie problematiche esaminate durante le lezioni. [30 ore]

ESERCITAZIONI SUL TERRENO (facoltative)

Sono previste un'esercitazione sul terreno (in Torino) per l'esame di rocce da costruzione e da decorazione poste in opera, e tre "viaggi di istruzione" (due di un giorno, uno di 2-3 giorni), anch'essi ovviamente facoltativi e subordinati alla messa a disposizione dei relativi contributi da parte della Facoltà.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

F. Ippolito, P. Nicotera, P. Lucini, M. Civita, R. De Riso, *Geologia tecnica*, ISEDI - Petrini, Torino.

M. Civita, *Classificazione tecnica e identificazione pratica dei movimenti franosi*, Levrotto & Bella, Torino.

Testi ausiliari:

P. Colombo P., *Elementi di geotecnica*, Zanichelli, Bologna.

A. Desio, *Geologia applicata all'ingegneria*, Hoepli, Milano.

G. Filliat, *La pratique des sols et fondations*, Moniteur, Paris.

R 241 4**Gestione delle aziende estrattive (r)**

(Corso ridotto)

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+1 (ore settimanali)
40+10 (nell'intero periodo)

Docente: Mario Pinzari

Si tratta di un corso monografico sulla gestione delle imprese estrattive di roccia ornamentale. L'Italia è la nazione *leader* del settore a livello mondiale, sia nella produzione che nella lavorazione dei marmi, nonché nella costruzione di macchine operative ed utensili specifiche. Obiettivo del corso, stante la limitatezza dello spazio didattico riservato, è mettere a disposizione degli allievi il percorso logico con le relative procedure di calcolo e valutazione per la gestione tecnica dell'impresa estrattiva.

PROGRAMMA**1. La produzione mondiale delle rocce ornamentali. [1 ora]**

Paesi produttori ed utilizzatori; flussi *import export* (quantità e tipologie commerciali); aspetti logistici e politici. Evoluzione della struttura di produzione e lavorazione nel mondo.

2. Normative. [2 ore]

Classificazione merceologica dei marmi; la contrattazione internazionale e le normative di riferimento; legislazione diretta ed indiretta dello stato e delle regioni; documentazione amministrativa e progettuale, competenze amministrative ed *iter* autorizzativo della coltivazione.

3. I giacimenti. [5 ore]

Giacimento tecnico ed economico, disponibilità e proprietà, forma e dimensioni, rapporto con la morfologia, giacimento utile, coperture ed intercalari sterili. Giacimenti massivi e stratificati stato di fratturazione (discontinuità fisiche e potenziali, forma delle discontinuità, giaciture e famiglie, spaziature reali ed apparenti, tecniche di rilievo e modellizzazione), stato di qualità (litotipo classico, difetti di colore di massa e puntuali, difetti tecnici di massa e puntuali). Esempi di giacimenti importanti. Indicatori sintetici di calore: spaziatura media, parametro strutturale, indicatori fisici di massa.

4. La coltivazione e la lavorazione. [5 ore]

Cava e complesso estrattivo. Tipologia delle cave, metodi di coltivazione (splateamento su uno o più gradoni, fette verticali, grandi bancate e gradino basso), gerarchia dei volumi e spazi operativi (piazzali, gradoni rampe, piste, fronti), apertura delle cave e delle platee. Schema dei tagli principali e secondari, ritaglio. Tecnologie e tecniche di coltivazione (cenni sulle principali tecniche di taglio e movimentazione). Segherie e laboratori (schemi funzionali e principali tecnologie e tecniche di lavorazione).

5. I prodotti di cava, di segheria e di laboratorio. [5 ore]

Classificazione dei blocchi (blocchi da telaio, *standard*, sottomisura ed informi, caratteristiche tecniche, dimensionali, estetiche). Prodotti di segheria e laboratorio. Criteri e convenzioni per la valutazione dei prodotti. Prodotti di scarto di cava e di lavorazione.

6. Organizzazione e gestione della produzione. [5 ore]

Tecniche di programmazione dei lavori. PERT: attività elementari, connessioni, reticolo, e calcolo. Ciclo elementare di produzione. RSL, produttività tipica delle risorse e delle attività, risorse e catene, produttività della catena di risorse. Spazi funzionali delle attività.

7. Dimensionamento delle cave e produttività. [5 ore]

Catena degli spazi funzionali e produttività, dimensionamento del cantiere e della cava, produttività della cava. Pianificazione della coltivazione e piano di produzione.

8. *La resa in blocchi*. [1 ora]

Resa in volume e valore. Metodi di valutazione: indici sintetici e resa, calcolo diretto. Modellizzazione del giacimento: stato di fratturazione e stato di qualità. Simulazione della coltivazione: schemi di taglio al monte e valutazione delle alternative. Metodi di ottimizzazione per la simulazione del ritaglio e del calcolo della resa in blocchi (valore, guadagno e volumi).

9. *Politica produttiva d'impresa*. [2 ore]

Resa ed obiettivi produttivi. Struttura e processi di verticalizzazione. Costi diretti ed indiretti.

ESERCITAZIONI

Vengono trattati i punti 6, 7, ed 8. Per gli argomenti di cui al punto 8 vengono utilizzati *software* specifici.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Dispense fornite dal docente.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Articoli distribuiti dal docente.

R 248 0**Giacimenti minerali**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+4 (ore settimanali)

Docente: Franco Rodeghiero

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base sulle principali caratteristiche (forma, giacitura, mineralogia e contesto geologico) di corpi minerali di minerali metallici e minerali industriali e sui giacimenti di idrocarburi. Queste conoscenze possono essere utili durante l'applicazione delle metodologie di ricerca, valutazione e coltivazione dei giacimenti. Le esercitazioni saranno rivolte soprattutto all'osservazione dei fenomeni *in loco* sul terreno, al riconoscimento pratico di campioni di minerali utili e allo studio di cartografie tematiche.

REQUISITI

Chimica, Mineralogia e petrografia, Litologia e geologia.

PROGRAMMA

- *Concetti generali.* [2 ore] Minerali metallici e minerali industriali. Ganga. Corpo minerario, tenore, *cut-off*. Riserve e risorse.
- *I corpi minerali secondo la forma, la giacitura e i rapporti con la roccia incassante.* [6 ore] Parametri giaciturali. Corpi discordanti con forma regolare. Corpi discordanti di forma irregolare. Corpi concordanti in rocce sedimentarie, vulcaniche e metamorfiche.
- *Tessiture dei minerali metallici e di ganga.* [4 ore] Da riempimento di spazi vuoti; da sostituzione. Forma, dimensione, disposizione e grana dei cristalli.
- *Sequenze paragenetiche e zonaltà dei corpi.* [2 ore] Zoning epigenetico idrotermale, singenetico idrotermale, singenetico sedimentario. Scala dei fenomeni.
- *Alterazione della roccia incassante.* [2 ore] Effetti chimici. Tipi di trasformazioni mineralogiche. Influenza della roccia incassante.
- *Metodologie di studio dei giacimenti.* [4 ore] Inclusioni fluide. Geotermometri e geobarometri. Isotopi stabili. La campionatura. La microscopia in luce riflessa. Le analisi chimiche. Le carte geologiche e le carte metallogeniche; loro finalità e utilizzo.
Principali processi genetici dei giacimenti:
- *Processi crostali interni.* [6 ore] Depositi magmatici; depositi idrotermali; depositi metamorfici. Descrizione di alcuni esempi italiani ed esteri.
- *Processi superficiali.* [10 ore] Depositi esalativo-sedimentari (*sedex*); depositi sedimentari alloctoni; depositi sedimentari autoctoni; depositi residuali; depositi di arricchimento supergenico; depositi stratiformi legati a rocce sedimentarie; depositi a metalli di base legati agli strati, ospitati in rocce carbonatiche. Descrizione di alcuni esempi italiani ed esteri.
- *Cenni di geologia degli idrocarburi.* [4 ore]
Composizione degli idrocarburi naturali. Origine e formazione del petrolio, migrazione e accumulo degli idrocarburi. Rocce madri, rocce serbatoio, rocce di copertura. Tipi di trappole. Esempi di situazioni geologiche in campi petroliferi italiani ed esteri.
- *Cenni sulla distribuzione delle province metallogeniche e la tettonica delle placche.* [2 ore]

ESERCITAZIONI IN LABORATORIO. [20 ore]

1. Metodologie di studio in luce riflessa. Preparazione dei provini per microscopio. [2 ore]
2. Lettura e discussione di carte metallogeniche e minerarie regionali. [6 ore]
3. Lettura e discussione di articoli in inglese e/o francese, trattati da riviste scientifiche di argomento giacimentologico. Analisi e confronti delle terminologie. [2 ore]
4. Osservazione, descrizione e riconoscimento di campioni mineralizzati di interesse minerario su collezioni didattiche. [10 ore]

ESERCITAZIONI FUORI SEDE. [36 ore]

Costituiscono una parte non secondaria del corso e, eventualmente, integrate con viaggi d'istruzione di più giorni, sono rivolte ad acquisire direttamente sul terreno la conoscenza dei caratteri fisici, geologici e mineralogici di corpi minerari e a sviluppare la sensibilità delle grandi geometrie di porzioni rocciose mineralizzate (coltivate o potenzialmente oggetto di coltivazione mineraria) nella loro estensione tridimensionale.

1. Esempi di giacimenti magmatici, disseminati e massivi.
2. Esempi di giacimenti idrotermali filoniani.
3. Esempi di giacimenti idrotermali, disseminati e a *stockwork*.
4. Esempi di giacimenti stratiformi e *strata-bound*, legati a sequenze sedimentarie.
5. Esempi di rocce madri bituminose: i *black shales*.
6. Esempi di giacimenti metamorfici: depositi di talco.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti e schemi distribuiti durante il corso.

A. Evans, *Ore geology and industrial minerals : an introduction*, 3rd ed., Blackwell, Oxford, 1993.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Colin J. Dixon, *Atlas of economic mineral deposits*, Chapman and Hall, London, 1979.

P. Zuffardi, *Giacimentologia e prospezione mineraria*, Pitagora, Bologna, 1986.

Memoria illustrativa della Carta mineraria d'Italia, Serv. Geol. d'Italia, Roma, 1975.

P.W. Harben, R.L. Bates, *Geology of the nonmetallics*, Metal Bulletin Inc., New York, 1984.

P. Nicolini, *Gitologie et exploration minière*, Lavoisier, Paris, 1990.

ESAME

Prova pratica di riconoscimento campioni mineralizzati. Lettura e interpretazione di carte metallogeniche. Domanda di teoria e sulle esercitazioni eseguite sul terreno.

R 250 0**Idraulica ambientale**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Luca Ridolfi

Il corso si propone di fornire tutte quelle nozioni che non possono trovare spazio nel corso di Idraulica di base e negli altri corsi delle materie idrauliche fondamentali per gli indirizzi Ambiente e Difesa del suolo. Il programma comprende argomenti di idraulica fluviale, idraulica marittima e di diffusione e dispersione di inquinanti nei corsi d'acqua superficiali e sotterranei.

PROGRAMMA

– *Idraulica delle correnti a pelo libero.* [20 ore]

Equazione di De Saint Venant; moto uniforme: leggi di resistenza, progetto e verifica di canali; stato critico; moto permanente: tracciamento dei profili del pelo libero, risoluzione numerica, risalto idraulico, casi particolari, misure di portata; moto vario: caso di resistenze d'onda, caso di onde di traslazione con fronte frangente (onde di shock), esempi; cenni di integrazione numerica delle equazioni di De Saint Venant; roll waves.

– *Trasporto solido nei corsi d'acqua.* [16 ore]

Generalità; caratteristiche fisiche e idrauliche dei sedimenti; individuazione del moto incipiente: velocità critica e tensione critica; teoria di Shields; effetto della sommersione; valutazione del trasporto solido di fondo; equazione della diffusione e trasporto solido in sospensione; trasporto solido totale.

– *Resistenza al moto nei corsi d'acqua.* [10 ore]

Classificazione dei corsi d'acqua naturali secondo il tipo di resistenza dominante; morfologia degli alvei fluviali; valutazione dell'indice di resistenza secondo diversi approcci; alvei montani.

– *Morfologia fluviale.* [12 ore]

Classificazioni; regime di un corso d'acqua; meandri; leggi empiriche; cenni di sistemazioni fluviali; misure di velocità e di portata solida; minimo deflusso vitale; cenni sui debris-flow; geometria delle reti idrauliche: rapporti geomorfologici.

– *Diffusione e dispersione di inquinanti nei corsi d'acqua.* [14 ore]

Generalità; equazione della diffusione molecolare; equazione della diffusione turbolenta (teoria di Taylor e di Batchelor); dispersione per effetto di shear; applicazione ai corsi d'acqua: dispersione trasversale e longitudinale, esempi.

– *Modelli idraulici.* [4 ore]

Modelli idraulici a fondo fisso e a fondo mobile.

– *Cenni sull'idrodinamica dei laghi.* [6 ore]

Importanza dei gradienti termici; effetto del moto ondoso; correnti di ingresso e in uscita; sesse.

– *Moto nei mezzi porosi.* [12 ore]

Inquadramento del fenomeno; equazioni del moto; cenni sulle soluzioni analitiche e numeriche; equazione di diffusione-convezione-dispersione; cenni sulla natura del tensore di dispersione; simulazione mediante metodo random-walk; esempi applicativi.

– *Moto ondoso*. [16 ore]

Onde di gravità regolari: onde di Airy, onde di Stokes ai vari ordini di approssimazione, onde cnoidali; frangimento; riflessione; rifrazione; diffrazione; predisposizione del piano delle onde.

– *Processi costieri*. [10 ore]

Correnti litoranee; trasporto solido; modellamento delle coste.

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni, che avranno carattere talora applicativo talora teorico, verranno trattati e approfonditi gli argomenti svolti a lezione.

BIBLIOGRAFIA

E. Marchi & A. Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.

W.H. Graf, *Hydraulics of sediment transport*, McGraw-Hill, 1971.

P. Jansen et al., *Principles of river engineering*, Pitman, 1979.

H.B. Fischer et al., *Mixing in Inland and Coastal Waters*, Academic Press, 1979.

F. de Marsily, *Groundwater*, Academic Press, 1989.

S.R. Massel, *Hydrodynamics of coastal zones*, Elsevier, 1989.

Durante il corso saranno distribuite dispense redatte dal docente.

ESAME

L'esame é di tipo tradizionale, orale, e verterà sugli argomenti svolti a lezione nonché sugli elaborati delle esercitazioni.

R 253 0**Idrogeologia applicata**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docenti: Massimo Civita, Gianfranco Olivero, Bartolomeo Vigna

L'idrogeologia applicata è una moderna disciplina policomposita, le cui solide basi matematiche poggiano sulle scienze della Terra e sulle discipline idrauliche, laddove l'edificio culturale è costituito da metodologie integrate, di tipo quantitativo, comuni ad altre discipline ingegneristiche (geotecnica, geomeccanica, geognostica, geofisica, geochemica, fluidodinamica, idrologia, meteorologia, ecc.). Gli obiettivi di questa disciplina comprendono lo studio delle acque sotterranee come risorsa primaria rinnovabile, la quantizzazione e la definizione della qualità di essa su base territoriale e finalizzata alle diverse utenze idrorichiedenti, la sua vulnerabilità all'inquinamento ed al depauperamento quantitativo, la progettazione dello sfruttamento razionale di essa; la previsione delle interazioni tra acque del sottosuolo e le trasformazioni naturali entropiche dell'ambiente; la progettazione dei relativi interventi di protezione e recupero.

REQUISITI

Le materie propedeutiche principali sono *geologia applicata, idraulica, chimica, idrologia tecnica*.

PROGRAMMA

– *I sistemi idrologico-idrogeologici e la dinamica globale delle acque.* [2 ore]

Approccio sistemico "scatola nera" allo studio dei diversi ambienti idrici interconnessi (bacino imbrifero, bacino idrogeologico, acquiferi); processi ricarica – discarica; concetto di risorsa idrica, bilancio globale.

– *Genesi, distribuzione delle acque sotterranee e caratteristiche idrogeologiche delle rocce.* [8 ore]

Porosità totale, volume rappresentativo elementare; modello concettuale di un corpo idrico sotterraneo; permeabilità assoluta, trasmissività, coefficiente di immagazzinamento, porosità utile, diffusività, gradiente idraulico; velocità delle acque sotterranee e dispersione cinematica; permeabilità relativa, identificazione dei complessi idrogeologici.

– *Sistemi idrogeologici semplici e complessi.* [6 ore]

Geometria delle strutture idrogeologiche; tipi di acquiferi, elementi idrostrutturali e condizioni al contorno; strutture idrogeologiche a livello continentale, regionale, comprensoriale e locale; sistemi complessi; interazione tra sistemi idrogeologici e con le acque superficiali.

– *Rilevamenti, prospezioni e misure idrogeologiche.* [8 ore]

Supporti topografici, cartografia numerica, preparazione di *database* per l'uso dei GIS (Geographical Information System); fonti di informazioni sul territorio; metodologie di approccio e di rilevamento idrogeologico a seconda della geomorfologia dell'ambiente-obiettivo; concetti di prospezione, censimento, misura e monitoraggio; applicazioni del telerilevamento all'idrogeologia; apparecchiature, metodi e tecniche di rilevamento piezometrico; per le misure di portata; per la misura della velocità e della direzione del flusso sotterraneo; per la stima delle grandezze idrometeorologiche; per la identificazione idrogeochimica e qualitativa delle acque sotterranee.

– *Ricostruzione e morfologia della superficie piezometrica degli acquiferi.* [4 ore]

Metodi di costruzione dei reticoli di flusso e interpretazione "per parti"; le principali configurazioni ed il loro significato; analisi quantitativa e valutazione delle portate sotterranee.

– *Le captazioni verticali (pozzi) e le prove in situ sugli acquiferi.* [14 ore]

Ubicazione corretta, metodi di scavo e condizionamento dei pozzi; scelta del tipo, della lunghezza e della posizione dei tubi-filtro; autosviluppo, espurgo; problemi di impatto causato da pozzi malcostruiti o abbandonati; tipi di prova (prove di pozzo, SDT; prove di acquifero, APT; prove multiscopo, MPAT; prove puntuali su piezometri); scelta del sito, preparazione del pozzo pilota, organizzazione e strumentazione delle prove; esecuzione delle prove; idrodinamica degli acquiferi sotto pompaggio (modelli in regime stazionario ed in regime transitorio); interpretazione delle prove di pozzo (curva caratteristica, efficienza, portata critica, portata di esercizio); interpretazione delle prove di acquifero (calcolo della trasmissività, conducibilità idraulica e del coefficiente di immagazzinamento, acquiferi ideali, liberi, semiconfinati, con drenaggio ritardato, ecc.); calcolo del raggio del cono di depressione; progettazione di un campo-pozzi; uso dei pozzi per il controllo temporaneo in corso d'opera, per i sistemi di *dewatering* e per il recupero di acquiferi inquinati; delineazione delle aree di salvaguardia delle captazioni per pozzi.

– *Studio e captazione delle sorgenti normali.* [12 ore]

Classificazione gestionale e idrogeologica delle sorgenti; idrodinamica degli acquiferi alimentanti una sorgente; studio dell'area di alimentazione e dell'area di emergenza; strumentazione delle emergenze; riserve regolatrici, riserve geologiche; la risorsa sorgiva: valutazione modellistica sulla base della curva di svuotamento dei sistemi; calcolo dei volumi immagazzinati, tasso di rinnovamento, tempo di sostentamento, tempo di rinnovamento, etc.; le opere di presa normali e speciali; due casi di studio completo di grandi sorgenti italiane; delineazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sorgive.

– *Elementi di idrogeochimica e qualità delle acque sotterranee.* [4 ore]

Le analisi idrogeochimiche di *routine*; elaborazione delle analisi, rapporti ionici caratteristici; *facies* chimica; qualità di base e qualità finalizzata; diagrammi interpretativi e cartografia della qualità.

– *Previsione e prevenzione dell'inquinamento delle acque sotterranee.* [6 ore]

Genesi, tipologie e meccanismi d'inquinamento; fonti puntuali e diffuse; la capacità di attenuazione dell'insaturo e del suolo; diffusione molecolare e cinematica, diluizione; il concetto di vulnerabilità degli acquiferi; il "rischio" di inquinamento: previsione e prevenzione su aree estese; le reti di monitoraggio; interventi di recupero ambientale e di acquiferi vulnerati.

– *Cartografia tematica idrogeologica.* [6 ore]

Rappresentazione di situazioni idrogeologiche e situazioni di impatto, carte idrogeologiche, idrochimiche, carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento; cartografia tematica tradizionale e cartografia numerica (GIS).

ESERCITAZIONI

Normalmente, le esercitazioni prevedono lo sviluppo pratico degli argomenti trattati a lezione. Non ci sono, volutamente, nette separazioni tra lezioni ed esercitazioni ed anche il numero di ore destinate a esse varia in funzione del calendario effettivo delle lezioni. Gli argomenti svolti nelle esercitazioni sono, pertanto: identificazione dei limiti di una struttura

idrogeologica reale, redazione della carta idrogeologica, calcolo del bilancio idrogeologico inverso mediante modello numerico; tracciamento del reticolo di flusso di un acquifero reale a partire da dati piezometrici; interpretazione di prove di pozzo e di acquifero; elaborazione di dati idrogeochimici. [45 ore, in totale]

Nei limiti del possibile, verranno svolte 2-3 escursioni didattiche con durata giornaliera. [12-18 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Attualmente nessuno. Nel corso di lezioni ed esercitazioni viene preventivamente distribuito un corposo materiale iconografico ed illustrativo che viene facilmente integrato dagli allievi. Per alcune parti del programma, vengono fornite dispense.

Testi ausiliari:

M. Civita, *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento : teoria e pratica*, Pitagora, Bologna, 1994.

P. Celico, *Prospezioni idrogeologiche. Vol. I e II*, Liguori, Napoli, 1986.

C.W. Fetter, *Applied hydrogeology*, 3rd ed., Macmillan, New York, 1994.

ESAME

L'esame si basa su due interrogazioni diverse ed ha come riferimento i testi scritti e gli elaborati delle esercitazioni che devono essere consegnate al titolare del corso all'inizio di ogni appello.

R 262 5**Impianti dell'industria di processo +
Tecnica della sicurezza ambientale**

(Corso integrato)

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)
60+36 (nell'intero periodo)

Docenti: Mario Patrucco, Vito Specchia (collab.: Guido Saracco, Giancarlo Carosso)

Il corso ha lo scopo di illustrare la struttura tecnologica di base di un qualunque insediamento industriale, dalla quale possano derivare fenomeni di impatto ambientale sia momentanei sia continui, ed inoltre di descrivere le metodologie con cui può diventare possibile definire procedimenti e mezzi, tecnici ed organizzativi, atti a raggiungere obiettivi di sicurezza negli impianti produttivi, nei confronti dei lavoratori e della collettività.

PROGRAMMA**Impianti dell'industria di processo**

– *Stabilimento industriale*: organizzazione e logistica; struttura, servizi generali (centrale termica; distribuzione acqua, centrale frigorifera; produzione di aria compressa; acqua di raffreddamento) e reti di distribuzione; servizi ausiliari (movimentazione e stoccaggio materie prime e prodotti; manutenzione); infrastrutture (impianto antincendio; fognature ed impianti di trattamento effluenti). [10 ore]

– *Operazioni fondamentali nell'industria di processo*

Comminuzione; formazione di aerosol; gorgogliamento di gas in liquidi; miscelazione (miscelatori statici e per paste; tini agitati). [2 ore]

Processi di separazione fra due fasi: separazioni solido / solido (vagliatura; separazione eolica; separazione ad umido; separazione magnetica); separazioni liquido / gas (snebbiamento o demistaggio); separazioni solido / gas (separatori meccanici; lavatori ad umido). [4 ore]

Sedimentazione; flottazione; filtrazione; centrifugazione. [2 ore]

Trasporto dei fluidi: pompe e compressori; eiettori; pompe ad anello liquido. [2 ore]

Scambio di calore: scambiatori *shell-and-tube*, a piastre; a spirale; a lamelle. [2 ore]

Operazioni di scambio di materia: assorbimento; adsorbimento; lisciviazione; scambio ionico; estrazione liquido / liquido. [4 ore]

Operazioni di scambio simultaneo di calore e materia: distillazione; condizionamento; concentrazione per evaporazione; cristallizzazione; essiccamento. [3 ore]

– *Trattamento degli effluenti gassosi*: abbattimento degli ossidi di zolfo e di azoto; impianti di incenerimento. [2 ore]

– *Trattamento degli effluenti liquidi*: trattamenti biologici (fanghi attivi; filtri percolatori; biodischi; nitrificazione e denitrificazione; rimozione del fosforo; digestione anaerobica); ozonazione; processi a membrana semipermeabile; trattamenti di tipo chimico (ossidazione dei cianuri; riduzione del cromo esavalente). [4 ore]

– *Trattamento dei fanghi*: ispessimento; stabilizzazione; disidratazione; riscaldamento sotto pressione; ossidazione ad umido; incenerimento. [1 ora]

Tecnica della sicurezza ambientale

– *Sicurezza: definizione del problema nei suoi diversi aspetti*: sicurezza del lavoro (antinfortunistica, igiene del lavoro, ergonomia e psicologia del lavoro), [4 ore]

sicurezza nei confronti di terzi. [2 ore]

- *Condizioni di sicurezza di un sistema*: affidabilità, rischio e criteri di individuazione del livello di sicurezza. [2 ore]
- *tecniche di valutazione del rischio*; [4 ore]
- *tecniche di contenimento del rischio*. [2 ore]
- *Aspetti normativi in materia di sicurezza del lavoro e qualità ambientale*: norme nazionali e disposti comunitari. [3 ore]
- *Inquinanti*: limiti tecnici, principi di rilevamento e riduzione; [2 ore]
- significato del controllo strumentale. [2 ore]
- *Emissioni ed immissioni nell'ambiente esterno*: tecniche di rilevamento e principi di contenimento. [2 ore]

ESERCITAZIONI

Vengono illustrati alla lavagna, anche con la partecipazione diretta degli allievi, esempi sia di dimensionamento di apparecchiature e di progettazione degli impianti illustrati a lezione, sia di procedure viste nel corso delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA

Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotocopie messe a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le lezioni stesse.

R 266 1**Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (ore settimanali)

Docente: Fulvia Chiampo

Il corso si occupa delle tecnologie e dei processi utilizzati per il trattamento degli effluenti aeriformi e dello smaltimento dei rifiuti solidi e dei fanghi. Il programma è pertanto indirizzato agli aspetti impiantistici e processistici sia costruttivi che gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento e della legislazione vigente.

PROGRAMMA*– Inquinamento dell'aria*

Principali classi di inquinanti. Legislazione relativa all'inquinamento atmosferico. Inquinamento atmosferico in ambienti di lavoro. Inquinamento da odori e tecnologie di trattamento. Biofiltri. [4 ore]

Apparecchiature per la depolverazione a secco: camere a gravità, separatori ad urto e inerziali, cicloni, separatori dinamici, filtri a maniche, separatori elettrostatici. [6 ore]

Apparecchiature per la depolverazione ad umido: cicloni, camere a *spray*, torri a riempimento, lavatori a Venturi e ad ciettore. [4 ore]

Apparecchiature per la separazione del particolato liquido, di gas e di vapori. [4 ore]

Incenerimento diretto, termico, catalitico. [2 ore]

Processi per la rimozione di NO_x e SO_x . [4 ore]

Microinquinanti organici clorurati. [2 ore]

– Smaltimento dei rifiuti solidi

Legislazione vigente. Inceneritori per rifiuti solidi urbani e industriali. Pirolisi. [6 ore]

Discariche controllate. Produzione di biogas e di percolato da discariche per RSU. [6 ore]

Trattamenti di stabilizzazione-solidificazione per rifiuti tossico-nocivi. [2 ore]

Compostaggio. Apparecchiature per il trattamento dei rifiuti solidi: trituratori, separatori, trasportatori. [4 ore]

Riciclaggio e recupero di RSU: carta e cartone, vetro, alluminio, plastica, materiali metallici, pneumatici. Produzione di RDF. [8 ore]

Bonifiche di siti contaminati. Valutazione di Impatto Ambientale. [6 ore]

ESERCITAZIONI

1. Calcoli relativi al dimensionamento di apparecchiature per il trattamento degli effluenti inquinanti gassosi. [8 ore]

2. Calcolo di un camino. [4 ore]

3. Calcolo relativo ad una discarica per RSU (durata, produzione di biogas, produzione di percolato, etc.). [4 ore]

Sono previste visite presso discariche consortili per RSU, impianti di compostaggio, impianti per il trattamento di rifiuti solidi industriali. Tali visite sono parte integrante del corso.

BIBLIOGRAFIA

R.M. Bethea, *Air pollution control technology : an engineering analysis point of view*, Reinhold, 1978.

G. Tchobanoglous, H. Theisen, S.A. Vigil, *Integrated solid waste management*, McGraw-Hill, 1993.

R 266 2**Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)
50+50 (nell'intero periodo)

Docente: Vito Specchia

Il corso si occupa dei processi e delle tecnologie usate per il trattamento degli effluenti liquidi e sviluppa gli aspetti costruttivi e gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento. Sono considerate inoltre le possibilità di inquinamento secondario derivante dalle operazioni di depurazione, nonché le implicazioni economiche connesse con le tecnologie di trattamento.

PROGRAMMA

Caratteristiche chimico-fisico-biologiche dell'acqua naturale; parametri di inquinamento: effetti ecotossicologici e sulla salute umana; legislazione italiana; disciplina per la definizione dei limiti di accettabilità degli scarichi. [6 ore]

Potere di autodepurazione dei corsi d'acqua; eutrofizzazione. [2 ore]

Acqua primaria: tipi; consumi industriali. Acqua per generatori di vapore; acqua addolcita; acqua demineralizzata; dissalazione dell'acqua. [5 ore]

Produzione di acqua per uso idropotabile. [2 ore]

Pretrattamenti degli effluenti liquidi: grigliatura; disoleatura; dissabbiatura; sollevamento; polmonazione; equalizzazione. [4 ore]

Trattamenti primari degli effluenti liquidi: correzione del pH; sedimentazione; coagulazione-flocculazione; flottazione. [4 ore]

– *Trattamenti secondari degli effluenti liquidi.* [19 ore, in totale]

Trattamenti biologici: cenni di biologia applicata; [2 ore]

ossidazione aerobica mediante impianti a fanghi attivi, filtri percolatori, biodischi, letti annegati e letti fluidizzati; [8 ore]

nitrificazione-denitrificazione e rimozione biologica del fosforo; [3 ore]

digestione anaerobica. [4 ore]

Trattamenti chimici: ossidazione dei cianuri; riduzione del cromo esavalente; abbattimento del mercurio. [2 ore]

Trattamenti terziari degli effluenti liquidi: adsorbimento; filtrazione con letti a sabbia; sterilizzazione; ozonazione; processi a membrana semipermeabile. [5 ore]

Trattamenti dei fanghi: ispessimento; disidratazione; riscaldamento; ossidazione ad umido; incenerimento; messa a dimora in discarica. [3 ore]

ESERCITAZIONI

Vengono illustrati alla lavagna, anche con la partecipazione diretta degli allievi, esempi di dimensionamento di apparecchiature e di progettazione degli impianti di trattamento illustrati a lezione; ciò anche ai fini della preparazione della prova scritta di esame.

BIBLIOGRAFIA

Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotocopie messe a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le lezioni stesse. Possibili letture sono:

L. Masotti, *Depurazione delle acque : tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*, Calderini, Bologna, 1987.

H.S. Azad, *Industrial pollution control handhook*, McGraw-Hill, New York, 1971.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale, la seconda va sostenuta immediatamente dopo la prima. Durante la prova scritta non è consentito consultare alcun testo né appunti (tutte le informazioni tecniche ed i dati necessari per lo svolgimento sono forniti nel testo d'esame). L'ammissione alla prova orale richiede il raggiungimento della sufficienza nella prova scritta. La prova orale consta di due distinte domande sugli argomenti sviluppati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Il voto finale è pari alla media della valutazione sia dello scritto, sia delle due domande orali.

R 268 0**Impianti e cantieri viari**

Anno:periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Guido Caposio (collab.: Gianfranco Boffa)

Il corso è rivolto agli studenti che propendono per un indirizzo di tipo applicativo. Al fine di un esame sistematico e di approfondimento sui temi del settore, vengono sviluppati quegli aspetti e problematiche del processo produttivo comuni a tutti i cantieri per la realizzazione di infrastrutture viarie (stradali, ferroviarie, aeroportuali).

Tali aspetti e problematiche si possono inquadrare in quattro tipologie di base: leggi e norme, gestione, materiali, sistemi operativi. La trattazione della materia inoltre fa sempre specifico riferimento ai contratti del settore, nonché agli aspetti finanziari ed economici.

REQUISITI

Scienza delle costruzioni, Tecnica delle costruzioni, Costruzione di strade, ferrovie, aeroporti.

PROGRAMMA

Introduzione al corso. [2 ore]

Il programma e lo svolgimento delle lezioni, delle esercitazioni e degli esami.

Tesi di laurea e le visite in cantiere.

Le figure responsabili del processo produttivo nelle varie fasi: di finanziamento, progettuali, costruttive, di verifica e collaudo.

Modelli di organizzazione razionale del lavoro. [10 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

La simulazione dell'esecuzione con le tecniche lineari.

La simulazione dell'esecuzione con le tecniche reticolari (metodo deterministico e statistico) attraverso lo sviluppo delle fasi di pianificazione e programmazione:

- analisi del progetto, scomposizione in sottoprogetti, pacchetti di lavoro, attività;
- studio dei vincoli;
- rappresentazione grafica della rete e numerazione del reticolo;
- calcolo della durata delle attività in base a risorse tecniche illimitate; calcolo del reticol(eventi,attività, scorrimenti);
- determinazione dei percorsi critici, sub-critici, ipercritici;
- decisioni.

Ottimizzazione delle risorse tecniche: confronto tra le risorse (materiali, manodopera, sistemi operativi) programmate e le risorse disponibili con e/o bilanciamento delle stesse (eliminazione delle anomalie).

Traduzione in date calendario e lancio delle attività.

Livelli di simulazione.

Controllo dell'attuazione del piano, uso degli scorrimenti.

Decisioni e operatività in aree ipercritiche.

Ottimizzazione delle risorse economiche. [4 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Il costo dell'opera attraverso l'analisi dei prezzi.

Il piano finanziario.

Il flusso di cassa preventivo.

La scoperta finanziaria e bilanciamento delle risorse economiche.

La redditività dell'investimento o la valutazione dei costi / benefici.

Il pagamento del prezzo dell'opera.

Il confronto tra bilancio a preventivo e bilancio a consuntivo.

I materiali da costruzione: il cantiere del calcestruzzo cementizio. [12 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Tipologie e caratteristiche primarie del calcestruzzo cementizio (cls) (resistenza, lavorabilità, durabilità, economicità).

Tipologie e caratteristiche di accettazione dei materiali costituenti: leganti cementizi aggregati, acqua, additivi.

Progetto (mix design) delle ricette di cls, con ottimizzazione mediata di una o più caratteristiche primarie:

- curve granulometriche ideali di massima densità;
- definizione della curva granulometrica reale a scarto minimo dalla curva ideale (attraverso il metodo del semplice);
- determinazione delle percentuali in massa degli aggregati;
- determinazione della massa dell'acqua (di presa, di bagnatura, di saturazione) in base al contenuto di umidità degli aggregati;
- determinazione delle masse degli aggregati e dei volumi occupati dagli stessi nel volume unitario di cls finito.

I controlli sul prodotto fresco:

- prelevamento di campioni di cls fresco e finito in cantiere;
- preparazione, stagionatura, forma e dimensioni dei provini di cls;
- determinazione del quantitativo di cemento, della granulometria e della consistenza.

I controlli sul prodotto finito (prove distruttive, semi-distruttive, non distruttive):

- prove di compressione;
- determinazione della resistenza caratteristica;
- il metodo combinato Sonreb (velocità degli ultrasuoni e indice di rimbalzo dello sclerometro);
- la prova di estrazione;
- la prova di carico con valutazione preventiva del grado di vincolo della struttura.

Il cls preconfezionato.

Gli impianti per aggregati e per il cls.

- Impianti di estrazione, selezione e accumulo degli aggregati;
- impianti di produzione del cls;
- mezzi di trasporto e di distribuzione del cls.

Il laboratorio di cantiere.

L'analisi di prezzo del volume unitario di cls.

I materiali da costruzione: il cantiere del conglomerato bituminoso. [12 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Pacchetto multistrato della sovrastruttura stradale: funzioni degli strati, classificazione, caratteristiche reologiche e prestazionali delle miscele (dati di progetto).

Tipologie e caratteristiche di accettazione (fisiche, fisico-chimiche, meccaniche, granulometriche e geometriche) dei materiali costituenti: leganti bituminosi, aggregati, filler, additivi.

Progetto (mix design) delle miscele in prima approssimazione.

- Scelta del tipo di bitume e di aggregato;

- curve granulometriche ideali di massima densità fuso granulometrico, curva granulometrica
 - ideale (con numero vuoti residui opportuni);
 - determinazione della curva granulometrica reale;
 - determinazione della percentuale di legante con il metodo dei vuoti e della superficie specifica;
 - determinazione della massa delle singole classi di aggregato e bitume;
- Impasti di prova.

Controllo delle ipotesi progettuali.

Progettazione in seconda approssimazione (metodo di ottimizzazione Marshall).

Gli impianti per i conglomerati bituminosi.

- Tipologie, componentistica e funzionamento degli impianti di produzione;
- mezzi di trasporto, per la stesa e la compattazione;

Controlli e il laboratorio di cantiere.

La manutenzione delle infrastrutture viarie.

L'analisi di prezzo del volume unitario di conglomerato bituminoso.

Macchine da cantiere e sistemi operativi. [10 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Classificazione per operazione e funzione delle macchine da cantiere per infrastrutture viarie.

Scelta del sistema operativo ottimale.

Produttività e minimo costo di produzione nel tempo disponibile da programma lavori.

Costi orari fissi e di esercizio.

Ammortamento; interessi, assicurazioni e tasse carburante, lubrificanti e olii, filtri, riparazioni;

operatore; valore residuo;

Produzione oraria delle macchine ed impianti:

apripista, caricatori, escavatori idraulici, livellatrici, ruspe, compattatori, mezzi di trasporto; mezzi e impianti di sollevamento;

Uso dei "*performance handbook*" delle macchine movimento terra.

Analisi di prezzo unitario del movimento di terra.

La pratica amministrativa e contabile per la condotta delle opere pubbliche. [4 ore]

Aspetti legislativi.

Modalità di esecuzione di un'opera pubblica (o.p.).

Modi di scelta del contraente.

La formazione e la esecuzione del contratto.

La risoluzione delle controversie.

La prevenzione infortuni. [4 ore]

Aspetti legislativi.

I piani di sicurezza.

Le responsabilità in cantiere degli attori del processo produttivo.

Gli enti di controllo.

ESERCITAZIONI

Molte esercitazioni richiedono l'uso di elaboratore PC. Le esercitazioni vengono sviluppate da gruppi di lavoro costituiti da 4-5 allievi.

Progetto di mescole di conglomerato cementizio di massima densità. [12 ore]

Prova di carico e collaudo statico. [8 ore]

Organizzazione di un cantiere con la tecnica PERT comprensiva dell'ottimizzazione delle risorse (manodopera, sistemi operativi). [18 ore]
 Studio di un'offerta con verifica dei prezzi. [8 ore]
 Progetto di mescole di conglomerato bituminoso. [8 ore]
 Contabilità lavori. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Il docente mette a disposizione degli studenti una copia dei seguenti documenti:

dispense sui principali argomenti del corso;

leggi, normative, regolamenti di riferimento;

fotocopia di tutti i traslucidi proiettati durante il corso delle lezioni.

Testi per approfondimenti:

G.M. Golinelli, *Il PERT, una nuova tecnica di pianificazione e controllo dei programmi di lavoro* (Collana CRESME), Giuffrè, Milano.

M. Collepardi, *Scienza e tecnologia del calcestruzzo*, Hoepli, Milano.

G. Tesoriere, *Strade, ferrovie, aeroporti*, UTET.

P. Ferrari, F. Giannini, *Ingegneria stradale*, ISEDI.

Caterpillar Tractor Co., *Caterpillar performance handbook*.

Fiat Hitachi SpA, *Fiat Hitachi performance handbook*, stampato da Grafica Dessì, Torino.

A. Valentineti, *La pratica amministrativa e contabile nella condotta di opere pubbliche*, Vannini, Brescia.

O. Mainetti, *Guida pratica delle opere pubbliche*, Hoepli, Milano.

A. Cianfione, *L'appalto di opere pubbliche*, Giuffrè, Milano.

ANCE, *Codice usuale dei lavori pubblici*, EdilStampa, Roma.

F. Rossi, F. Salvi, *Manuale di ingegneria civile*, Cremonese, Roma.

ESAME

Gli argomenti d'esame si atterranno alla materia trattata durante lo svolgimento delle lezioni ed esercitazioni. Durante l'anno ciascuna esercitazione verrà valutata.

Il giudizio verrà dunque espresso in base al voto di media delle esercitazioni (peso 1/3) e dal voto di interrogazione orale (durata di 30-45 minuti). La valutazione terrà conto principalmente della maturità "professionale" conseguita sui vari argomenti del corso.

R 613 4**Impianti minerari (r)**

(Corso ridotto)

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+1+1 (ore settimanali)
45+10+10 (nell'intero periodo)

Docente: Giulio Gecchele

Scopo del corso è di fornire metodologie per un corretto progetto ed esercizio delle macchine e degli impianti utilizzati nell'industria estrattiva o nei lavori civili in genere. È quindi analizzato l'impiego di fonti di energia diverse da quella elettrica e vengono trattati gli impianti di trasporto, il microclima nell'ambiente di lavoro, l'eduzione delle acque, l'illuminazione dei lavori sotterranei ed a giorno. Il corso si svolge attraverso lezioni, esercitazioni, laboratori, visite di istruzione ed un tirocinio pratico (facoltativo).

PROGRAMMA

- Tipi di energia non elettrica. Aria compressa, energia meccanica, comandi idraulici.
- Trasporti. Elementi costruttivi, criteri di impiego degli impianti di trasporto continuo, su rotaia e su ruote gommate.
- Ventilazione. Microclima dell'ambiente di lavoro, fattori inquinanti, impianti di ventilazione.
- Eduzione. Difesa dalle acque nei cantieri, impianti di eduazione.
- Illuminazione. Criteri di progettazione e di gestione degli impianti di illuminazione dei cantieri.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni vertono sull'applicazione specifica della materia svolta a lezione e sull'analisi in aula e sul posto di impianti installati.

LABORATORI

I laboratori vertono sulla misura delle caratteristiche dei vari impianti.

R 280 0**Impianti speciali idraulici**

Anno: periodo 5:1/2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Marcello Schiara

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per la progettazione degli impianti di irrigazione e di drenaggio dei terreni. Sono parte del corso le reti di distribuzione dell'acqua, sia a superficie libera che in pressione, e gli apparecchi per la misura e la regolazione di portate e livelli.

REQUISITI

Idraulica.

PROGRAMMA

– *Parte prima.* [8 ore]

La prima parte del corso è introduttiva e riguarda gli elementi di pedologia del terreno agrario, di movimento dell'acqua nel terreno non-saturo e di fisiologia delle piante.

Gli elementi fondamentali: proprietà fisiche del terreno agrario.

La statica e la dinamica della fase liquida nel terreno non-saturo.

Il movimento dell'acqua nel terreno non-saturo: equazioni del moto, infiltrazione. Elementi di fisiologia delle piante.

– *Parte seconda.* [8 ore]

La seconda parte è volta a definire i fabbisogni idrici colturali, attraverso il concetto di evapotraspirazione potenziale di riferimento, e quindi il calendario di distribuzione irrigua.

I fabbisogni idrici colturali: evapotraspirazione potenziale di riferimento, metodi di Doorenbos e Pruitt, coefficienti colturali.

Il calendario irriguo: bilancio idrico del terreno, calendario flessibile a domanda, calendario rigido.

– *Parte terza.* [16 ore]

La terza parte sviluppa in dettaglio le modalità con cui l'acqua irrigua può essere distribuita alle colture.

I metodi di irrigazione: per scorrimento, per sommersione, per aspersione, goccia a goccia.

– *Parte quarta.* [16 ore]

La quarta parte riguarda la progettazione delle reti di distribuzione dell'acqua irrigua nei comprensori, reti che possono essere in pressione oppure a superficie libera. La trattazione relativa alle opere di regolazione e misura delle acque vi è sviluppata in dettaglio così come la modellistica delle reti.

Le reti di distribuzione in pressione: dimensionamento, verifica e simulazione di funzionamento con metodi numerici, misura delle portate e delle pressioni con apparecchi registratori.

Le reti di distribuzione a superficie libera: dimensionamento dei canali, regime di moto nella rete e sua simulazione di funzionamento con algoritmi computerizzati.

Le strutture idrauliche per la misura e la regolazione delle acque irrigue.

– *Parte quinta.* [8 ore]

La quinta parte sviluppa teoria e metodi di drenaggio delle acque dai terreni agrari.

Il drenaggio dei terreni: sue funzioni in ambito irriguo, sistemi di drenaggio.

Il progetto dei tubi di drenaggio per il controllo della falda, portate di progetto.
Il progetto dei canali di drenaggio: strutture per realizzarli, stazioni di pompaggio.
Il drenaggio per il controllo della salinità del terreno.

ESERCITAZIONI

Si iniziano con ampie applicazioni della teoria delle correnti a superficie libera (trattata nel corso di *Idraulica*) affinché sia fugata qualsiasi incertezza, essendo la conoscenza di tale argomento di fondamentale importanza. Seguono la progettazione di un apparecchio di misura della portata in corrente a superficie libera, il dimensionamento di un bacino di dissipazione idraulica per correnti veloci, la flessibilità di un nodo idraulico, dimensionamento di un filtro sottostante la protezione del fondo a valle di una struttura. Completa le esercitazioni il progetto di un impianto di irrigazione e associato calendario irriguo oppure quello di un impianto di drenaggio.

LABORATORIO

Nel laboratorio sono sviluppate esercitazioni pratiche relative a un misuratore di portata, quello progettato in sede di esercitazione teorica, e a una rete di canali a superficie libera in cui gli organi di regolazione consentono una ampia sperimentazione sulle diverse condizioni di moto.

Durante il corso sono previste visite ai consorzi irrigui dell'area padana e, se in funzione dei finanziamenti è possibile, anche ad opere di particolare importanza all'estero.

BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico, quali testi in fascicoli, copie dei trasparenti presentati nelle lezioni saranno distribuiti nel corso delle lezioni. La bibliografia di riferimento per i necessari successivi approfondimenti sarà illustrata e distribuita durante il corso.

ESAME

La verifica dell'apprendimento è prevista orale, con presentazione delle esercitazioni svolte.

R 284 0**Indagini e controlli geotecnici**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Otello Del Greco (collab.: Claudio Oggeri)

Nel corso sono trattati i temi inerenti le attività di indagine e le misure che devono accompagnare la pratica professionale in campo geotecnico. In questo ambito il progettista non ha conoscenza aprioristica delle condizioni strutturali di formazioni naturali, delle caratteristiche intrinseche del loro comportamento (resistenza, deformabilità, azione dell'acqua, etc.) e, infine, dell'interazione tra le formazioni e opere di ingegneria (fondazioni, opere di sostegno, scavi a giorno e in sotterraneo, etc.). Per tali ragioni le attività di indagine e, più in generale, quelle sperimentali sono parte integrante di un progetto in campo geotecnico.

PROGRAMMA

Il corso può essere suddiviso in sei capitoli che devono essere considerati come la successione logica del processo di conoscenza del comportamento di una struttura in campo geotecnico. Gli argomenti trattati nei capitoli sono i seguenti:

– *Aspetti generali delle indagini e misure geotecniche.*

Considerazioni sui metodi di progetto in campo geotecnico e sulla relativa necessità di indagini sperimentali; modalità esecutive delle indagini in fasi diverse dal processo esecutivo; organizzazione di una campagna di indagini geotecniche; cenno alle norme di legge che richiedono indagini e relazioni geotecniche.

– *Fondamenti delle misure in campo geotecnico.*

Definizioni di precisione, accuratezza, risoluzione, etc.; errori nell'esecuzione di misure, cause e rimedi; principio generale di funzionamento dei trasduttori; trasduttori di tipo meccanico, idraulico-pneumatici, elettrici (resistivo, potenziometrico, induttivo, a corda vibrante, magnetostrittivo, etc.); sistemi di acquisizione, trasmissione, archiviazione e trattamento dei dati di misure.

– *Rilievi geostrutturali per la descrizione quantitativa delle discontinuità presenti nella massa rocciosa.*

Finalità dei rilievi, modalità esecutive generali (metodi oggettivo e soggettivo), modalità del rilievo di singoli parametri (giacitura, spaziatura, persistenza, rugosità, etc.); interpretazione dei dati rilevati per il riconoscimento di potenziali instabilità e per la stima dei parametri di comportamento delle discontinuità.

– *Misure dello stato di tensione naturale nelle formazioni rocciose.*

Utilità delle misure ai fini progettuali; descrizione dei principi alla base dei diversi metodi per la misura dello stato di tensione naturale; approfondimento del metodo con rilascio di tensioni e uso di rosette estensimetriche e del metodo della stimolazione idraulica; esame dei dati ottenuti in casi reali.

– *Misure di controllo.*

Finalità delle misure di controllo in fase di progetto, esecutiva e di gestione di un'opera in campo geotecnico; organizzazione di un sistema di misure di controllo; funzionamento, installazione e uso di strumenti per misure di spostamenti (distometri, estensimetri, inclinometri, assestimetri, etc.), di forze, di pressioni (celle pressiometriche, piezometri); interpretazione delle misure.

– *Esame di alcuni casi reali* di studi geotecnici, con riferimento particolare alle attività di indagine e misure: strutture a giorno e in sotterraneo.

ESERCITAZIONI

Esame diretto di trasduttori e strumenti di misura, prove di funzionamento in laboratorio; esecuzione in sito di uno o due rilievi geostrutturali e successiva elaborazione e interpretazione dei dati rilevati.

BIBLIOGRAFIA

Gli studenti usufruiscono di materiali didattici messi disposizione dal docente, in assenza di un testo specifico. Approfondimenti possono ottenersi con i seguenti testi:

T.H. Hanna, *Field instrumentation in geotechnical engineering*, Trans Tech Publ, 1985.

M. Grecchi, *Geoelettronica*, Ghedini, 1987.

J. Dunnycliff, *Geotechnical instrumentation for monitoring field performance*, Wiley, 1988.

ESAME

L'esame si svolge in un'unica fase e in forma unicamente orale, per una durata di circa 45 minuti. Le domande rivolte allo studente tendono ad appurare le sue capacità di sintetizzare le nozioni apprese ed a svilupparne le applicazioni.

R 290 0**Ingegneria degli acquiferi**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Antonio Di Molfetta

Il corso si propone di fornire le conoscenze tecnico-scientifiche indispensabili per una corretta gestione delle risorse idriche sotterranee. Questo obiettivo viene raggiunto attraverso la classificazione dei sistemi acquiferi sulla base della loro proprietà e del comportamento idraulico, la determinazione dei parametri caratteristici, la scelta delle opere di captazione, i criteri e gli strumenti di gestione ottimale delle risorse idriche, finalizzati ad evitare fenomeni di degrado quali-quantitativo, gli interventi di recupero e salvaguardia delle risorse, la definizione del quadro normativo di riferimento.

PROGRAMMA

- Il ciclo idrologico dell'acqua ed il ruolo delle risorse idriche sotterranee. La definizione di un sistema acquifero: funzione immagazzinamento e funzione trasporto. Classificazione degli acquiferi. [8 ore]
- L'acquifero come sistema idrodinamico. Soluzioni dell'equazione di diffusività in regime stazionario e in regime variabile per gli acquiferi confinati, semiconfinati e con superficie libera. Raggio di drenaggio istantaneo e raggio di influenza. [8 ore]
- Metodologie di realizzazione delle opere di captazione. Scelta del metodo di perforazione in relazione alle caratteristiche idrogeologiche del sito e agli obiettivi dell'opera. Completamento e sviluppo di un pozzo. Altre opere di captazione. [6 ore]
- Caratterizzazione di un sistema acquifero mediante prove *in situ*. Determinazione della tipologia idraulica, dei parametri idrodinamici e di eventuali limiti mediante l'esecuzione e l'interpretazione di prove di falda in acquiferi confinati, semiconfinati e non confinati. Cause di deviazione dal comportamento ideale e protocolli d'interpretazione. Determinazione delle caratteristiche produttive delle opere di captazione: efficienza idraulica. Ottimizzazione delle condizioni di funzionamento di un sistema di approvvigionamento idrico. [10 ore]
- Caratteristiche del sistema di approvvigionamento idrico italiano. Riserve e risorse idriche. Prelievo massimo consentito. Gestione ottimale delle risorse idriche ed effetti negativi indotti da una gestione scorretta. Limiti e potenzialità dei modelli impiegati per lo studio dei problemi di flusso e di gestione delle risorse idriche. [8 ore]
- Origine e tipologia dei fenomeni di inquinamento a carico delle risorse idriche sotterranee. Trasporto e dispersione di un inquinante solubile e non reattivo in falda. Determinazione dei parametri di dispersività. Metodologie per il disinquinamento degli acquiferi. [7 ore]
- Metodologie per la determinazione della vulnerabilità di un acquifero. Valutazione del rischio di inquinamento. La protezione delle opere di captazione idropotabile: determinazione delle aree di salvaguardia e delle opere di monitoraggio. La protezione delle risorse idriche sotterranee nei lavori di ingegneria. Il quadro normativo di riferimento. [7 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula sono rappresentate da esempi di interpretazione di dati reali, per lo più concernenti la caratterizzazione dei sistemi acquiferi e il comportamento produttivo delle

opere di captazione. Vengono inoltre impostati un progetto di massima per la realizzazione di un pozzo ad uso potabile e la determinazione delle aree di salvaguardia di un campo pozzi.

ESERCITAZIONI SUL CAMPO

Durante il corso vengono effettuate, nello *hinterland* torinese, due esercitazioni pratiche della durata di una giornata ciascuna, consistenti nella realizzazione di due prove di pompaggio, una delle quali destinata a valutare l'efficienza idraulica di un pozzo, l'altra la tipologia idraulica e i parametri idrodinamici di un acquifero.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti del corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

E. Custodio, M.R. Llamas, *Hydrologia subterranea*, 2 vol., Omega, Barcelona, 1983.

C.W. Fetter, *Applied hydrogeology*, MacMillan, New York, 1994.

ESAME

L'esame si svolge mediante una prova scritta ed una orale. Per accedere all'esame è necessario aver consegnato le esercitazioni, svolte durante l'anno, almeno 10 giorni prima della prova.

R 291 0**Ingegneria degli scavi**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Renato Mancini (collab.: Marilena Cardu)

Il corso è inteso a fornire:

le conoscenze di base sulle tecniche di scavo in rocce ed in terre (a cielo aperto, in sotterraneo, subacqueo);

i criteri per la scelta delle macchine e dei mezzi per l'esecuzione di lavori di scavo;

le regole per l'impostazione e conduzione di tali lavori in modo tecnicamente corretto e sicuro; una guida per la progettazione e organizzazione dei lavori di scavo.

REQUISITI

Elementi di meccanica teorica e applicata, Fisica 1 e 2.

PROGRAMMA

- Tipologia dei lavori di scavo, finalità, caratteristiche rilevanti dei mezzi in cui si sviluppano (rocce, terre).
- Scavo in roccia mediante esplosivi: esplosivi e mezzi d'innescio, loro caratteristiche e prestazioni; criteri per il calcolo delle cariche in diverse configurazioni geometriche, negli scavi a cielo aperto ed in sotterraneo; macchine per la perforazione dei fori da mina e relativi utensili; smarino; organizzazione del cantiere, norme di sicurezza.
- Scavo in roccia con mezzi meccanici, a giorno ed in sotterraneo: macchine, loro prestazioni e criteri di scelta in funzione del tipo di roccia e delle finalità del lavoro; previsione delle produttività e dei consumi in diverse situazioni tipo.
- Tecniche particolari per l'escavazione di marmi, graniti e altre pietre da decorazione, pavimentazione, copertura: spacco con uso controllato dell'esplosivo; taglio meccanico; altri metodi.
- Scavo in terre, a cielo aperto: macchine, loro prestazioni e criteri di scelta; condizioni di sicurezza, con particolare riferimento alla stabilità delle macchine e dello scavo; organizzazione del cantiere. Scavi sotterranei in terra, scavo di pozzi di grande diametro in terreni difficili ed altre operazioni speciali: scavo con marciavanti, con scudi, con fango bentonitico.
- Scavo subacqueo: draghe ad azione continua e ciclica, loro prestazioni e campi di impiego; abbattimento subacqueo con esplosivi. Sondaggi e trivellazioni, a carotaggio ed a distruzione in rocce e terre: macchine e loro campi di impiego, criteri di scelta, organizzazione del cantiere.

ESERCITAZIONI

1. Progettazione di sistemi di brillamento.
2. Progettazione di volate di mine per abbattimento a cielo aperto.
3. Progettazione di volate per lo scavo di gallerie.
4. Progettazione di operazioni di distacco di blocchi di pietra ornamentale.
5. Studio meccanico e previsione di prestazioni e consumi di macchine per lo scavo di gallerie.

6. Studio meccanico e previsione di prestazioni e consumi di macchine per il taglio di rocce.
7. Studio meccanico e controllo della stabilità durante il ciclo di macchine per movimento terre.
8. Studio meccanico e previsione di prestazioni e consumi di un sistema di dragaggio.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Dispense, in corso di preparazione.

Testi ausiliari:

Sono consigliati di volta in volta per particolari approfondimenti testi disponibili nella biblioteca del dipartimento.

ESAME

Prova scritta (questionario + brevi esercizi) seguita da colloquio.

R 292 0**Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Antonio Di Molfetta (collab.: Raffaele Romagnoli)

Il corso si propone di fornire le conoscenze fondamentali per la definizione di un progetto ottimale di coltivazione di giacimenti di idrocarburi, sia liquidi che gassosi. Tale obiettivo viene raggiunto attraverso la conoscenza del comportamento termodinamico dei fluidi, delle caratteristiche produttive delle rocce serbatoio e dei pozzi, dei metodi per la valutazione delle riserve e dei fattori di recupero, delle metodologie di analisi dei parametri caratteristici della coltivazione, dei processi di recupero assistito.

REQUISITI

Meccanica dei fluidi nel sottosuolo, Idraulica, Analisi II.

PROGRAMMA

- Caratteristiche dei giacimenti di idrocarburi in rocce a porosità intergranulare ed in rocce fessurate. Proprietà fisiche dei fluidi di giacimento e metodi di correlazione numerica con i parametri termodinamici. Comportamento di fase degli idrocarburi. [10 ore]
- Il ruolo delle pressioni capillari nei giacimenti di idrocarburi. Permeabilità relative ed effettive. Compressibilità equivalente dei sistemi roccia-fluido. Classificazione dei giacimenti di idrocarburi. Meccanismi di produzione. [6 ore]
- Caratteristiche del flusso transitorio e stabilizzato di idrocarburi liquidi e gassosi nei mezzi porosi: regime di pressione in pozzi eroganti da aree di drenaggio di forma generica. Calcolo dell'entrata d'acqua in giacimento per effetto di una generica legge di coltivazione. [10 ore]
- Valutazione delle caratteristiche produttive dei pozzi e delle formazioni mediante l'interpretazione di prove di pozzo: prove di produttività, prove di risalita della pressione, prove di declino, prove di interferenza. Caso di pozzi ad olio e a gas. [10 ore]
- Le equazioni della coltivazione. Influenza dei parametri di lavoro sul recupero finale. Previsione del comportamento futuro dei giacimenti. Correlazioni tempo, pressione media, portata, produzione cumulativa. Principali metodi di valutazione delle riserve originariamente in posto e delle riserve recuperabili. [18 ore]
- Metodi di recupero assistito nei giacimenti di olio. L'iniezione d'acqua come metodo principale di recupero assistito. Valutazione del fattore di recupero ottenibile mediante spiazzamento olio-acqua.

Altri metodi di recupero assistito: metodi convenzionali, metodi termici, spiazzamento miscibile con gas e anidride carbonica, *chemical flooding*.

Indici per la valutazione economica di un progetto di coltivazione. [11 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono costituite da esempi di interpretazione di dati rilevati sul campo e da progetti di coltivazione di giacimenti di diversa tipologia.

Tre esercitazioni riguardano il calcolo delle proprietà dei fluidi e dei sistemi roccia-fluido mediante applicazione delle correlazioni numeriche.

Due esercitazioni trattano il calcolo della pressione media di giacimenti e dell'entrata d'acqua durante la coltivazione.

Tre esercitazioni sono costituite da interpretazioni di prove di pozzo sia a gas, che a olio. Tre esercitazioni trattano casi di coltivazione di giacimenti di diversa tipologia.

Due esercitazioni affrontano la problematica della valutazione delle riserve di idrocarburi. L'ultima esercitazione, infine, affronta lo studio di uno spiazzamento acqua-olio, come applicazione di una metodologia di recupero assistito.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti del corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G.L. Chierici, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, 2 vol., AGIP, 1989. (Il testo viene consegnato gratuitamente agli allievi iscritti).

J.S. Archer, C.G. Wall, *Petroleum engineering : principles and practice*, Graham & Trotman, 1986.

L.P. Dake, *Fundamentals of reservoir engineering*, Elsevier, 1978.

ESAME

L'esame si svolge mediante una prova orale, per accedere alla quale è necessario aver consegnato le esercitazioni, svolte durante l'anno, almeno 10 giorni prima della prova e non oltre la data del 15 Luglio corrente.

R A16 0**Ingegneria della sicurezza antincendio**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 55,20,5 (ore nell'interno periodo)

Docente: Giulio Gecchele (collaboratore: Marina Clerico)

Il corso si propone di fornire gli elementi teorici di conoscenza del fenomeno chimico-fisico dell'incendio e gli elementi di base per una corretta progettazione che tenga conto dei criteri di sicurezza antincendio per la salvaguardia delle persone e il contenimento dei danni. nA tal fine sono presi in esame i principi e i metodi applicativi di prevenzione, protezione attiva e protezione passiva da applicarsi agli edifici (civili, pubblici e industriali), agli ambienti di vita (anche in sotterraneo) ed agli ambienti di lavoro.

REQUISITI

Elementi di Chimica Applicata; Elementi di Termodinamica, Termocinetica e Fluidodinamica.

PROGRAMMA*– Dinamica dell'incendio*

Aspetti di chimica della combustione. Scambio termico e fluidodinamica. Limiti di infiammabilità e fiamme premiscelate. Fiamme di diffusione e pennacchio di fuoco. Combustione stazionaria di combustibili liquidi e solidi. Accensione di combustibili solidi. Sviluppo e propagazione di fiamma e di fuoco. Comportamento dell'incendio in spazi confinati nei diversi stadi di preflashover, flashover, postflashover e decadimento.

– Aspetti generali della prevenzione antincendio

Danni all'uomo. Principali cause di rischio d'incendio e rimedi generali organizzativi. Normative antincendio. Analisi qualitativa e quantitativa. Definizione di rischio e calcolo del carico d'incendio anche su basi statistiche. Definizione di prevenzione, protezione passiva ed attiva, sicurezza primaria e secondaria. Criteri di prevenzione in s.s. (riduzione della probabilità di sviluppo e potenza d'incendio), di protezione passiva (caratteristiche di progettazione per la salvaguardia delle persone ed il contenimento dei danni ad incendio sviluppato) e di protezione attiva (sistemi di intervento sull'incendio, rilevazione ed estinzione).

– Protezione passiva nelle costruzioni

Caratteristiche strutturali come da normative, comportamenti al fuoco dei materiali (definizione di incendi standard, reazione e resistenza).

Compartimentazione: confinamento del carico d'incendio, distanze di sicurezza, filtri, strutture tagliafuoco. Vie di esodo: corridoi, scale, ascensori.

– Prevenzione incendi nell'industria

Fattori ordinari di rischio di incendio nell'industria

Prevenzione antincendio nell'industria sia come adeguamento ai dettami di sicurezza negli ambienti di lavoro, sia come tutela verso terzi. Certificato di prevenzione incendi CPI.

– Incendi in sotterraneo

Sviluppo e propagazione di incendi in luoghi confinati sotterranei ed interazione con la ventilazione. Aspetti specifici di normativa, criteri di salvaguardia delle persone e metodologie di intervento in luoghi quali tunnel stradali o ferroviari, stazioni metropolitane, parcheggi, magazzini, negozi, luoghi di spettacolo, miniere.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni avranno come oggetto gli stessi argomenti delle lezioni al fine di chiarire quanto esaminato dal punto di vista teorico.

Sono previste visite tecniche a laboratori di ricerca e valutazione delle caratteristiche dei materiali ed a strutture operative con installazione di sistemi antincendio.

LABORATORI

Sono previsti lavori di modellizzazione al calcolatore.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dei docenti e testi reperibili nelle biblioteche del Politecnico (centrali e dei dipartimenti).

ESAME

L'esame è orale e sarà svolto come verifiche durante il corso o a fine di questo.

R 815 0**Ingegneria sanitaria-ambientale**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+3 (ore settimanali)

Docente: Giuseppe Genon

Il corso ha lo scopo di porre i fondamenti per gli studi di ingegneria destinati a salvaguardare l'ambiente ed a prevenirne il degrado, analizzando fonti e trasferimento degli inquinanti ed effetti dell'inquinamento. Particolare risalto viene dato ai problemi delle acque primarie e di rifiuto, dei rifiuti in genere ed alla bonifica dei suoli in caso di contaminazione.

REQUISITI

Elementi di ecologia.

PROGRAMMA

– *Generalità.* [4 ore]

L'ingegneria ambientale e la tutela dell'ambiente; elementi di ecotossicità; biodegradabilità e persistenza degli inquinanti; effetti acuti e cronici dell'inquinamento.

– *Fenomeni di inquinamento.* [8 ore]

Aria: fenomenologia e scala dell'inquinamento atmosferico (locale, regionale e globale); fonti di emissione fisse e mobili; prodotti della combustione; caratterizzazione delle emissioni; cenni di trasporto e diffusione degli inquinanti in atmosfera.

Acqua: inquinamento delle acque naturali, superficiali e profonde; cenni di autodepurazione dei fiumi e di eutrofizzazione dei bacini a debole ricambio; inquinamento del mare.

Suolo: inquinamento del suolo e suoi effetti; siti contaminati (discariche, aree industriali, rilasci cronici nel sottosuolo).

– *Acque primarie.* [8 ore]

Caratteristiche delle acque naturali; analisi delle acque; acque aggressive e incrostanti; requisiti delle acque di approvvigionamento per uso industriale, potabile e agricolo. Trattamenti delle acque primarie: potabilizzazione delle acque superficiali; addolcimento; dissalazione; disinfezione.

– *Acque di rifiuto.* [8 ore]

Analisi delle acque di rifiuto; trattamento delle acque di rifiuto: trattamenti preliminari, rimozione della sostanza organica biodegradabile, rimozione dei nutrienti, trattamenti di affinamento, trattamenti di reflui industriali (detossificazione, trattabilità biologica); riutilizzo delle acque depurate nell'industria e nell'agricoltura; trattamento dei fanghi di depurazione (stabilizzazione, disidratazione, essiccamento termico); condotte di scarico a mare.

– *Rifiuti solidi urbani.* [8 ore]

Composizione merceologica; caratteristiche chimico-fisiche; produzione dei rifiuti; raccolta differenziata; recupero e riciclaggio; trasformazione in composti; termodistruzione; recupero di energia dai rifiuti; discarica controllata.

– *Rifiuti speciali.* [6 ore]

Classificazione dei rifiuti speciali; rifiuti speciali tossici e nocivi; recupero e riciclaggio di materiali dai rifiuti; trattamento e smaltimento dei rifiuti speciali tossici e nocivi (inertizzazione, termodistruzione, discarica controllata).

– *Bonifica dei suoli contaminati.* [6 ore]

Tecniche di indagine e campionamento; criteri di qualità dei suoli; classificazione delle tecniche di risanamento (*in situ*, *on site*, *off site*); tecniche di isolamento; processi chimico-fisici; processi biologici.

– *Trattamento delle emissioni gassose.* [6 ore]

Tecnologie di rimozione del materiale particolato (depolveratori meccanici, elettrostatici, a tessuto e ad umido), assorbimento, adsorbimento, conversione termica e catalitica.

ESERCITAZIONI. [42 ore]

Le esercitazioni verranno svolte parte in aula e parte in laboratorio, essendo previste comunque anche visite a impianti industriali.

R 308 0**Litologia e geologia**

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Gianfranco Olivero

Il corso è finalizzato alla comprensione dei fenomeni, geologici, tettonici e geomorfologici, che sovrintendono alla formazione ed alla modellizzazione delle rocce cristalline, metamorfiche o sedimentarie. Viene acquisita la capacità di riconoscere e classificare le rocce, parallelamente allo studio della loro genesi ed alla loro evoluzione chimico-fisica. Vengono altresì forniti gli elementi necessari per leggere ed interpretare le carte geologiche ed per tracciare, a partire da esse, delle sezioni geologiche significative.

REQUISITI

Sono richieste le nozioni fornite dai corsi di *Chimica, Fisica 2, Topografia*.

PROGRAMMA

– *Genesi del pianeta Terra*. [4 ore]

La nascita della Terra e l'abbondanza relativa degli elementi che costituiscono il nostro pianeta in relazione alla loro distribuzione statistica nel Sistema solare e nell'universo. Concetti di differenziazione gravitativa della Terra primordiale, con formazione del nucleo e del mantello, e di progressivo riscaldamento del pianeta per migrazione verso l'esterno di elementi radioattivi e/o bombardamento meteoritico.

– *Genesi della crosta terrestre*. [6 ore]

Concetto di differenziazione magmatica del mantello superiore e formazione della crosta litosferica. Analisi del gradiente geotermico primordiale ed attuale. Brevi cenni sui metodi di datazione assoluta dell'età delle formazioni rocciose, dopo la formazione della litosfera. Commento dettagliato delle varie fasi dell'evoluzione della crosta terrestre, dalla comparsa dei primi fossili all'attuale; suddivisione della storia terrestre in ere e periodi e collocazione cronologica delle varie orogenesi riconosciute.

– *Tettonica a zolle e dinamica crostale*. [6 ore]

Grande spazio viene riservato al commento della tettonica a zolle cristalline, con lo studio dei margini in espansione (genesi dei magmi basici) e di quelli in collisione ed in subduzione (genesi dei sismi profondi e dei magmi acidi). Concetti di rischio sismico e vulcanico, in Italia e nella zona tettonicamente e magmaticamente più attiva della Terra. Distribuzione ed abbondanza relativa delle varie rocce all'interno della litosfera; nozioni basilari di mineralogia e di petrografia.

– *Le rocce cristalline e del mantello superiore*. [20 ore]

Studio delle rocce magmatiche dal punto di vista classificatorio ed in relazione al loro contenuto mineralogico ed al tipo di magma dal quale derivano. Studio delle rocce sedimentarie, etichettate sulla base della loro posizione entro un bacino di sedimentazione ed all'energia ambientale in gioco al momento della loro deposizione. Analisi dettagliata delle rocce detritiche sciolte, classificate sulla base delle analisi granulometriche (si vedano le esercitazioni). Concetto di diagenesi delle rocce incoerenti. Studio delle rocce metamorfiche, interpretate alla luce del rapporto pressione litosferica – temperatura all'interno della zolla litosferica che le ha generate.

– *Tettonica orogenetica*. [4 ore]

Commento degli eventi tettonici responsabili della fratturazione, del ripiegamento e dell'impilamento in strutture complesse delle rocce crostali e del mantello superiore all'interno di un orogeno. Concetti di finestra tettonica, di falde tettoniche e di sovrascorrimento.

– *Il Quaternario ed i processi geomorfologici*. [6 ore]

Principali fenomeni geomorfologici responsabili della modellizzazione delle formazioni rocciose e dei depositi sciolti plio-quadernari; alternanza di glacialismo ed epoche interglaciali, azione erosiva e di deposito dei corsi d'acqua, genesi delle conoidi detritiche ed alluvionali.

– *L'Italia dal punto di vista geologico*. [4 ore]

Il corso si conclude con un esame, a grande scala, della distribuzione delle rocce sul territorio italiano e delle loro caratteristiche in rapporto ad un qualsiasi intervento antropico di tipo ingegneristico sul territorio.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono quasi interamente dedicate alle tecniche grafiche necessarie per tracciare una sezione geologica a partire da una carta geologica completa. Vengono inoltre illustrate le modalità di estrapolazione di contatti stratigrafici al di sotto di coltri vegetali, detritiche od opere antropiche, al fine di ottenere carte geologiche attendibili delle strutture geologiche subaffioranti. Alcune esercitazioni, infine, sono riservate all'interpretazione di analisi granulometriche di rocce sedimentarie sciolte ed al tracciamento delle relative curve cumulative. [25 ore]

LABORATORIO

Riconoscimento macroscopico delle principali rocce crostali ignee, sedimentarie e metamorfiche su campioni rocciosi selezionati. Lettura ed interpretazione delle carte geologiche ufficiali del territorio italiano alla scala 1 : 100 000 e 1 : 50 000. [25 ore]

BIBLIOGRAFIA

Marchetti [et al.], *La Terra ieri ed oggi*, La Nuova Italia.

Casati, *Scienze della Terra*, CLUED.

Accordi & Palmieri, *Il globo terrestre e la sua evoluzione*. Zanichelli.

Press & Siever, *Introduzione alle scienze della Terra*. Zanichelli.

Olivero, *Carte e sezioni geologiche : teoria ed esercizi* (in preparazione).

Platt, *A series of elementary exercises upon geological maps*, Murby, London.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta, una pratica ed un colloquio orale.

La prova scritta è inerente gli argomenti trattati durante le esercitazioni (sezioni geologiche e vagliature granulometriche) ed è sostenibile: mediante un esonero di fine corso (validità un anno) o una volta per sessione di esami (e non per appello): quest'ultima prova, indipendentemente dall'esito, annulla automaticamente l'eventuale votazione riportata nell'esonero annuale ed ha validità limitata per la sola sessione nella quale viene sostenuta.

Prova pratica: riconoscimento, classificazione, genesi e possibili impieghi delle più comuni rocce cristalline.

Prova orale: lettura ed interpretazione di carte geologiche ufficiali italiane e straniere. Colloquio di geologia generale come da programma delle lezioni.

N.B.: è concesso sostenere la prova scritta in un appello e le prove pratica ed orale in un altro, ma sempre nell'ambito della stessa sessione di esami (A, B, o C).

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Evasio Lavagno

Il corso si propone di analizzare le metodologie e le procedure di localizzazione di impianti, infrastrutture e sistemi energetici con particolare attenzione rivolta alle soluzioni tecnologiche di salvaguardia ambientale. La scelta tra soluzioni alternative, a parità di servizi resi, viene impostata sulla base di un approccio di tipo sistemico, che si pone obiettivi di razionalizzazione tecnico-economica ed ambientale. Viene sviluppata una applicazione progettuale con caratteristiche di studio di fattibilità.

REQUISITI

Fisica tecnica, Macchine, (Energetica e sistemi nucleari).

PROGRAMMA

1. *Elementi di ecologia e di energetica.* [8 ore]
(gli argomenti segnati con * verranno sviluppati principalmente per gli studenti che non hanno seguito il corso di *Energetica e sistemi nucleari*).
- 1.1. Elementi di ecologia *
Gli ecosistemi. Gli elementi costitutivi dell'ambiente naturale e i principali cicli materiali nell'ambiente naturale. Le perturbazioni naturali e antropogeniche.
- 1.2. Le forme e le trasformazioni dell'energia *
Le forme dell'energia. Le trasformazioni dell'energia: spontanee, reversibili, irreversibili. Energia, exergia, anergia. Analisi energetica di processi e sistemi: metodi, modelli e applicazioni.
- 1.3. Cenni storici e scenari per il futuro *
I contributi delle varie forme primarie al soddisfacimento dei fabbisogni; fonti primarie, risorse, riserve; processi di trasformazione; fabbisogni energetici ed usi finali. Evoluzione storica dei consumi; descrizione di alcune situazioni nazionali caratteristiche; previsioni e scenari. La situazione italiana nel contesto europeo.
- 1.4. L'approccio sistemico all'analisi dei sistemi energetici.
I cicli energetici: le fonti primarie e quelle rinnovabili. L'energia nucleare. I combustibili fossili: carbone, olio, gas naturale. I combustibili secondari: i prodotti delle trasformazioni del carbone e della biomassa. Il ciclo dell'idrogeno.
2. *Gli impianti, i cicli ed i sistemi energetici.* [20 ore]
- 2.1. Impianti e sistemi per la produzione di energia elettrica e di energia termica.
I processi di combustione (richiami). Caldaie, turbine a vapore e a gas, motori alternativi; cicli combinati; celle a combustibile. Impianti nucleari. La produzione combinata di energia elettrica e termica. Le pompe di calore.
- 2.2. Schemi di impianto.
Descrizione di alcune schemi particolarmente significativi in merito alle soluzioni tecnologiche adottate per la riduzione dell'impatto e del rischio ambientali.
- 2.3. Valutazioni qualitative e quantitative dei rilasci di esercizio e dei rilasci incidentali.
Tecnica di controllo e riduzione delle emissioni
- 2.4. La prevenzione del rischio.

- 2.5. Le infrastrutture necessarie per la gestione dei cicli energetici.
Il vettoriamiento dell'energia e le reti energetiche. Le interconnessioni sovranazionali.
- 2.6. Il ciclo completo del combustibile e l'impatto ambientale complessivo.
3. *Il contesto normativo in merito ai processi di localizzazione dei sistemi energetici e agli standards ambientali.* [8 ore]
- 3.1. Norme e procedure della legislazione nazionale ed internazionale.
Gli *standards* di qualità ambientale. Normativa USA, CEE ed italiana.
- 3.2. Analisi critica di alcuni casi rilevanti di processi localizzativi.
Le localizzazioni di impianti elettronucleari.
4. *Analisi di impianti e sistemi energetici.* [24 ore]
- 4.1. Definizione dei parametri di valutazione.
In termini di validità: tecnologica, energetica, socio-economica, territoriale, ambientale.
Le analisi costi / benefici.
- 4.2. Criteri e metodi per la valutazione delle alternative.
La modellazione dei sistemi energetici. Modelli integrali. Modelli per la valutazione delle alternative di localizzazione. Le procedure per la scelta e la qualificazione dei siti: l'esperienza nucleare.
- 4.3. Energia e aree urbane.
La pianificazione energetica territoriale. Le aree urbane. La zonizzazione territoriale.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni e le attività del laboratorio didattico consistono nello sviluppo di casi concernenti diversi sistemi energetici, produttivi e/o territoriali. Verrà sviluppata una applicazione a livello di studio di fattibilità.

BIBLIOGRAFIA

Verrà messo a disposizione materiale di documentazione e verranno forniti riferimenti bibliografici.

ESAME

Il colloquio di esame comprende la discussione degli elaborati di esercitazione e laboratorio.

R 311 4**Macchine (r)**

(Corso ridotto)

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+1 (ore settimanali)

Docente: Salvatore Mancò

Combinando concetti di termodinamica e fluidodinamica, il corso tratta i principali sistemi di conversione dell'energia. Esso illustra inoltre i principi di funzionamento e i metodi per la previsione delle prestazioni degli impianti per la generazione di potenza. I contenuti del corso consentono altresì agli allievi di valutare le interazioni con l'ambiente dei sistemi di produzione e trasformazione dell'energia.

REQUISITI*Fisica, chimica, idraulica, fisica tecnica.***PROGRAMMA***– Termodinamica e fluidodinamica.*

L'equazione di continuità. Principio di conservazione dell'energia per i sistemi chiusi e aperti. Il secondo principio della termodinamica. Termodinamica di un flusso compressibile. Stato di ristagno. Velocità del suono e numero di Mach. Flusso unidimensionale e stazionario in un condotto funzionamento di un ugello convergente e convergente-divergente. L'equazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto in un sistema aperto: l'equazione di Eulero per le turbomacchine. Le trasformazioni di compressione e espansione. Definizioni di rendimento della trasformazione.

– Turbomacchine.

Turbopompe. Classificazione. Prevalenza potenza assorbita rendimenti. Le turbopompe centrifughe. Moto del fluido e triangoli di velocità. Curve caratteristiche. NPSH. Curve caratteristiche adimensionali. Leggi di similitudine. Numero di giri caratteristico. Turbopompe assiali. Moto del fluido e triangoli di velocità. Curve caratteristiche. Accoppiamento circuito esterno pompa. Instabilità di funzionamento. Pompe collegate in serie e in parallelo. Pompe multistadio.

Turbine idrauliche. Classificazione. Caduta utilizzabile potenza rendimenti. Numero di giri caratteristico. Turbine ad azione e a reazione. La turbina Pelton.

Turbocompressori. Classificazione. Lavoro di compressione e rendimenti. Compressori centrifughi. Principio di funzionamento. Curve caratteristiche. Mappa di un compressore in coordinate adimensionate. Similitudine. Instabilità di funzionamento: pompaggio e stallo. Turbocompressori assiali. Compressori multistadio.

– Termochimica.

Reazioni di combustione. Calore di reazione e potere calorifico. Temperatura adiabatica di combustione. Dissociazione.

– Impianti di potenza.

Turbine a gas. Cicli ideali. Cicli rigenerativi. Cicli con inter-refrigerazione e ricombustione. Cicli reali. Rendimento e consumo specifico di combustibile. Previsione delle prestazioni in condizioni di progetto. Combustione e combustori. Controllo turbine a gas aeronautiche e industriali. Cicli aperti e chiusi. Impianti mono-albero e bi-albero.

Impianti a vapore. Cicli di Rankine e Hirn. Potenza, rendimento e consumo specifico di combustibile. Metodi per aumentare il rendimento degli impianti. Rigenerazione. Impianti a ricupero totale e parziale. Cicli combinati gas / vapore.

Motori alternativi a combustione interna. Confronto cicli Sabathè, Otto e Diesel. Ciclo limite. Motori a 2 e 4 tempi. Descrizione motori a combustione interna: motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione. Curve caratteristiche. Coefficiente di riempimento. Rendimento meccanico. Coppia e pressione media effettiva. Potenza e consumo specifico di combustibile. Caratteristica meccanica. Combustione nei motori ad accensione comandata. Caratteristica di regolazione. Detonazione. Combustibili. Emissioni e marmitta catalitica. Combustione nei motori Diesel. Caratteristica di regolazione. Combustibili. Emissioni e metodi di riduzione.

ESERCITAZIONI

Vengono proposte agli allievi le seguenti sette esercitazioni:

1. Applicazioni di termodinamica;
2. applicazioni di fluidodinamica;
3. progetto di sistemi di pompaggio;
4. previsioni delle prestazioni di turbocompressori;
5. calcolo delle prestazioni di impianti di turbine a gas in condizioni di progetto;
6. calcolo delle prestazioni di impianti a vapor d'acqua in condizioni di progetto;
7. esercizi sui motori a combustione interna.

Le esercitazioni sono costituite da esercizi che rispecchiano per quanto possibile la realtà con relativi risultati. Gli esercizi vengono risolti in aula e commentati.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti del docente

Cornetti, *Macchine a fluido*, Il Capitello, Torino.

Testi ausiliari:

Catania, *Complementi di macchine*, Levrotto & Bella, Torino.

Cohen, *Gas turbine theory*, Longman, London.

Dixon, *Fluid mechanics : thermodynamics of turbomachinery*, Pergamon, Oxford.

White, *Fluid mechanics*, McGraw-Hill, New York.

ESAME

Esame orale. A fine corso gli allievi possono sottoporsi ad un'accertamento scritto sul programma di esercitazioni della durata di 2 ore e senza possibilità di consultare testi. Il risultato della prova che contribuisce per metà al voto finale potrà essere utilizzato per un anno.

R 379 0**Modellistica e controllo dei sistemi ambientali**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Basilio Bona

Il corso vuole fornire un'introduzione metodologica alla modellistica, identificazione, controllo e ottimizzazione dei sistemi dinamici, con particolare, ma non esclusiva, attenzione alle applicazioni in campo ambientale, gestione del territorio, gestione delle risorse, ecc.

Lo scopo che ci si prefigge è quello di fornire allo studente una conoscenza a livello introduttivo di questi temi, in modo da consentirgli di interagire con altri specialisti nei diversi settori della gestione e pianificazione ambientale.

REQUISITI

Matematica di base, equazioni differenziali e alle differenze; vettori, matrici e calcolo vettoriale; basi e spazi vettoriali; *Fisica 1 e 2*.

PROGRAMMA

– *Modellistica*. [6 ore]

Che cosa sono i modelli e a che cosa servono; obiettivi del modellatore e classi di modelli: analisi dei dati, pianificazione, previsione, gestione e controllo. Esempi.

– *Sistemi dinamici rappresentati in variabili di stato*. [10 ore]

Che cos'è lo stato, l'ingresso e l'uscita di un sistema dinamico; proprietà dei sistemi: a tempo continuo e discreto, lineari e non lineari, a parametri concentrati e a parametri distribuiti. Esempi.

– *Sistemi non lineari*. [6 ore]

Definizione, equilibri multipli, stabilità dell'equilibrio, linearizzazione, cicli limite e loro stabilità. Esempi.

– *Sistemi lineari continui e discreti*. [22 ore]

Proprietà di stabilità, controllabilità e osservabilità; equazioni dinamiche in variabili di stato. Esempi.

– *Descrizione ingresso-uscita dei sistemi lineari continui e discreti*. [14 ore]

Cenni alla trasformata di Laplace e alla trasformata Z. Risposta all'impulso e al gradino; funzione di trasferimento; modello ARMA. Esempi.

– *Identificazione dei sistemi e stima dei parametri*. [8 ore]

Cenni delle problematiche di identificazione, stima e validazione di modelli a partire da dati reali, con particolare riferimento ai modelli ARMA. Esempi.

– *Problemi di ottimizzazione*. [12 ore]

Generalità su programmazione matematica, programmazione lineare, teoria delle decisioni, problemi multiobiettivo, teoria dei giochi, ottimizzazione combinatoria. Esempi.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula svolgeranno esempi numerici illustrativi delle metodologie spiegate a lezione, con particolare attenzione a quegli aspetti che saranno argomento dell'esame.

Si presenteranno due o tre problemi, anche complessi, legati ad aspetti di gestione ambientale (inquinamento, gestione delle risorse, ecc.), la cui soluzione dipende dalla soluzione di sottoproblemi più semplici, di varia natura: modellistica, stima dei parametri, validazione, ricostruzione, predizione, controllo, programmazione matematica, decisioni multiobiettivo o multidecisore, ecc.

Si coinvolgerà attivamente lo studente nell'impostazione delle soluzioni, considerandosi più importante sviluppare la capacità di collegare e integrare diverse metodologie, rispetto al raggiungimento di una soluzione matematica del problema.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Non esiste un testo di base di *Modellistica e controllo* per studenti in Ingegneria per l'ambiente e il territorio. Si utilizzeranno gli appunti delle lezioni, che verranno distribuiti durante l'anno. Si potrebbe udare il libro di :

Paul Doucet e Peter B. Sloep, *Mathematical modeling in the life sciences*, Prentice Hall, 1992; questo, pur orientato ad un pubblico più generale (biologi, medici, chimici, ecc.) presenta in modo adeguato gli aspetti di base della teoria dei sistemi e della modellistica.

Testi ausiliari:

Introduction to environmental engineering [BCI 92.523]: interessante, argomenti generali, modelli dinamici di alcuni processi caratteristici.

Introduction to environmental science [BCI 84.453]: generico, pochi modelli dinamici.

Environmental modeling [BCI 53.120]: raccolta non recente di lavori di autori vari, molti modelli dinamici.

ESAME

L'esame consiste in un colloquio (orale) sugli argomenti svolti a lezione ed a esercitazione.

R 386 0**Opere in sotterraneo**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+8+2 (ore settimanali)

Docente: Sebastiano Pelizza (collab.: D. Peila)

Il corso si propone di sviluppare i criteri di utilizzazione del sottosuolo per ricavarvi spazi di interesse sociale, anche in rapporto alle problematiche ambientali e di pianificazione e gestione del territorio, ed impartire nozioni sulla progettazione ed esecuzione delle grandi opere in sotterraneo di vario tipo (ivi comprese le coltivazioni minerarie per vuoti, le caverne e le gallerie di interesse civile), anche con l'esame delle problematiche dei costi, dei contratti, della Direzione Lavori, dell'applicazione dei Sistemi Qualità.

REQUISISTI

Fondamenti di Geotecnica e di Geologia Applicata

PROGRAMMA

- Lo spazio sotterraneo quale fattore di salvaguardia ambientale [2 ore]
- Vantaggi (diretti ed indiretti) e problemi [4 ore]
- Problematiche generali per l'uso dei vuoti in sotterraneo: compatibilità ambientale, problemi fisiologici e psicologici, aspetti normativi, legali, amministrativi e di sicurezza [4 ore]
- Architettura degli ambienti sotterranei, illuminazione, ventilazione, condizionamento [2 ore]
- Normativa nazionale e regionale sui rapporti e la compatibilità delle opere pubbliche e delle opere in sotterraneo, con il territorio e l'ambiente [2 ore]
- Gli spazi sotterranei: esempi di utilizzazione nel mondo
- Principali opere sotterranee: cavità naturali, caverne (per lo stoccaggio di idrocarburi, per usi idroelettrici, per altri usi), gallerie, pozzi, coltivazioni minerarie, riusi di vuoti minerari, depositi di rifiuti in sotterraneo, parcheggi in sotterraneo, depositi di sostanze e merci varie, abitazioni, centri sportivi, ricreativi e sociali [12 ore]
- Indagini preliminari geologiche e geotecniche [8 ore]
- Linee progettuali per gallerie e caverne [8 ore]
- Metodi di calcolo per le verifiche di stabilità [8 ore]
- Metodi ed attrezzature per lo scavo e la costruzione [4 ore]
- Misure di controllo in corso d'opera e collaudo statico. Applicazione dei Sistemi Qualità [4 ore]
- Programmazione dei lavori e gestione degli aspetti contrattuali [4 ore]
- Sicurezza ed igiene ambientale [2 ore]
- Criteri di valutazione della redditività dell'investimento [2 ore]
- Correlazione tra fattori economici del territorio e la politica ambientale. Elementi di Ecobilancio comparato (4 ore)

ESERCITAZIONI

1. Dimensionamento statico di una caverna mediante metodi di calcolo numerico e progettazione dei sostegni (bullonature) [6 ore]

2. Progetto di una coltivazione di calcare in sotterraneo per camere e pilastri in vista del riuso dei vuoti residui [4 ore]
3. Progetto della strumentazione di misura per il controllo di una caverna [4 ore]
4. Definizione dei diagrammi di Gantt e PERT per una galleria autostradale a due canne [4 ore]
5. Analisi delle dispersioni termiche per un impianto di refrigerazione in sotterraneo e confronto con una analoga struttura a giorno [4 ore]
6. Analisi del costo di un'opera in sotterraneo [4 ore]
7. Visite tecniche a cantieri [8ore + 8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Appunti scritti del corso saranno distribuiti durante le lezioni con l'indicazione di articoli specifici per l'approfondimento dei temi trattati

Testi ausiliari

Carmody J. e Sterling R. (1993), *Underground Space Design. A Guide to subsurface utilization and design for people in underground space*, New York, Van Nostrand Reinhold
Wittaker B.N. e Frith R.C. (1990) *Tunnelling, Design, Stability and Construction*, IMM, London

R 390 4**Petrografia (r)**

(Corso ridotto)

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 2+2 (ore settimanali)

Docente: Riccardo Sandrone

Il corso si propone di fornire le nozioni fondamentali sui processi petrogenetici, i criteri classificativi e nomenclaturali delle rocce e le conoscenze necessarie alla diagnosi delle rocce mediante esami macroscopici e microscopici. Le esercitazioni in laboratorio, su collezioni didattiche, e sul terreno, sugli elementi descrittivi delle rocce nella loro giacitura reale, saranno parte integrante del corso.

REQUISITI*Chimica.***PROGRAMMA**– *Le rocce magmatiche.* [2 ore]

Vulcanismo e plutonismo. Elementi principali della petrologia del magmatico. Serie magmatiche.

– *Descrizione e classificazione delle rocce magmatiche.* [2 ore]

Nomenclatura delle rocce intrusive e delle rocce effusive. Triangolo di Streckeisen. Diagrammi silice – alcali.

– *Le rocce sedimentarie.* [2 ore]

Il ciclo sedimentario. Ambienti e processi di sedimentazione. Rocce detritiche, carbonatiche e di sedimentazione chimica. Concetto di *facies* sedimentaria. Diagenesi e autigenesi.

– *Descrizione e classificazione delle rocce sedimentarie.* [2 ore]

Nomenclatura delle ruditi, delle psammiti e delle psefiti. Triangolo compositivo di Folk delle areniti. Classificazione delle rocce carbonatiche secondo Folk e secondo Duhnam. Le dolomie, le selci, le evaporiti. Le rocce piroclastiche.

– *Le rocce metamorfiche.* [2 ore]

Tipi e natura del metamorfismo. Minerali e paragenesi. Zoneografia e *facies* metamorfiche. Deformazioni strutturali connesse con il metamorfismo.

– *Descrizione e classificazione delle rocce metamorfiche.* [2 ore]

Nomenclatura delle rocce metamorfiche secondo la loro derivazione da rocce preesistenti e secondo il grado metamorfico. Nomenclatura delle rocce metamorfiche di contatto.

LABORATORIO. [12 ore]

1. Descrizione dei litotipi macroscopici su campioni di collezioni didattiche.
2. Descrizione di litotipi al microscopio su sezioni sottili di collezioni didattiche.

ESERCITAZIONI SUL TERRENO. [30 ore]

Osservazione dei caratteri giaciturali, tessiturali e mineralogici direttamente sugli affioramenti, relativamente a rocce dei seguenti domini:

1. rocce magmatiche intrusive basiche e acide;
2. rocce magmatiche intrusive acide e intermedie;

3. rocce sedimentarie detritiche, carbonatiche, evaporitiche;
4. rocce metamorfiche di metamorfismo regionale;
rocce metamorfiche di contatto.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti e schemi distribuiti durante il corso.

A. Mottana, R. Crespi, G. Liborio, Minerali e rocce, Mondadori, 1993.

Testi ausiliari:

W.S. Mackenzie, C. Guildford, *Atlante dei minerali costituenti le rocce in sezione sottile*, Zanichelli, 1992.

B.W.D. Yardley, W.S. Mackenzie, C. Guildford, *Atlante delle rocce metamorfiche e delle loro microstrutture*, Zanichelli, 1992.

A.E. Adams, W.S. Mackenzie, C. Guildford, *Atlante delle rocce sedimentarie al microscopio*, Zanichelli, 1992.

ESAME

Domande teoriche sui processi petrogenetici e sui criteri classificativi delle rocce (orale).

Riconoscimento e descrizione di campioni macroscopici e di sezioni sottili di rocce (scritto).

R 392 0**Pianificazione e gestione delle
aree metropolitane**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercit., laboratori: 4+4+(2) (ore settimanali);
50+50+10 (nell'intero periodo)

Docente: Giovanni Picco

Il corso ha lo scopo di approfondire la tematica urbanistica della pianificazione dei sistemi urbani complessi e di approfondire il concetto di gestione dei servizi a scala sovracomunale o metropolitana anche alla luce della recente legge 142/90 sul riordinamento delle autonomie locali.

Il corso è organizzato in specifici moduli costituiti da lezioni in aula, da sopralluoghi e da esercitazioni ponendo l'attenzione, in particolare, di volta in volta su uno o più esempi significativi.

PROGRAMMA

Introduzione all'analisi dei sistemi urbani, l'organizzazione del territorio, l'analisi della città nelle sue componenti strutturali, ai luoghi rilevanti per architettura e funzioni, al reticolo delle comunicazioni, al tessuto edilizio e al verde.

Il concetto di gerarchia territoriale, teoria dei *central places* di Christaller, teoria economica di Losch, teoria classica della localizzazione di Von Thunen, Loria, Weber.

L'uso dei modelli nello studio delle interazioni nelle aree urbane e nella pianificazione urbanistica delle aree urbane. Il modello di Lokshmanan e Hansen per l'area metropolitana di Baltimora ed il modello di Lowry per l'area metropolitana di Pittsburg.

Funzionamento e sviluppi della città metropolitana, il concetto di soglia di sviluppo, momenti critici dello sviluppo e interventi strategici.

Il controllo e la gestione dell'area metropolitana. Gli utenti della città, le autorità locali ed il controllo dello sviluppo urbano, piano di assetto, piano di intervento e sistema di osservazione degli *standards* di qualità prestabiliti dal piano.

I servizi metropolitani o a livello sovracomunale, i consorzi per l'offerta di integrati, le aziende speciali, esperienze nelle realtà italiane ed estere.

BIBLIOGRAFIA

Durante il corso saranno messe a disposizione degli allievi dispense settoriali del corso: di volta in volta sarà fornita ampia bibliografia per l'approfondimento dei singoli temi.

R 397 0**Principi di geotecnica**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Otello Del Greco (collab.: Claudio Oggeri, Anna Maria Ferrero)

Il corso si propone di fornire gli elementi per la comprensione dei fenomeni fisici alla base dei problemi geotecnici, cioè di tutti quei problemi che riguardano la stabilità di strutture che coinvolgono formazioni naturali costituite da rocce e/o terreni. Ciò richiede quindi la descrizione dei problemi stessi, l'analisi dei parametri che li condizionano, lo studio per la determinazione di tali parametri, lo studio dei metodi per l'analisi rigorosa dei problemi e dei rimedi tecnici atti ad assicurare la stabilità delle strutture. Il corso è rivolto principalmente agli studenti il cui indirizzo non è prevalentemente geotecnico.

PROGRAMMA

– *Caratterizzazione geotecnica di rocce e terreni intesi come materiali.*

Definizione delle proprietà fisiche e meccaniche di tali materiali e loro determinazione con prove di laboratorio; criteri di resistenza; leggi di comportamento; classificazioni tecniche.

– *Studio del comportamento delle formazioni naturali.*

Caratteristiche delle discontinuità delle masse rocciose; uso delle proiezioni stereografiche per rappresentarne le giaciture, prove in sito per la caratterizzazione di masse (prove di deformabilità, prove penetrometriche, prove di taglio in sito); cenno alla determinazione dello stato di tensione naturale; presenza ed effetti dell'acqua nelle formazioni naturali; classificazione delle formazioni geologiche al fine della realizzazione di gallerie.

– *Elementi per lo studio di strutture.*

Analisi di problemi geotecnici con metodi analitici (soluzioni analitiche, modelli numerici, metodo dell'equilibrio limite) e con metodi analogici (mediante classificazioni tecniche delle masse naturali). Stato di sollecitazione in una piastra forata con differenti condizioni al contorno e con diverse leggi di comportamento del mezzo. Stato di sollecitazione in formazioni stratificate. Analisi del superamento delle resistenze in un mezzo continuo e in un mezzo stratificato. Impiego del metodo dell'equilibrio limite per l'analisi di stabilità di pendii in masse rocciose e di terre. Esame dei metodi e delle tecniche di intervento per la stabilizzazione di strutture geotecniche (modifica delle geometrie delle strutture; metodi di sostegno mediante scogliere, gabbionate, muri cellulari, terra armata etc.; iniezioni di leganti; bullonaggio attivo e passivo).

– *Cenno ad alcuni problemi geotecnici nell'esecuzione di attività estrattive.*

Stabilità di fronti di scavo a giorno; aspetti geotecnici connessi alla scelta di un metodo di coltivazione in sotterraneo (per vuoti, per frana, con ripiena); colpi di tensione; subsidenza; discariche minerarie.

ESERCITAZIONI

Esecuzione di prove di laboratorio per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche di rocce e terreni. Esercizi di calcolo per l'analisi di stabilità nell'intorno di scavi in sotterraneo, di scavi a giorno e di pendii naturali.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Testo di appunti appositamente preparati per il corso, riguardanti le sue prime due parti.

Testi ausiliari:

E. Hoek, J.W. Bray, *Rock slope engineering*, Inst. Mining & Metallurgy, London, 1981.

E. Hoek, E.T. Brown, *Underground excavations in rock*, Inst. Mining & Metallurgy, London, 1980.

B.H.G. Brady, E.T. Brown, *Rock mechanics for underground mining*, Allen & Unwin, London, 1985.

ESAME

L'esame può essere sostenuto secondo due modalità alternative. La prima prevede l'esecuzione di due prove scritte parziali, ciascuna sostenuta al termine delle corrispondenti unità degli argomenti trattati nelle lezioni ed esercitazioni; ad esse segue un colloquio orale conclusivo con domande volte ad appurare la capacità dello studente di applicare e correlare le nozioni apprese nell'interpretazione di problemi reali. La seconda modalità d'esame prevede una prova scritta ed una orale da sostenersi in un'unica soluzione nelle sessioni regolari di esame.



R 400 0**Principi di ingegneria
chimica ambientale**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 52+26 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Bernardo Ruggeri

Il corso ha come obiettivo l'applicazione dei principi di ingegneria chimica all'analisi delle problematiche che un inquinante incontra dopo l'immissione nell'ambiente. Per contro esso vuole introdurre lo studente alla comprensione delle problematiche di trasporto e reazione che governano il dimensionamento e le prestazioni degli impianti ambientali. Particolare enfasi è posta all'analisi delle reazioni chimiche e biochimiche nei processi di recupero di aree compromesse da sostanze tossiche utilizzando l'approccio sistemico.

PROGRAMMA– *Fondamenti.* [4 ore]

Sostanze tossiche ed elementi di tossicologia; inquinamento e "destino" degli inquinanti; norme e regolamenti: struttura e funzioni; politica ambientale: risoluzione dei conflitti mediante applicazione di una corretta analisi tecnologica.

– *Termodinamica.* [4 ore]

Equilibrio chimico in sistemi complessi; equilibri di superficie e ripartizione.

Trasporto. [4 ore]

Fenomenologie di trasporto in diverse matrici ambientali: aria, acqua, solidi.

– *Reazione.* [8 ore]

Ingegneria delle reazioni chimiche ambientali: approcci teorici, progetto di esperimenti, analisi dei dati principi della catalisi fotochimica e delle reazioni disperse.

– *Biologia.* [6 ore]

Elementi di biologia, microbiologia ed ingegneria delle reazioni biologiche ambientali; interazioni ambientali tra matrici e popolazioni microbiche complesse: sinergia e competizione.

– *Analisi di sistemi.* [4 ore]

Metodi e strategie per la minimizzazione di inquinanti nell'ambiente: approccio sistemico nell'analisi dei cicli di produzione, analisi del ciclo di "vita" di beni e prodotti.

– *Principi.* [6 ore]

Principi delle tecnologie per la limitazione di inquinanti in flussi di

aria: riduzione di particelle sospese, sostanze gassose, vapori;

acqua: trattamenti meccanici, chimico-fisici, biologici;

solidi: raccolte differenziate e valorizzazione, trattamenti biologici e termici.

– *Matrici tossico-nocive.* [8 ore]

Trattamenti chimico-fisici: elettrocinetici, ultrafiltrazione, estrazione con solventi, desorbimento a bassa temperatura, preevaporazione, raggi X e UV, assorbimento, adsorbimento;

stabilizzazione-solidificazione chimica, fisica, termica, polimerica;

verificazione: termica, chimica;

trattamenti biologici: aerobici, anaerobici, misti.

– *Principi di bonifica ambientale*. [8 ore]

Tecniche sperimentali e simulazione per la stima di aree compromesse (falde e terreni);
trattamenti: meccanici, chimico-fisici, *bioremediation*.

ESERCITAZIONI

Saranno eseguiti degli esercizi di calcolo finalizzati alla comprensione dei principi esposti nelle lezioni teoriche.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dalle lezioni.

M.D. La Greca, P.L. Buckingham, J.C. Evans, *Hazardous waste management*, McGraw-Hill, 1994.

G. Tchobanoglous, H. Theisen, S.A. Vigil, *Integrated solid waste management*, McGraw-Hill, 1993.

V.V. Kafarov, *Wastless chemical processing*, Mir, 1985.

R 403 0**Processi biologici industriali**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 56+28 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Genon

Il corso si propone di chiarire i concetti di base, e successivamente illustrare i principali procedimenti industriali, i quali utilizzino microrganismi allo scopo di ottenere la produzione di composti chimici di base, alimenti, biomasse. In tal senso, ad una prima parte di carattere generale concernente i meccanismi fondamentali fisici, chimici e biologici dell'ingegneria biochimica, ed i relativi modelli di interpretazione, segue una seconda parte più applicativa e tecnologica, volta ad illustrare dal punto di vista dello schema di processo le operazioni più importanti della microbiologia industriale.

REQUISITI

È propedeutico al corso l'apprendimento dei necessari fondamenti di *chimica industriale* e di *principi di ingegneria chimica*.

PROGRAMMA

– *Premesse di microbiologia.*

Caratteristiche dei microrganismi di interesse industriale, tipi, composizione, crescita, adattamento. [4 ore]

Meccanismi di utilizzo energetico e di trasformazione metabolica. [3 ore]

– *Ingegneria biochimica.*

Cinetica dei processi biologici, azione di inibitori, cinetica di crescita delle biomasse, relazioni tra cinetica e trasferimento di materia. [8 ore]

Funzionamento di reattori continui, discontinui, semicontinui con o senza ricircolo. [5 ore]

Trasferimento di ossigeno in reattori aerati, con agitazione meccanica, operanti con ricircolo.

Problemi di agitazione. *Scale-up* delle prestazioni. [10 ore]

Sterilizzazione termica del liquido culturale, mantenimento della sterilità, sterilizzazione dell'aria. [4 ore]

Particolarità costruttive dei reattori, sistemi di misura e di controllo. [6 ore]

Trattamento finale del liquido culturale, definizione dei costi di fermentazione. [4 ore]

– *Tecnologie applicative.*

Produzione di metaboliti primari (etanolo, acidi organici), di enzimi, di antibiotici. [6 ore]

Principi generali dell'ossidazione biologica, trattamento delle acque di scarico, concetto dell'età del fango, trattamenti anaerobici a biomasse sospese e fissate. [6 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono il calcolo di dimensionamento di apparecchiature e la definizione dello schema di processo di tecnologie microbiologiche. Più in dettaglio, esse trattano i seguenti argomenti:

1. processi metabolici e considerazioni bioenergetiche; [4 ore]
2. cinetica di processi biologici; [6 ore]
3. dimensionamento dei sistemi di trasferimento dell'ossigeno; [8 ore]

4. definizione di uno schema di processo e costi; [4 ore]
5. dimensionamento processistico di sistemi di depurazione. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

- S. Aiba, A.E. Humphrey, N.F. Millis, *Biochemical engineering*, 1973.
H.J. Rehm, G. Reed, *Biotechnology. Vol. 1 e 3*, 1983.
G. Genon, *Processi biologici industriali*, CLUT, 1993.

R 410 0**Produzione e trasporto degli idrocarburi**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Riccardo Varvelli (collab.: Raffaele Romagnoli)

Il corso si propone di fornire le conoscenze fondamentali per la definizione di una strategia ottimale di produzione dai giacimenti di idrocarburi sia liquidi che gassosi. Tale obiettivo viene raggiunto attraverso la conoscenza del mercato mondiale delle fonti di energia, delle caratteristiche produttive delle rocce serbatoio e dei pozzi, dei metodi per ottimizzare la vita produttiva dei pozzi e i fattori di recupero dai giacimenti, delle metodologie di intervento in pozzo e di progettazione di interventi di recupero assistito su scala di giacimento.

REQUISITI

Meccanica dei fluidi nel sottosuolo, tecnica della perforazione petrolifera.

PROGRAMMA

- Caratteristiche e dinamica del mercato mondiale della energia, ed analisi specifica del mercato mondiale di greggio, gas naturale e derivati petroliferi. Principi fondamentali di macro- e micro- economia riguardanti la commercializzazione di greggi e di semilavorati e la gestione di imprese in campo petrolifero. [31 ore]
- Il ruolo dei paesi detentori della maggior quantità di riserve petrolifere e dei maggiori produttori mondiali di idrocarburi. Sinergie, campi di comune convenienza, possibili elementi di contrasto e disaccordo, politiche mondiali e nazionali di risparmio energetico e/o di espansionismo ed aggressività commerciale. [10 ore]
- Compagnie contrattiste che eseguono interventi in pozzo di correzione, manutenzione, verifica, riqualificazione, conversione e chiusura mineraria dell'opera. [6 ore]
- Valutazione delle caratteristiche produttive dei pozzi e delle formazioni mediante l'interpretazione dei dati di produzione disponibili. Ottimizzazione delle campagne di raccolta ed elaborazione dei dati. Componentistica delle batterie di produzione. [8 ore]
- Attrezzature e metodologie per prolungare la vita produttiva dei pozzi petroliferi introducendo energia in pozzo per favorire il sollevamento di colonne fluide di idrocarburi: *gas lift*, elettropompe centrifughe sommerse, cavalletti di pompamento. Trattamento del greggio a testa pozzo e tecniche di esecuzione della separazione di fase in più stadi. Deidratazione del gas e abbattimento di sostanze dannose o inerti presenti negli idrocarburi di giacimento. Ottimizzazione dei regimi produttivi e gestione della coesistenza in *offshore* di attività contemporanee di ricerca e di produzione degli idrocarburi. [10 ore]
- Regimi di trasporto in condotte orizzontali di gas e olio: stazioni di ricompressione e di pompaggio; terminali petroliferi su terraferma ed in mare, stoccaggio degli idrocarburi a terra ed in contenitori sottomarini, trasporto via mare (navi metaniere) e linee generali progettuali di metanodotti intercontinentali. Misure e controlli da effettuarsi nell'ambito di un piano di manutenzione e gestione di reti di *pipelines*. [10 ore]

ESERCITAZIONI. [45 ore]

Le esercitazioni sono costituite da esempi di interpretazione di dati rilevati sul campo e da progetti di ottimizzazione della produzione da giacimenti di diversa tipologia.

Si sviluppa una analisi mondiale di tipo ABC dei principali detentori di riserve e dei principali produttori mondiali di idrocarburi.

Si analizza la struttura, la gestione e la lettura del bilancio di aziende ed industrie operanti nel mondo petrolifero.

Si comparano metodi alternativi di sollevamento artificiale in pozzi petroliferi, evidenziandone i rispettivi rapporti costi / benefici.

Si esegue lo sviluppo grafico di attrezzature impiegate per la esecuzione dei completamenti e per interventi di misura e controllo a fondo pozzo.

ESERCITAZIONI IN CANTIERE O SUL CAMPO

È in programma la esecuzione di un paio di visite tecniche annuali presso una unità di produzione o trattamento degli idrocarburi, e presso un cantiere navale di costruzione. collaudo e varo di piattaforme semisommersibili o di navi di perforazione per utilizzo delle medesime nel mare del Nord o nel mare Mediterraneo. È assolutamente consigliata la esecuzione di un tirocinio pratico a terra o in mare che prevede la stesura di una relazione scritta finale, che costituisce elemento di valutazione.

BIBLIOGRAFIA

G.L. Chierici, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, 2 vol., 1989, AGIP.

J.S. Archer, C.G. Wall, *Petroleum engineering : principles and practice*, Graham & Trotman, 1986.

K.E. Brown, *Artificial oil production principles*, 3 vol., Pennwell, Tulsa, 1974.

R. Varvelli, *Completamento di un pozzo petrolifero*, Giorgio, Torino, 1982.

ESAME

L'esame si svolge mediante due prove scritte ed una prova orale finale. Per accedere alla quale è necessario aver consegnato le esercitazioni, svolte durante l'anno, e la relazione scritta del tirocinio pratico, svolto in coda al semestre di frequenza, almeno 10 giorni prima della prova.

R 439 0**Prospezione geomineraria**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 56+40+40 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Federico Mastrangelo

Il corso si prefigge la finalità di fornire all'allievo una preparazione di base sull'ormai vastissima problematica della ricerca mineraria analizzandone sistematicamente i molteplici aspetti, a partire da quelli economici, per poi analizzare le varie metodiche impiegabili, sino a giungere alla definizione e valutazione tecnica ed economica del giacimento, senza dimenticare infine gli aspetti connessi alle problematiche di impatto ambientale e di recupero del territorio a coltivazione avvenuta.

I temi generali che verranno discussi risultano quindi i seguenti: aspetti economici (aleatorietà, rischio, dinamicità temporale del concetto di giacimento minerario) dell'attività di ricerca mineraria, sua programmazione con individuazione dei criteri generali per la sua suddivisione in fasi, significato della conoscenza geologica e metallogenica regionale, impiego delle tecniche di prospezione alluvionale, di quelle geofisiche e geochemiche, esplorazione del giacimento (campionatura e cubatura), analisi della coltivabilità, e valutazione tecnico-economica del giacimento, recupero all'ambiente.

REQUISITI

Sono ovviamente essenziali nozioni di mineralogia, petrografia, giacimenti minerari.

PROGRAMMA

– *Ruolo e significato della prospezione nell'industria mineraria.*

Caratteristiche di aleatorietà dell'attività di ricerca, strategie economiche e tecniche d'approccio (teoria dei giochi, legge di rovina del giocatore), ruolo dello Stato e ruolo dell'imprenditore privato, differenziazione e convergenza delle rispettive finalità. Minimizzazione delle perdite mediante il ricorso al grafo prosiegua – abbandono. Analisi di alcuni possibili programmi di ricerca applicabili a situazioni diverse.

– *Richiami di giacimentologia e metallogenesi*, con particolare riguardo alle correlazioni tra giacimenti e contesti geo-strutturali.

– *Fase documentale.*

Documentazione topografica, geologica e giacimentologica di base; le varie fonti utilizzabili. Fotointerpretazione e telerilevamento da piattaforma aerea e da satellite. Documentazione geomineraria. Redazione della documentazione preliminare sulle potenzialità metallogeniche di una regione.

– *Fase strategica.*

Metodi specifici di telerilevamento, prospezione alluvionale nelle sue varie tecniche. Prospezione geochemica strategica sulle acque, sui suoli, sulle rocce, richiami di prospezione geofisica. Esempi di applicazioni

– *Fase tattica.*

Prospezione geochemica tattica sulle acque, sui suoli residuali e non, sulle rocce, cenni di prospezione biogeochemica e geobotanica. Integrazione particolare in questa fase tra tecniche geochemiche e geofisiche.

– *Studio della mineralizzazione.*

Rilievo speditivo, lavori di accertamento in superficie, valutazione dell'indizio, schedatura e carta degli indizi.

– *Esplorazione nel sottosuolo.*

Sondaggi, loro tipologia, maglia di sondaggio; lavori di diretto accesso, loro progettazione in funzione della successiva coltivazione. Rilievi in sotterraneo durante l'attività estrattiva: campionatura, metodi, utilizzazione dei campioni, tenori; cubatura, metodi, classificazione delle riserve; la valutazione tecnica del giacimento ed i vari metodi; cenno alle tecniche geostatistiche.

– *Analisi economica della coltivabilità*, i criteri possibili (casi estremi: Hoskoldt ed Eldridge)

Cenni alle problematiche di VIA e di recupero ambientale.

Valutazione finale tecnico-economica del giacimento.

ESERCITAZIONI

Esame di documenti cartografici di vario tipo, problemi di stratimetria, stime di tenori e cubature. Esercitazioni di campagna (rilievo geologico speditivo, prospezione mineralogica alluvionale, prospezione radiometrica); rilievo di mineralizzazioni affioranti.

R 447 0**Recupero delle materie prime secondarie**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Carlo Clerici

Dopo una presentazione generale delle problematiche riguardanti la produzione dei rifiuti, il corso intende illustrare i principi, le tecnologie e gli schemi operativi per il recupero di materiali utili dai rifiuti, sia urbani che di origine industriale, allo scopo di formare specialisti nel campo progettuale e gestionale del trattamento di tali materie prime secondarie.

PROGRAMMA

- Generalità sui rifiuti: la nozione di rifiuto, la definizione legislativa, il ciclo dei rifiuti, vantaggi e svantaggi del recupero.
- Classificazione dei rifiuti: rifiuti urbani e assimilabili, rifiuti speciali, rifiuti tossico-nocivi.
- Introduzione ai processi di trattamento dei rifiuti, basati essenzialmente su separazioni di carattere fisico; campionatura, esame delle proprietà fisiche degli insiemi di grani.
- Le tecnologie della comminuzione: frantumatori a mascelle, rotativi, ad impulso, trituratori a cilindri ecc.; la macinazione in molini a tamburo rotante e di tipo speciale.
- La vagliatura e la classificazione industriale in mezzo fluido: griglie, *trommel*, vibrovagli, classificatori in corrente d'aria o d'acqua.
- I metodi di separazione di grani o particelle di diverse proprietà fisiche o di superficie: le separazioni per densità, la flottazione, le separazioni basate su proprietà magnetiche, elettriche, ottiche, meccaniche ed elastiche, morfologiche.
- I rifiuti solidi urbani: costituenti e problemi connessi al riciclo, la produzione e l'evoluzione composizionale.
- Tecnologie per il recupero di materie prime secondarie dai rifiuti solidi urbani. Il recupero di energia: le discariche (biogas) e l'incenerimento. La trasformazione in composti: compostaggio del tal quale e di materiali provenienti da raccolta differenziata. I processi basati sulla separazione dei costituenti: le separazioni sul tal quale. La raccolta differenziata e la sua importanza nella gestione integrata dei rifiuti.
- I processi di trattamento e nobilitazione dei materiali di recupero. carta e cartoni, vetro, plastiche, alluminio. Requisiti di qualità dei prodotti recuperati.
- I rifiuti speciali: generalità; esempi di processi di trattamento: le sabbie da fonderia, le macerie, le scorie di origine metallurgica, le discariche di attività estrattive, ecc.

ESERCITAZIONI

1. Progettazione di un impianto di trattamento di macerie per la produzione di granulati: definizione del ciclo di trattamento, proporzionamento delle macchine, disegno dell'impianto, calcolo del costo di trattamento. [8 ore]
2. Scelta di un sito per discarica di rifiuti solidi urbani: un esempio realizzato in un consorzio di comuni. [8 ore]

LABORATORIO

(suddivisione in squadre di circa 10 persone)

1. 1. Classificazione dei rifiuti contenenti amianto. [4 ore]
2. 2. Determinazioni pratiche di campionatura. [2 ore]
3. 3. Esame granulometrico di un campione di rifiuto. [2 ore]
4. 4. Trattamento di scoria d'altoforno per il recupero di prodotti ferrosi. [8-12 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti forniti dal docente.

Testo ausiliario:

G. Bressi, F. Becchis, A.L. De Cesaris, *La raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani ed assimilabili*, Istit. per l'ambiente, Milano, 1992.

ESAME

Scritto e orale.

R 455 0**Ricerca operativa**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+(2) (ore settimanali)

Docente: Maria Franca Norese (collab.: Gabriella Balestra)

Il corso intende introdurre diverse famiglie di metodi, adatti anche a problematiche diverse dalla scelta ottimale, ed analizzare utilizzi reali di strumenti della ricerca operativa in ambiti organizzativi. Il problema della modellizzazione di una situazione problematica e della validazione dei modelli, introdotto all'inizio del corso, sarà ripreso via via in relazione alle diverse famiglie di metodi.

PROGRAMMA*1. Ruolo e compiti della ricerca operativa.*

Approcci tecnico-operativi e strumenti metodologici. Processi di decisione, di aiuto alla decisione e di modellizzazione / validazione. Metodi quantitativi di ottimizzazione

2. Programmazione lineare.

Caratteristiche generali dei modelli; condizioni di linearità; struttura di un programma lineare; modelli di produzione, assegnazione, miscelazione e trasporto, modelli multiperiodali e misti; analisi di convessità; algoritmo del simplesso matriciale; metodo del simplesso classico e revisionato e sua interpretazione geometrica ed economica; teoria della dualità; analisi postottimale e parametrica.

3. Programmazione intera e mista.

Esempi di problemi classici, famiglie principali di metodi, metodo *branch and bound*, metodo di Balas, metodo di Gomory.

4. Problemi a struttura speciale.

Metodo del trasporto classico, assegnazione e trasferimento. Analisi multicriteri.

5. Approcci operativi ai problemi multiobiettivi / multicriteri.

Teoria dell'utilità multiattributi, metodi diretti ed indiretti per calcolare funzioni di utilità, metodi di ricerca del "miglior compromesso" tra obiettivi conflittuali (famiglie principali di metodi).

6. Modellizzazione multicriteri.

Processo di modellizzazione; problematiche di scelta, ordinamento e cernita; azioni, dimensioni e criteri; famiglia coerente di criteri; soglie e tipi di criteri; pesi ed importanza relativa dei criteri; relazione di surclassamento, surclassamento deterministico e fuzzy.

7. Metodi Electre.

Caratteristiche comuni e quadro comparativo. Metodi Electre I, II, III e IV.

8. Problematica di cernita e segmentazione.

Caratteristiche generali dei metodi, metodo Moscarola e Roy, metodo *n-tomic*. Introduzione ad altre famiglie di metodi

9. Ottimizzazione su grafi e reticoli.

Concetti generali e definizioni. Metodi di ricerca di circuiti e di nucleo. Albero minimo. Cammini ottimali. Flussi in un reticolo, metodo di *max* flusso / *min* taglio.

10. Tecniche euristiche.

Concetti generali. Famiglie principali di metodi (*simulated annealing*, algoritmi genetici, *tabu search*).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, almeno due ore settimanali, comprenderanno esercizi relativi agli argomenti trattati a lezione, relativamente ai punti 2 [5 esercitazioni], 3 [2], 4 [1], 7 [2], 8 [2] e 9 [1].

LABORATORIO

Sono previste esercitazioni di laboratorio informatico (presso il LEP) con presentazione ed uso di SW su almeno tre classi di metodi (punti 2 e 3, 5, 7 e 8). Per il laboratorio informatico si prevede l'articolazione in squadre e l'assistenza ai gruppi dopo le presentazioni.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Ostanello, *Appunti del corso di ricerca operativa (programmazione lineare)*, CELID, Torino, 1983.

Dispense di Ricerca operativa (a cura di A. Ostanello), disponibili presso la CELID e comprendenti *Elementi di programmazione lineare intera*, *Metodi multicriteri* e *Ottimizzazione su grafi e reticoli*.

Appunti e documenti distribuiti durante le lezioni.

Testi ausiliari:

A. Colomi, *Elementi di ricerca operativa*, Zanichelli, Bologna, 1988.

H.A. Taha, *Operations research : an introduction*, Maxwell Macmillan, 1992.

ESAME

Nella I sessione ordinaria e nella III sessione (relativamente ad un solo appello) l'esame comprenderà:

una prova scritta (relativa agli argomenti sviluppati nelle esercitazioni) e, se superata la prima, una prova orale sugli argomenti trattati nei punti 1, 5, 6, 9 e 10. Ciascuna prova incide per circa il 50 % sul voto finale. Una raccolta di testi d'esame assegnati in passato è disponibile presso la segreteria didattica del dipartimento di Sistemi di produzione ed economia dell'azienda.

Nella II sessione ordinaria e nella III sessione (relativamente agli appelli senza scritto) l'esame sarà costituito da una prova orale su tutti gli argomenti trattati a lezione.

R 456 0**Rilevamento geologico tecnico**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 2+6 (ore settimanali)

Docente: Giampiero Barisone

Il corso, a carattere eminentemente pratico, è basato in maniera assolutamente predominante sulle esercitazioni sul terreno; in esso ci si propone di affrontare da un punto di vista tecnico-pratico le problematiche illustrate sotto l'aspetto teorico in corsi precedenti.

REQUISITI

Geofisica applicata, Principi di geotecnica, Litologia e geologia o Geologia applicata.

PROGRAMMA

- Il rilevamento geologico-tecnico per la pianificazione territoriale: aspetti e modalità a seconda della scala operativa e delle finalità perseguite. [2 ore]
- Ricerca, acquisizione controllo dati (cartografici, geologici, idrologici, territoriali). [1 ora]
- Carte tematiche di maggior impiego ed utilità: tipo di dati rappresentabili, grado di affidabilità, impegno economico e temporale richiesto, ecc. [2 ore]
- Integrazione dati tramite aereofotointerpretazione. [2 ore]
- Controlli ed integrazioni sul terreno; indagini in situ ed in laboratorio significative ed economicamente eseguibili. [3 ore]
- Il rilevamento geologico-tecnico per la progettazione di grandi infrastrutture o di interventi sul territorio: scale operative, aspetti e modalità a seconda delle finalità perseguite. [2 ore]
- Ricerca, acquisizione, controllo dati eventualmente già disponibili. [1 ora]
- Integrazione dati tramite foto aeree; controlli ed integrazioni sul terreno. [2 ore]
- Indagini *in situ* ed in laboratorio (geofisiche, geomeccaniche, ecc.): scelta del tipo e della densità in funzione delle specifiche problematiche da affrontare e del grado di rischio collegato. [5 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si svolgeranno in massima parte sul terreno (in aula solo per quanto riguarda interpretazione e restituzione dei dati acquisiti), e avranno come tema conduttore lo studio dell'idoneità di un sito per una qualche utilizzazione specifica (ad es., realizzazione di un tronco stradale, o di una discarica, o di un insediamento urbano).

È altresì previsto un "viaggio di istruzione" (durata 2-3 giorni), ovviamente facoltativo, e la cui effettuazione sarà subordinata, oltre che all'adesione degli studenti, alla concessione dei relativi contributi da parte della Facoltà.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dalle lezioni.

ESAME

Solo orale, con specifico riferimento allo studio effettuato sul terreno ed alle scelte operate per il suo corretto svolgimento.

R 474 0**Sicurezza e analisi di rischio**

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)
90+20 (nell'intero periodo)

Docente: Giovanni Del Tin (collab.: Andrea Carpignano)

Il corso si propone di fornire gli elementi conoscitivi e gli strumenti operativi per l'analisi di sicurezza di impianti e sistemi complessi attraverso le metodologie deterministiche e probabilistiche.

L'obiettivo è quello di fornire al futuro professionista una adeguata cultura tecnico-scientifica nel campo della sicurezza, utile ai fini della progettazione degli impianti e della relativa compatibilità ambientale, nonché della pianificazione di emergenza in situazioni incidentali.

REQUISITI

Sono nozioni propedeutiche quelle impartite nei corsi di *Fisica tecnica*, *Termodinamica applicata*, *Fluidodinamica*. Sono altresì richieste conoscenze di base concernenti le caratteristiche costruttive e funzionali dei più comuni componenti e sistemi dell'impiantistica industriale.

PROGRAMMA

– *Generalità*. [6 ore]

Generalità sulla sicurezza e l'analisi di rischio. Definizione, valutazione e accettabilità del rischio. L'analisi di rischio quale strumento di supporto per la Valutazione di Impatto Ambientale e per la pianificazione del territorio, rischio d'area. Rischi connessi all'impiantistica industriale, piani di emergenza interna ed esterna, normativa vigente in materia di sicurezza industriale. Rischi connessi alle attività di trasporto.

– *Analisi fenomenologica dell'evoluzione degli eventi incidentali e relative conseguenze*. [40 ore]

Identificazione degli eventi incidentali, interni all'azienda, rilevanti per la sicurezza delle aziende e dell'ambiente circostante.

Termine di sorgente: trattazione fenomenologica, identificazione dei possibili tipi di rilascio, modelli per la stima dell'entità del rilascio.

Fenomeni di incendio: trattazione fenomenologica, classificazione, modelli per la valutazione delle conseguenze, misure di salvaguardia.

Fenomeni di esplosione: trattazione fenomenologica, classificazione, modelli per la valutazione delle conseguenze, misure di salvaguardia.

Dispersione di inquinanti nell'ambiente: trattazione fenomenologica, identificazione dei meccanismi di trasporto, modelli per la stima delle concentrazioni.

Stima dei danni: vulnerabilità dell'uomo, delle strutture e dell'ambiente.

Identificazione e studio degli eventi di provenienza esterna: eventi naturali (terremoti, inondazioni, frane) ed eventi causati da altre attività industriali.

– *Algebra degli eventi e calcolo probabilistico*. [4 ore]

Algebra degli eventi, utilizzo dell'algebra degli eventi nell'analisi di affidabilità. Definizione di *cut set* e *minimal cut set*. Teoria delle probabilità, teoremi sul calcolo probabilistico, teorema di Bayes. Utilizzo dei teoremi di calcolo probabilistico ai fini dell'analisi di affidabilità.

– *Analisi di affidabilità di sistemi.* [20 ore]

Definizione di componente e sistema. Definizione di affidabilità e disponibilità. Determinazione empirica dell'affidabilità di componenti non riparabili. Tasso di guasto e densità di guasto non condizionata. Distribuzioni. Analisi di sistemi di componenti non riparabili: parallelo, serie, logica maggioritaria, *stand-by*. Riparabilità di componenti. Analisi di sistemi con componenti riparabili, parametri affidabilistici che caratterizzano i componenti riparabili, calcolo dell'indisponibilità di componenti riparabili, valutazione empirica di affidabilità e disponibilità per componenti riparabili. Calcolo dell'indisponibilità e dell'affidabilità di un sistema mediante *minimal cut set*. Componenti sottoposti a *test*, calcolo del periodo di *test* ottimale, politiche di *test* per sistemi serie e parallelo. Indici di criticità.

– *Metodologie per l'analisi di affidabilità e sicurezza.* [20 ore]

Schema metodologico dell'analisi di sicurezza. Metodologie speditive e metodologie dettagliate. Identificazione degli eventi iniziatori (HAZOP, FMECA, ecc.) ed esempi applicativi. Analisi dei sistemi (*fault tree*, Markov, blocchi di affidabilità). Cause comuni di guasto. Analisi di sequenze incidentali (*event tree*, metodologie dinamiche, alberi fenomenologici). Analisi di vulnerabilità. Strumenti informatici per l'analisi di sicurezza.

ESERCITAZIONI. [20 ore]

Agli allievi è proposta un'esercitazione pratica che consiste nell'analisi di sicurezza di un sistema industriale complesso o di un sistema di trasporto ai fini della determinazione dell'impatto ambientale che si avrebbe in caso di incidente. L'esercitazione richiede l'applicazione delle metodologie trattate nelle varie parti del corso.

BIBLIOGRAFIA

- M.D. Shooman, *Probabilistic reliability: an engineering approach*, Mc Graw-Hill, 1969.
 A. Villemeure, *Sureté de fonctionnement des systèmes industriels*, Eyrolles, Paris, 1988.
Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Center for Chemical Process Safety of the AIChE, New York, 1989.
Methods for the calculation of physical effects, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (TNO), Voorburg, 1988.
Methods for the determination of possible damage, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (TNO), Voorburg, 1989.

R 521 0**Storia dell'architettura e dell'urbanistica**

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)
72+48 (nell'intero periodo)

Docente: *da nominare*

Il corso ha lo scopo di avviare la formazione delle capacità di indagine storica e di interpretazione critica necessarie alla configurazione dei problemi e alla progettazione in campo architettonico, urbanistico e territoriale.

PROGRAMMA

Il corso è organizzato in unità didattiche di dieci ore settimanali, costituite da lezioni in aula e sopralluogo e da esercitazioni. Le unità toccano successivi periodi della storia architettonica ed urbanistica, incentrando l'attenzione, volta per volta, su uno o più esempi particolarmente significativi.

In prevalenza, tali esempi vengono scelti nell'ambito della città e della regione, con i seguenti requisiti: essere accessibili e direttamente studiabili *in situ*, presentare ampie e articolate valenze, dal piano architettonico al piano del tessuto e dell'ambiente urbano o territoriale.

Ogni unità didattica si apre con una lezione in aula, dove viene delineato un quadro storico e culturale del periodo in oggetto, con lo scopo, in particolare, di portare gli allievi in condizioni di cogliere funzioni, significati e valori degli esempi scelti. Le lezioni successive sono dedicate allo studio e alla schedatura sopralluogo di tali esempi. L'unità si conclude con una esercitazione dove viene redatta una relazione scritta ed illustrata con schizzi.

Il corso è articolato in tre moduli didattici di circa quattro settimane ciascuno:

1. dalla Romanità al Manierismo,
2. dal Barocco all'Ecclettismo,
3. dal Liberty ad oggi.

ESERCITAZIONI

Redazione in aula di relazioni scritte ed illustrate con disegni a mano libera. Sviluppo di una breve ricerca storico-critica su uno specifico tema concordato.

BIBLIOGRAFIA. Per ogni unità didattica, vengono messe a disposizione degli studenti raccolte di riproduzioni di documenti scritti e iconografici.

R 543 0**Tecnica della perforazione petrolifera**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Raffaele Romagnoli

Il corso si propone di fornire le conoscenze tecnico-scientifiche indispensabili per una corretta programmazione ed esecuzione dei pozzi petroliferi. Questo obiettivo viene raggiunto attraverso la conoscenza tecnologica di batterie e strumentazione accessoria, delle caratteristiche del circuito idraulico del fango, degli strati da attraversare e del giacimento petrolifero medesimo.

Si vuole fornire al futuro ingegnere una anteprima sulle difficoltà e i processi decisionali che occorre rapidamente affrontare durante la vita di cantiere, allorché qualunque emergenza può presentarsi in qualunque istante delle 24 ore. In particolare, si vuol sviluppare l'attitudine al controllo idraulico dei fenomeni in pozzo ed alla previsione delle loro possibili evoluzioni e conseguenze. Attenzione speciale viene dedicata al problema dello smaltimento dei reflui di perforazione e della normalizzazione dei fanghi.

REQUISITI

Ingegneria degli scavi, Disegno, Elettrotecnica, Idraulica, Meccanica dei fluidi, Sistemi Energetici, Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

- Organizzazione dei cantieri di perforazione; evoluzione della configurazione di un pozzo a terra e a mare dall'intesto fino alla esecuzione del completamento. [8 ore]
- Operazioni di perforazione *rotary*: tipi di impianti esistenti, batteria, attrezzature ausiliarie e colonne di rivestimento, funi, organi di avvolgimento e controllo dei fenomeni di fatica ed usura. [12 ore]
- Perforazione orientata, tecniche di stabilizzazione delle traiettorie, controlli e nuove tecnologie di esecuzione rapida. Controllo del rapporto costi / benefici. [6 ore]
- Proprietà dei fluidi impiegati per trasporto e sollevamento dei detriti di perforazione: controlli, simulazioni e modellizzazioni dei comportamenti reologici ed idraulici. Valutazione delle proprietà (in laboratorio) e impiego dei risultati in programmi di calcolo automatico impiegati per la previsione in tempo reale dei comportamenti in pozzo. [12 ore]
- Composizione, additivi e correttivi dei fanghi di perforazione e delle malte da cemento impiegate nella industria petrolifera. Ottimizzazione dei sistemi di spinta del fango e del circuito idraulico, inclusi gli ugelli presenti sullo scalpello. Caratterizzazione e potenzialità dell'effetto getto. Novità tecnologiche a proposito di scalpelli PDC. [10 ore]
- Andamento delle pressioni statiche e motrici in pozzo, con riferimento particolare a pressioni interstiziali e di fratturazione durante qualunque manovra od operazione eseguita od eseguibile. Manovre necessarie per mantenere preventivamente il controllo del pozzo in formazioni in sovrappressione e per ripristinarlo dopo incidenti idraulici di svariati tipi. Manovre estreme di taglio batteria e/o abbandono rapido dell'impianto. Apparecchiature di sicurezza del pozzo. *Preventers* a ganasce trancianti: limiti e problemi di impiego pratico. [10 ore]

- Dispositivi e norme di sicurezza per l'esercizio ottimale dell'impianto; problemi di ambienti chimicamente o fisicamente aggressivi; problemi di manutenzione e controlli periodici di attrezzature e strutture presenti. [6 ore]
- Ottimizzazione della perforazione *offshore* e dello sviluppo dei giacimenti fuori costa: cenni ad attività contemporanee di perforazione e produzione. [6 ore]
- Teste pozzo sottomarine: studio progettuale per ottimizzarne la funzionalità in funzione degli scopi della attività di ricerca in corso di svolgimento. *Risers* di perforazione e componentistica per lo svolgimento della perforazione petrolifera in mare, e in zone artiche. [6 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula sono costituite da esempi di interpretazione di dati reali, per lo più concernenti la ottimizzazione di batterie di perforazione, circuiti idraulici e impianti di produzione, trasformazione ed impiego dell'energia. Sono in programma tavole grafiche aventi come oggetto la rappresentazione delle teste pozzo e dei pertinenti sistemi di sicurezza, e lo sviluppo degli andamenti spazio-temporali delle pressioni durante la esecuzione di manovre idrauliche.

ESERCITAZIONI SUL CAMPO

Durante il corso sono in programma visite tecniche ad impianti di perforazione petrolifera siti nella pianura padana o a scuole e centri di formazione di tecnici specializzati nell'esercizio ed impiego di impianti ed attrezzature di perforazione.

BIBLIOGRAFIA

P.L. Moore, *Drilling practices manual*, Pennwell, Tulsa, 1995.

W.C. Goins, R. Sheffield, *Blowout prevention*, Gulf Publishing Co., 1983.

A. V., *Retroleum Eng. Handbook*, Bradley, 1994

ESAME

L'esame si svolge mediante una prova scritta ed una orale. È consigliata (ma facoltativa) la esecuzione di un tirocinio pratico in cantiere, corredata da relazione scritta. Per accedere all'esame finale occorre consegnare tale relazione almeno 8 giorni prima.

R 544 0**Tecnica della sicurezza ambientale**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 70+25 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Norberto Piccinini (collab.: Italo Mazzarino, Guido Sassi)

Nel quadro dell'ampio significato dei termini "rischio" e "sicurezza", il corso intende fornire gli strumenti per individuare le pericolosità nelle varie attività e definire procedimenti, tecnici od organizzativi, per raggiungere obiettivi di sicurezza. Il corso intende inoltre trasferire le valutazioni dei rischi in processi decisionali per una corretta progettazione e per una attenta gestione dei rischi imprenditoriali od ambientali.

REQUISITI

Sarebbe opportuno che l'allievo avesse superato un insegnamento di *impianti*.

PROGRAMMA

Incidenti e rischi nelle attività umane. [6 ore]

Infortunati sul lavoro e malattie professionali. Evoluzione dei concetti di "rischio" e "sicurezza". Scale e parametri per valutazioni di tollerabilità dei rischi. Le valutazioni di impatto ambientale. *Environmental audits*.

Pericolosità di prodotti ed operazioni industriali. [20 ore]

Tossicità delle sostanze chimiche. Reazioni di combustione ed esplosive. Elementi di protezione contro gli incendi. Rischi legati all'uso dell'energia elettrica.

Metodi di studio dei rischi nelle attività antropiche (impianti industriali e grandi opere infrastrutturali). Metodi basati sul giudizio ingegneristico (indici di rischio, *safety audits*, *check list*). Approccio storico a mezzo banche dati incidenti. [4 ore]

Valutazioni probabilistiche dei rischi. [16 ore]

- Metodi per l'individuazione delle pericolosità di origine interna agli impianti (analisi di operabilità, Hazop, analisi dei guasti e loro effetti; FMEA).
- Valutazione della risposta di un impianto al verificarsi di un guasto per mezzo di alberi logici e decisionali (diagramma delle sequenze incidentali, albero degli eventi, albero dei guasti, diagramma logico cause - conseguenze).
- Stima della frequenza di eventi incidentali (risoluzione di alberi logici).
- Analisi di sequenze incidentali di tipo dinamico.

Principi e metodi dell'affidabilità tecnologica. [8 ore]

Affidabilità di un componente, di sistemi operativi (in serie o in parallelo, a logica maggioritaria), di sistemi in attesa di intervento. Banche dati affidabilità. Analisi di sistemi tramite catene di Markov.

Valutazione degli errori umani. [2 ore]

Cause e tipi di errore umano. Modelli e dati per la stima dell'affidabilità umana.

Danni all'ambiente. [14 ore]

Uso irrazionale delle risorse, cattiva gestione del suolo e dei reflui (solidi, liquidi e gassosi).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella preparazione di relazioni tecniche dai differenti contenuti. Gli argomenti trattati dovranno quindi essere presentati in modo schematico evitando la forma

colloquiale. Per la loro stesura si dovranno seguire i principi di massima contenuti nel volume *Saper comunicare: cenni di scrittura tecnico scientifica*, pubblicato dall'Ateneo nel 1993. In particolare, in ogni relazione dovrà essere presente l'*indice* con l'adeguato livello di dettaglio. Questo deve contenere quanto meno lo *scopo* e la *bibliografia* e la lista dei *simboli*. Oltre agli aspetti sostanziali anche quelli formali di presentazione devono essere curati.

Il primo giorno di lezione il docente fornirà dettagliate istruzioni sui contenuti ed i tempi di consegna delle seguenti esercitazioni:

1. Costituzione di un prototipo di banca dati incidenti e analisi di pericolosità.
2. Applicazioni delle differenti metodologie di analisi dei rischi.
3. Elaborazione di una specifica per omologazione di un prototipo.
4. Analisi delle relazioni cause – effetti su un componente di macchina uscito di servizio.
5. Relazione dettagliata su un tema ambientale o di sicurezza di interesse dell'allievo.

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico sarà messo a disposizione durante il corso.

Norme per la prevenzione degli infortuni.

N. Piccinini, *Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica*, SCCFQIM, Barcellona, 1985.

S. Messina, N. Piccinini, G. Zappellini, *Valutazione probabilistica di rischio*, 3ASI. D.A.

Crowl, J.F. Louvar, *Chemical process safety*, Prentice-Hall, 1990.

ESAME

L'esame, costituito da uno scritto e un orale, verte esclusivamente sul programma svolto a lezione, che pertanto può subire variazioni di anno in anno. Lo scritto è relativo solo alle applicazioni delle metodologie sull'analisi dei rischi (durata della prova: 3 ore; sono consultabili appunti, libri od esercizi svolti).

R 549 0**Tecnica ed economia dei trasporti**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Adelmo Crotti (collab.: Cristina Pronello, Bruno Scuero)

Il corso ha lo scopo di fornire i fondamenti dell'ingegneria dei trasporti attraverso la trattazione delle principali teorie che stanno alla base della pianificazione, della tecnica e della gestione dei sistemi di trasporto.

Si configura pertanto come corso formativo e informativo di settore e propedeutico per i corsi specialistici del 5° anno.

REQUISITI

Istituzioni di economia, Meccanica applicata alle macchine + Macchine, Elettrotecnica.

PROGRAMMA

– *Premessa.* [6 ore]

L'ingegneria dei trasporti nella formazione e nella professione degli ingegneri. Basi storiche dell'attuale assetto dei trasporti. La politica dei trasporti in Italia e nei paesi industrializzati. L'organizzazione dei trasporti in Italia.

– *Elementi di economia dei trasporti.* [6 ore]

La spesa nazionale nel settore trasporti ed il conto nazionale dei trasporti. Le forme di mercato e le sue imperfezioni. I costi di produzione. Le tariffe. Le sovvenzioni alle imprese, la politica fiscale. Analisi della domanda e dell'offerta di trasporto.

– *La pianificazione dei trasporti.* [6 ore]

Modelli di domanda e di offerta. Modelli previsionali. Tecniche quantitative per la pianificazione dei trasporti.

– *Elementi di tecnica dei trasporti.* [8 ore]

Caratteristiche e prestazioni dei veicoli terrestri. Il moto del veicolo: forze attive e resistenze. Caratteristiche meccaniche dei motori di trazione. Fasi caratteristiche del moto.

– *La congestione nei sistemi di trasporto.* [8 ore]

Caratteristiche e prestazioni delle infrastrutture stradali e ferroviarie. Le teorie del deflusso: capacità e potenzialità di trasporto. I sistemi a guida libera e a guida vincolata. Sistemi di esercizio e regimi di circolazione.

– *Esercizio dei sistemi di trasporto.* [6 ore]

Le prestazioni dei sistemi di trasporto. Sistemi di trasporto integrati, nodi di interscambio, intermodalità. I trasporti metropolitani.

– *Organizzazione ed economia delle imprese di trasporto.* [6 ore]

Le risorse per la produzione del trasporto. Bilanci ed indicatori gestionali. Costi e ricavi totali, medi e marginali. Punto di pareggio e di massimo profitto. Organizzazione delle imprese.

– *Valutazione degli investimenti e dei progetti.* [4 ore]

L'analisi finanziaria. L'analisi economica. L'analisi costo – efficienza.

ESERCITAZIONI

1. Definizioni e nomenclatura attinenti i veicoli e le infrastrutture stradali. Il moto del veicolo isolato, forze attive e resistenze. [4 ore]
2. L'equazione del moto. Calcolo delle prestazioni degli autoveicoli a regime e nelle fasi di accelerazione e frenatura. [4 ore]
3. Definizioni e nomenclatura attinente i veicoli e le infrastrutture ferroviarie. Formule sperimentali per il calcolo delle resistenze ordinarie ed accidentali. [4 ore]
4. Diagrammi di trazione e integrazione tabellare dell'equazione del moto. [4 ore]
5. Capacità e livello di servizio delle strade. Applicazioni dal manuale HCM. [4 ore]
6. Potenzialità di circolazione delle linee ferroviarie. Regimi di circolazione. [4 ore]
7. Sistemi a barriera e loro dimensionamento. [4 ore]
8. Dimensionamento dei servizi di trasporto, risorse occorrenti. Orari grafici. [4 ore]
9. Costo del trasporto. Bilanci. Indicatori gestionali. [4 ore]
10. Introduzione alla pianificazione dei trasporti. Fasi operative. Valutazione degli investimenti e dei progetti. [4 ore]
11. Valutazioni economiche. [4 ore]
12. Valutazioni multiobiettivi e multicriteri. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Mario Del Viscovo, *Economia dei trasporti*, UTET.

Vincenzo Torrieri, *Analisi del sistema dei trasporti*, Falzea.

Appunti del corso.

ESAME

Prova d'esame scritta e orale.

Esame scritto. Risoluzione di esercizi su argomenti trattati nelle esercitazioni, con possibilità di consultazione di testi e appunti.

Esame orale. Per l'ammissione alla prova orale occorre aver superato con esito almeno sufficiente la prova scritta.

R 551 0**Tecnica urbanistica**

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+1 (ore settimanali)
52+52+10 (nell'intero periodo)

Docente: Enrico Desideri

Il corso si propone di introdurre gli studenti alle tematiche dell'urbanistica, delle tecniche urbanistiche per la pianificazione del territorio e del processo di pianificazione urbanistica, fornendo un quadro di riferimento delle vicende salienti dell'esperienza urbanistica in Italia ed all'estero.

D'intesa con il docente saranno definiti, all'inizio del corso, i temi di ricerca, da sviluppare durante le esercitazioni da assegnare ai singoli gruppi e che potranno riguardare l'analisi diretta di un ambiente geografico delle composite componenti di umanizzazione (fattori sociologici, ambientali, organizzativi, formali ecc.).

PROGRAMMA

- Introduzione all'urbanistica: dalla genesi delle città allo sviluppo della città moderna, con particolare riferimento ai problemi legati alla tecnica ed alla pianificazione urbanistica. La Grecia e la pianificazione ellenistica, Roma e la sua opera di pianificazione, l'alto Medioevo ed il risveglio della città-stato comunale, la trattatistica e le realizzazioni urbanistiche del rinascimento. Il Settecento: cultura e sviluppi economici, città di residenza e città di colonizzazione. Le grandi trasformazioni ottocentesche, Parigi, il Ring di Vienna e l'azione di Camillo Sitte. Da Owen alla città giardino e all'urbanistica moderna. La città cablata.
- L'evoluzione degli studi urbanistici: contributi delle discipline sociologiche, storiche, geografiche ed economiche. Il pensiero urbanistico e gli schemi ideali: il movimento razionalista, la carta di Atene, il piano di Amsterdam, Broadacre City e le nuove città dell'epoca contemporanea.
- Le problematiche dell'edilizia e dei relativi *standard*. Traffico, strade e circolazione. Le piazze e loro caratteri requisiti. Caratteri delle strade urbane: andamento planimetrico, orientamento, andamento altimetrico, sezioni stradali urbane: strade ed edilizia. La circolazione stradale, aree pedonali, trasporti urbani pubblici su strada o in sotterranea (metropolitane).
- Le infrastrutture urbane e gli *standards* urbanistici. Zone verdi e tempo libero: giardini e parchi pubblici, campi di gioco e zone sportive, dotazione e distribuzione del verde nei complessi urbani, sistemi organici del verde.
- La progettazione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria: la legislazione delle opere pubbliche e la predisposizione degli elaborati progettuali, di contabilità e di collaudo.
- Obiettivi e attuazione della pianificazione territoriale ed urbanistica: gli esempi più significativi.
- Lineamenti generali e livello della pianificazione urbanistica: lineamenti di piano nazionale, piano territoriali di coordinamento, piani comprensoriali, sub-regionali, settoriali. Piani regolatori e strumenti urbanistici esecutivi. L'evoluzione urbanistica italiana prima e dopo la legge generale n. 1150 del 1942.
- La pianificazione urbanistica e le risorse ambientali: la strumentazione urbanistica e la tutela del paesaggio.

- Introduzione all'elaborazione automatica dei dati territoriali: l'informatica come strumento per la cartografia ed il governo del territorio. Applicazioni nel campo della pianificazione urbanistica generale (PRGC) e strumentazione urbanistica esecutiva (Piani Particolareggiato, Piani Esecutivi Convenzionati ecc.). Gestione della certificazione urbanistica informatizzata e gestione delle pratiche edilizie negli uffici tecnici comunali collegati alla informatizzazione del PRGC.
- Uso agricolo ed urbano del suolo: rendite economiche e rendite di posizione.
- Il processo di urbanizzazione e crescita del sistema di città. Funzioni urbane e classificazione funzionale della città. Le funzioni centrali e la teoria del *central place*. Le teorie della localizzazione industriale.
- Il ruolo dei modelli nel processo di pianificazione: principi per la progettazione e l'uso dei modelli.
- La valutazione di impatto ambientale: applicazioni a livello locale e nazionale: raffronti tra normativa italiana e normativa estera.
- La pianificazione territoriale in Occidente, con particolare riferimento ai paesi anglosassoni (Gran Bretagna e Stati Uniti) ed all'Europa continentale (Francia, Svizzera, Germania, Olanda, Belgio, Grecia).
- Innovazione tecnologica e trasformazioni territoriali. I poli scientifico tecnologici. Tecnopoli e Tecnòpoli.
- Il governo delle aree metropolitane: legislazione italiana, ed esempi di legislazioni estere. Illustrazione di esempi significativi di trasformazioni urbane e metropolitane nei paesi occidentali e nei paesi in via di sviluppo.

ESERCITAZIONI E LABORATORIO

Le esercitazioni saranno sviluppate in modo tale da consentire allo studente l'acquisizione di capacità progettuali per la predisposizione di Strumenti Urbanistici Esecutivi e di progetti di gestione territoriale collegati alla pianificazione urbanistica e territoriale. Indagini e rilievi di tipologie urbanistiche e raffronti con modelli illustrati a lezione. Ricerche finalizzate alla comprensione di particolari problemi e temi sviluppati a lezione, per una migliore comprensione della realtà operativa professionale.

Le esercitazioni di laboratorio informatico verranno svolte dal docente come parte integrante e applicativa di alcuni argomenti trattati durante le lezioni e inserite di conseguenza nell'orario ufficiale.

BIBLIOGRAFIA

Durante il corso saranno messe a disposizione degli allievi dispense settoriali del corso: di volta in volta sarà fornita ampia bibliografia per l'approfondimento dei singoli temi.

ESAME

È prevista nella seconda parte del corso una prova scritta facoltativa, il superamento della quale comporta l'esonero della prova scritta dell'esame finale. Tale prova può essere ripetuta alla fine del corso (durata della prova un'ora e mezza: non sono consultabili appunti o libri di testo).

R 561 0**Tecnologia del petrolio e petrolchimica**

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 70+12 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Gozzelino

Il corso si propone di fornire una conoscenza di base ed attuale sugli aspetti chimici e tecnologici che caratterizzano la trasformazione del petrolio grezzo in intermedi impiegati nella industria chimica, e in prodotti finali. Attraverso analisi termodinamiche, cinetiche e processistiche si sviluppa una rassegna e studio delle tecnologie impiegate nella raffinazione del greggio e dei processi industriali sviluppati su grande scala per trasformare gli idrocarburi in derivati funzionalizzati di impiego generale e monomeri per la produzione di materiali polimerici.

REQUISITI

Il corso può essere seguito agevolmente se si hanno le conoscenze di base di *chimica organica* e di *chimica industriale*.

PROGRAMMA

– *Il petrolio come materia prima.* [6 ore]

Aspetti storici ed economici dell'impiego industriale degli idrocarburi derivati dal petrolio. Prodotti industriali di derivazione petrolchimica.

– *Valutazione tecnologica delle miscele idrocarburiche.* [6 ore]

Frazionamento del greggio. Composizione delle frazioni. Curve di distillazione. Proprietà tecnologiche. Rappresentazioni grafiche delle proprietà.

– *Processi di raffinazione.* [6 ore]

Miscela idrocarburiche di interesse energetico e petrolchimico. Processi di depurazione delle miscele gassose per assorbimento e adsorbimento. Trattamenti di depurazione per idrogenazione dei liquidi.

– *Conversione delle frazioni liquide e gassose.* [8 ore]

Catalizzatori per la interconversione di idrocarburi. Processi di: *cracking* catalitico, alchilazione, isomerizzazione, oligomerizzazione, *reforming* catalitico.

– *Prodotti petroliferi.* [6 ore]

Specifiche dei prodotti. *Blending*. Additivazione. Inquinamento ambientale da uso di idrocarburi. Criteri ecologici e di sicurezza nella manipolazione di miscele idrocarburiche. Infiammabilità.

– *Produzione di olefine leggere.* [9 ore]

Etilene. Monoolefine e diolefine da *steam cracking*. Modelli di reazione. Separazione e purificazione dei prodotti insaturi. Butadiene e isoprene da intermedi petrolchimici.

– *Produzione di aromatici.* [5 ore]

Fonti di idrocarburi aromatici. Separazione delle miscele BTX. Processi per separazione e purificazione degli isomeri C8 aromatici. Interconversione di aromatici alchilati. Derivati degli aromatici.

– *Acetilene.* [3 ore]

Produzione via carbochimica e petrolchimica, purificazione, usi.

– *Paraffine normali*. [2 ore]

Processi di separazione dalle frazioni leggere.

– *Carbonio industriale*. [3 ore]

Caratteristiche e tipologie. Processi per *coke* e *carbon black*. Applicazioni.

– *Intermedi petrolchimici*. [12 ore]

Monomeri, solventi e intermedi derivati da olefine leggere mediante processi di idroformilazione, ossidazione selettiva, idratazione, alogenazione.

– *Prodotti finali*. [4 ore]

Cenni sui processi di trasformazione dei petrolderivati in alcuni prodotti finiti di origine petrolchimica (detergenti, fibre, polimeri).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono in applicazioni, eventualmente in laboratorio, dei concetti sviluppati a lezione e in visite a complessi industriali che sviluppano processi petrolchimici.

BIBLIOGRAFIA

C. Giavarini, A. Girelli, *Tecnologia del petrolio*, Siderea, Roma.

C. Giavarini, A. Girelli, *Petrochimica*, Siderea, Roma.

Traccia di tutto il corso che il docente consegna agli studenti all'inizio dello stesso.

R 574 0**Telerilevamento**

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Giuliano Comoglio

Il termine telerilevamento significa letteralmente rilevamento a distanza. In questo corso vengono impartiti i principali concetti teorici e pratici relativi all'estrazione da dati, acquisiti da piattaforma aerea o satellitare, di informazioni di tipi geometrico, radiometrico e spettrale. Ampio spazio viene anche dedicato al problema della rappresentazione del territorio. Il telerilevamento resta l'elemento di base essenziale per la corretta interpretazione dei fenomeni che interagiscono con il territorio.

Questa disciplina fornisce gli strumenti di base generali indispensabili per chi dovrà occuparsi della corretta gestione del territorio e si pone come completamento della formazione nel campo delle scienze del rilevamento (*Topografia, Fotogrammetria, Cartografia numerica*).

REQUISITI

Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Fondamenti di informatica, Topografia* e possibilmente *Cartografia numerica* e *Fotogrammetria*.

PROGRAMMA

– *Principi di fisica*. [16 ore]

Leggi fisiche della radiazione, corpo nero, legge di Kirchhoff, radiometria, fotometria, geometria della radiazione, colorimetria, interazione tra radiazione e atmosfera, tra materia e energia, emissione termica, tipi di superfici, riflessione e diffusione dei mezzi naturali.

– *Trattamento delle immagini*. [18 ore]

Immagini e risoluzione, contrasto, potere risolvibile, scala, concetto di risoluzione, appunti di fotografia, strumenti ottico-elettronici di ripresa e restituzione, elementi di fotointerpretazione, elaborazione di immagini digitali, correzioni radiometriche, tecniche di enfattizzazione, filtri digitali, classificazione manuale e semiautomatica.

– *Sistemi e sensori*. [6 ore]

Satelliti Landsat, Spot, Ers, satelliti meteorologici e oceanografici.

– *Telerilevamento ed energia termica*. [4 ore]

Proprietà termiche degli oggetti, geometria delle immagini, sistemi di scansione, tecniche di interpretazione.

– *Telerilevamento nelle microonde*. [4 ore]

Geometria delle immagini, lunghezze d'onda, penetrazione, polarizzazione, direzione di presa, sistemi SLAR e SAR, equazione radar, umidità e rugosità delle superfici.

– *Applicazioni del telerilevamento*. [12 ore]

Vegetazione, idrologia e geologia, uso del suolo, sistemi informativi territoriali.

ESERCITAZIONI

Utilizzo di software per il trattamento delle immagini. [8 ore]

Analisi dei software disponibili.

Analisi geometriche e radiometriche di immagini digitali. [8 ore]

Principali elaborazioni geometriche e radiometriche di immagini digitali.

Analisi di problemi ambientali mediante l'uso del telerilevamento. [44 ore]

Approccio metodologico nello studio di un problema di natura ambientale (generalmente vengono presentati diversi temi su di cui gli allievi sperimenteranno le nozioni teorico-pratiche acquisite).

BIBLIOGRAFIA

Brivio, Lechi, Zilioli, *Il telerilevamento da aereo e da satellite*, Delfino, Sassari, 1993.

Campbell, *Introduction to remote sensing*, Guilford, New York, 1987.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova scritta (relazione) e una prova orale. La prova scritta consiste in una relazione finale sull'attività svolta dal candidato durante la terza parte delle esercitazioni. La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la relazione scritta ha avuto esito positivo.

R 575 0**Telerilevamento e diagnostica
elettromagnetica**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2(0)+2(4) (ore settimanali)

Docente: Giovanni Perona

Il corso intende fornire una panoramica esauriente sull'intero processo di acquisizione, elaborazione ed uso dei dati ambientali telerilevati.

Verranno considerati dati telerilevati, da satellite o altre piattaforme, mediante strumenti di acquisizione sensibili alla radiazione elettromagnetica ed il loro confronto con dati acquisiti in maniera puntuale da stazioni di rilevamento distribuite sul territorio collegate ad un unico sistema di telecontrollo ambientale. Verranno inoltre descritte le principali metodiche di diagnostica elettromagnetica applicate all'ambiente.

Il corso, di carattere interdisciplinare, anche se svolto nell'ambito del corso di laurea in Elettronica, potrà essere seguito da studenti di altri corsi di laurea, in quanto i prerequisiti sono di carattere generale (fisica, analisi matematica ed elementi di informatica).

REQUISITI

Fisica 1 e 2, corsi di matematica del biennio, corsi di informatica del biennio, *Calcolo numerico* (consigliato).

PROGRAMMA

I Problematiche, metodologie e caratteristiche del telerilevamento. [6 ore]

Introduzione al telerilevamento da satellite ed al suolo.

Introduzione agli IGIS (Integrated Geographical Information Systems).

Sistemi informativi geografici integrati per l'uso combinato di dati territoriali di tipo tradizionale e dati telerilevati (da satellite e non).

II Fondamenti teorici. [26 ore]

Radiometria.

Sistemi ottici.

Struttura dell'atmosfera terrestre.

Scattering ed assorbimento in atmosfera: concetti di assorbimento e di *scattering*; formazione delle linee di assorbimento ed emissione; assorbimento nell'ultravioletto, nel visibile, nell'infrarosso e nelle microonde; *scattering* di Rayleigh; *scattering* di Mie.

Teoria del trasferimento radiativo in atmosfera: grandezze fisiche significative; deduzione dell'equazione generale del trasferimento radiativo.

Equazione del trasferimento radiativo (RTE) in atmosfera a piani paralleli; problemi riguardanti le soluzioni analitiche e numeriche della RTE.

III Diagnostica elettromagnetica. [10 ore]

(Proprietà degli oggetti e loro firme spettrali).

Firme spettrali dall'ultravioletto al vicino e medio infrarosso: acqua, suolo nudo, vegetazione, neve e ghiaccio.

Superfici lambertiane e non.

Scattering da superfici ruvide e firme spettrali a microonde.

IV Sistemi satellitari, sensori e strumentazione. [10 ore]

Orbite satellitari.

Sistemi satellitari: LANDSAT, SPOT, MOS, SEASAT, ERS-1, ERS-2, J-ERS1, METEOSAT, TIROS NOAA, NIMBUS, etc.

Sensori e strumenti passivi (radiometri, *scanner* multispettrali, etc.).

Sensori e strumenti attivi a microonde (SAR, radar-altimetri, radar meteorologici, etc.).

Sensori e strumenti attivi a frequenze ottiche (LIDAR, DOASS, FTIR, etc.).

V Elaborazione, analisi ed interpretazione dei dati telerilevati. [14 ore]

Problematiche di georeferenziazione: il Global Positioning System (GPS).

Preelaborazioni: correzioni geometriche, georeferenziazione e correzioni atmosferiche.

Interpretazione e validazione dei dati telerilevati.

Tecniche di *image processing* di immagini digitali.

Classificazione tematica (e riconoscimento automatico di particolari strutture) a partire dai dati telerilevati: classificazione assistita (metodo del parallelepipedo, metodo della minima distanza dal valor medio, criterio di massima verosimiglianza) e non assistita (cenni di *cluster analysis*).

Analisi delle componenti principali e monitoraggio dei cambiamenti.

ESERCITAZIONI [14 ore]

Le esercitazioni in aula riguarderanno ciascuno degli argomenti presentati nel corso a partire dal punto II. Vi saranno poi alcune esercitazioni in aula propedeutiche a quelle effettuate sul calcolatore durante le ore di laboratorio.

LABORATORIO [4 ore ciascuna, 2 squadre]

1. Introduzione agli IGIS (Integrated Geographic Information System): dati geografici e loro rappresentazione digitale, strutture *raster* e *vector*, presentazione di *software* per IGIS.
2. Visualizzazione di mappe *raster* (immagini multispettrali, di radar ad apertura sintetica, di radarmeteorologico) e *vector* (ad esempio dati meteorologici e di inquinamento da centrale).
3. Ricerca per localizzazione e ricerca per attributo su immagini *raster* e *vector*.
4. Algebra delle mappe *raster* ed esempi applicativi.
5. Analisi di modelli numerici del terreno per applicazioni radarmeteorologiche: calcolo di pendenze ed orientamento, calcolo dei punti in vista da un determinato sito, calcolo dell'angolo di incidenza di fasci radar, determinazione degli spartiacque, simulazione del *ground clutter*.
6. Interpretazione di immagini acquisite da *scanner* multispettrali e da radar ad apertura sintetica.
7. Confronto tra diversi indici di vegetazione.
8. Classificazione tematica di mappe satellitari: procedure *supervised* (metodo del parallelepipedo, metodo della minima distanza dal valor medio, criterio di massima verosimiglianza) ed *unsupervised* (*cluster analysis*).
9. Analisi delle componenti principali e monitoraggio dei cambiamenti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

C. Elachi, *Introduction to the physics and techniques of remote sensing*, Wiley, 1987.

Testo ausiliario:

A.P. Cracknell, L.W.B. Hayes, *Introduction to remote sensing*, Taylor & Francis, 1991.

ESAME

Scritto per i primi tre appelli (febbraio e marzo) e qualora il numero degli iscritti all'appello sia superiore a 15.

R 588 0**Teoria e tecnica della circolazione**

Anno:periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Mario Villa (collab.: Francesco Iannelli)

Il corso si propone di fornire le conoscenze teoriche e le tecniche applicative necessarie ad affrontare e risolvere i principali problemi relativi al traffico e alla circolazione delle persone e dei veicoli sia nella fase di formazione della domanda di spostamento che nella fase di movimento e sosta. Si affrontano altresì gli argomenti della modellizzazione dei fenomeni della mobilità urbana e delle tecniche per il loro uso nella pianificazione della circolazione, delle indagini sulla domanda di spostamenti avendo come riferimento la redazione dei Piani Urbani del Traffico previsti dal Codice della strada e dalla sua normativa, con riferimento agli obiettivi che lo stesso codice delinea (fluidità, sicurezza, qualità dell'ambiente, riduzione dell'inquinamento). Infine vengono trattate le questioni della applicazione dei piani e delle procedure di valutazione di efficacia ed efficienza delle politiche adottate.

REQUISITI

Opportuna la frequenza di *Tecnica ed economia dei trasporti*.

PROGRAMMA

1. [1. settimana]

- *La pianificazione della mobilità e della circolazione*. Le relazioni fra il sistema economico e territoriale e la mobilità.
- La generazione della domanda di mobilità espressa dal territorio. I fenomeni della crescita urbana e le variabili fondamentali. I sistemi urbani lavoro-residenze e servizi. La mobilità urbana.
- La sequenza delle procedure di pianificazione: la definizione degli obiettivi, dei vincoli e degli scenari. Le variabili economiche, urbanistiche, tecnologiche e comportamentali.

2. [2. sett.]

- La generazione della mobilità: Le indagini O/D: a larga scala, alla scala urbana, alla scala microurbana, le indagini ISTAT.

3. [3. sett.]

- La modellistica di generazione degli spostamenti.
- I fenomeni della interattività economica e della mobilità. I fenomeni gravitazionali. I fenomeni della integrazione delle funzioni in rete e la mobilità di rete.
- La modellistica dei fenomeni interattivi: gravitazionale, etc. I fenomeni dissuasivi.

4. [4. sett.]

- La distribuzione degli spostamenti sul territorio e alla scala urbana: modelli di interazione spaziale a semplice doppio vincolo, le matrici di calibrazione, le matrici dei tempi. I modelli di Fratar. Il modello di equilibrio preferenziale.
- Il sistema dell'offerta: l'offerta di infrastrutture e di servizi di trasporto.
- La determinazione quantitativa e qualitativa della offerta.

5. [5. sett.]

- La teoria della capacità delle strade.
- 6. Teoria del deflusso ininterrotto. Modelli deterministici, modello di Greenberg o General Motor, modelli lineari e modelli quadratici;

7. tecniche di stima della capacità delle sezioni stradali. Il manuale HCM;
8. le rilevazioni di flusso, le indagini di flusso, il trattamento dei dati e gli archivi;
9. le tecniche e le tecnologie del rilevamento.
10. [6. sett.]
 - *La regolazione delle intersezioni.* Le intersezioni e il flusso interrotto.
11. La geometria delle intersezioni: a raso, a più livelli, a rotatoria, le rampe, le immissioni e le diversioni. *Software* applicativo.
12. La regolazione delle intersezioni: la regolazione passiva e la regolazione attiva. Principi di regolazione: il *software* applicativo.
 - La teoria del flusso veicolare interrotto: gli itinerari regolati con sistemi semaforici, il *software* applicativo.
13. [7. sett.]
 - Il comportamento dell'utente: la scelta dei percorsi e la scelta dei modi di trasporto. La scelta economica. I modelli di costo e di costo generalizzato, i modelli di opportunità.
 - La scelta intramodale degli itinerari, e la scelta intermodale. La modellistica di assegnazione: modelli lineari, modelli deterministici, modelli probabilistici. Il modello LOGIT.
 - Le tecniche previsionali. Le stime e la valutazione delle stime. La ricerca dei dati, la stima delle matrici.
14. [8. sett.]
 - *La segnaletica stradale:* l'efficacia e la visibilità. Il posizionamento, il distanziamento, il dimensionamento, i caratteri, i colori.
 - *La sicurezza e l'incidentalità.* L'analisi della sicurezza, la rilevazione degli incidenti, la statistica e la casistica incidentale, il verbale di incidente stradale. L'organizzazione del rilevamento e della archiviazione.
15. [9. sett.]
 - *La questione ambientale.* La normativa. Le emissioni di inquinanti atmosferici e sonori. La modellistica di diffusione, la modellistica di simulazione. Le normative nazionali. La VIA per il traffico e la circolazione
16. [10. e 11. sett.]
 - *La valutazione delle politiche sul traffico*
17. L'analisi C/B. La considerazione delle variabili economiche e territoriali.
18. L'analisi M/C. I sistemi multipreferenziali e le tecniche di valutazione.
19. [12. e 13. sett.]
 - La legislazione e la normativa
20. Il Codice della strada e l'art. 36.
21. La circolare 2575/1984.
22. La legislazione ambientale e della fluidificazione.
23. La questione della sosta e la legge Tognoli per i Programmi Urbani dei Parcheggi.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono articolate in tre sezioni principali che fanno riferimento ad argomenti trattati nel corso e richiamano e sviluppano conoscenze e tecniche propedeutiche alla risoluzione dei problemi delle indagini sul traffico e della circolazione. In particolare:

[1.-4. settimana]

Elementi di statistica necessari per la ricerca, l'analisi, l'elaborazione e la validazione dei dati usualmente utilizzati nelle indagini sulla mobilità e sul traffico. Sono previste numerose applicazioni numeriche.

[4.-8. settimana]

Modellistica di pianificazione con introduzione all'uso di *software* applicativo e modellistica di valutazione delle decisioni e degli investimenti.

[9.-13. settimana]

Modellistica di regolazione delle intersezioni con sviluppo della intera sequenza operativa completa di rilevamento dati e di progettazione delle fasi di regolazione di intersezioni singole e coordinate mediante *software* applicativo.

LABORATORIO. Le esercitazioni prevedono fasi di ricerca dati sul campo e di elaborazione dei dati in laboratorio informatico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Il materiale didattico, testi in fascicoli, copie di *slides* e varie, sarà distribuito nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Sono inoltre disponibili, in fotocopia:

M. Villa, *Tecnica del traffico e della circolazione*.

M. Villa, *Elementi di economia urbana*.

Testo ausiliario:

M. Olivari, *Elementi di teoria e tecnica della circolazione stradale*, Angeli.

ESAME

Le esercitazioni vengono concluse con la predisposizione di un lavoro di squadra che percorre gli argomenti principali del corso con l'utilizzazione di strumenti e tecniche di rilievo ed elaborazione al calcolatore anche a casa.

La valutazione viene effettuata sulla qualità della esercitazione e del lavoro svolto e presentato e sull'esame orale.

R 606 0**Trattamento dei solidi**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Carlo Clerici

La disciplina concerne i principi ed i processi, di carattere essenzialmente fisico, utilizzabili per l'elaborazione di grezzi minerali e di sostanze artificiali solide in pezzatura, al fine di variane la granulometria, lo stato di aggregazione ed allo scopo di separarne i costituenti. La finalità del corso è tecnico-professionale per il campo estrattivo e vari campi collaterali (metallurgia, costruzioni civili e stradali, industrie dei leganti, delle ceramiche, dei laterizi ecc.).

REQUISITI

Le nozioni propedeutiche si traggono dagli insegnamenti di *Chimica e Fisica*.

PROGRAMMA

- Richiami sulle proprietà fisiche dei materiali solidi, in relazione alle possibilità di frammentazione, di classificazione per dimensioni e per densità, di separazione in funzione di varie proprietà fisiche. Relative rappresentazioni grafiche ed analitiche: diagrammi granulometrici, curve di lavabilità, rese, ripartizioni, recuperi.
- La liberazione dei costituenti di un grezzo mediante comminuzione.
- La comminuzione. Principi e realizzazioni dei circuiti di frantumazione, triturazione, macinazione. I frantumatori a mascelle, rotativi, ad urto e martelli. I trituratori. I molini a tamburo rotante. Il carico circolante dei circuiti di macinazione. La macinazione a secco.
- La classificazione per dimensioni. La vagliatura industriale. Il movimento dei solidi nei fluidi. La classificazione in corrente fluida: sedimentazione, classificazione in controcorrente ed in campo centrifugo, separazione a vento.
- La separazione industriale per densità: *sink-float*, crivelli idraulici e pneumatici, tavole ad aria ed in sottile velo d'acqua.
- La flottazione. La teoria dei fenomeni di superficie in flottazione: aspetti fisici ed aspetti chimici. I reagenti: collettori, attivanti, deprimenti, modificatori, schiumeggianti. La cinetica. Le celle di flottazione ed i relativi circuiti (sgrezzamento, esaurimento, rilavaggi, il riciclo dei misti).
- La separazione magnetica: principi di teoria e gli apparecchi separatori a basso, medio ed alto campo. La separazione elettrica: i separatori a conduttanza, ad effetto triboelettrico, ad induzione.
- Le separazioni con metodi speciali: cernita, comminuzione differenziale, termoadesione, separazione per forma, ecc.
- Le operazioni accessorie negli impianti di trattamento: campionatura, addensamento, filtrazione, dosaggio. La gestione degli impianti di trattamento; l'analisi continua e l'automazione dei processi.
- Esempi di schemi di trattamento di grezzi minerali e scarti industriali.

ESERCITAZIONI

1. Calcolo della convenienza economica di un'operazione di trattamento. [1 ora]
2. Esami granulometrici per aggregati per calcestruzzo. [1 ora]
3. Rappresentazioni schematiche di cicli di trattamento. [1 ora]
4. Proporzionamento di un impianto di comminuzione e classificazione di aggregati. [8 ore]
5. Proporzionamento di un impianto di macinazione. [2 ore]
6. Proporzionamento di un impianto di separazione in mezzo denso. [2 ore]
7. Proporzionamento di un addensatore. [2 ore]
8. Proporzionamento di un impianto di flottazione. [2 ore]

LABORATORIO

1. Confronto tra determinazioni teoriche e saggi pratici di campionatura. [2 ore]
2. Esame granulometrico di un prodotto di comminuzione. [2 ore]
3. Esame del grado di liberazione di un grezzo mediante microscopia ottica. [4 ore]
4. Esame densimetrico di un carbone. [4 ore]
5. Esame delle prestazioni di un frantumatore. [2 ore]
6. Esame dell'efficienza di un vibrovaglio. [2 ore]
7. Esame delle prestazioni di molini cilindrici. [2 ore]
8. Applicazione di un idroclassificatore a controcorrente per la classificazione di un granulato quarzoso. [4 ore]
9. Arricchimento di un grezzo a pirite con crivello da laboratorio. [4 ore]
10. Arricchimento di una sabbia litoranea con tavola a scosse. [4 ore]
11. Saggio di arricchimento mediante separazione magnetica. [2 ore]
12. Saggio di flottazione su di un grezzo a solfuri. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Frisa Morandini, *Dispense di Preparazione dei minerali*.

Testo ausiliario:

B.A. Wills, *Mineral processing technology*, Pergamon, Oxford, 1979.

ESAME

Esame orale e valutazione degli elaborati di esercitazioni e laboratori.

R A21 0**Sicurezza del lavoro e difesa ambientale**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+3 (ore settimanali)

75+30+10 (nell'intero periodo)

Docente: Mario Patrucco

Il corso tratta i problemi di analisi e costruzione della sicurezza del lavoro in ambienti industriali per quanto concerne le metodiche operative e le attrezzature utilizzate, e della protezione dell'ambiente esterno da immissione di inquinanti. Vengono analizzati – dal punto di vista tecnico e con riferimento alle normative – gli aspetti di prevenzione infortuni, valutazione e miglioramento delle condizioni igienico-ambientali ai posti di lavoro, ed i problemi di rilevamento e controllo di immissioni ed emissioni.

PROGRAMMA

- La sicurezza del lavoro: definizione del problema nei suoi diversi aspetti: antinfortunistica, igiene del lavoro, ergonomia e psicologia del lavoro; costruzione della sicurezza e responsabilità degli operatori ai vari livelli. [8 ore]
- Analisi delle condizioni di sicurezza di un sistema: affidabilità, fattori di rischio e criteri di individuazione del livello di sicurezza. Fattori (controllabili e non) che influiscono sul carico di lavoro: naturali, tecnici ed umani. [20 ore]
- Aspetti normativi in materia di sicurezza del lavoro e qualità ambientale: analisi e criteri di corretta applicazione dei supporti normativi nazionali, delle direttive comunitarie e delle principali norme e raccomandazioni straniere. Organismi di controllo. ore]
- Infortuni sul lavoro: analisi – *a posteriori* – delle cause dirette ed indirette di accadimento, finalità e procedure di valutazione statistica del fenomeno infortunistico, procedure, mezzi e tecniche di prevenzione. [6 ore]
- Problemi di igiene ambientale: valutazione delle condizioni di comfort e di rischio di danno per la salute ai posti di lavoro; definizione ed analisi delle condizioni di disturbo in ambienti di vita:
 1. misura (procedura e significato), prevenzione e protezione per inquinanti fisici e chimici in ambiente di lavoro (microclima, rumore, vibrazioni, polveri e gas, cenni ai rischi derivanti da radiazioni ionizzanti); [25 ore]
 2. procedure di rilevamento e tecniche di riduzione di emissioni ed immissioni nell'ambiente esterno. [10 ore]

ESERCITAZIONI

Vengono sviluppate applicazioni di procedure viste nel corso delle lezioni; è inoltre proposto lo sviluppo di "tesine" su argomenti di specifico interesse dell'allievo (quindi, a seconda dell'indirizzo / orientamento). Sono previste esercitazioni fuori sede presso laboratori, unità produttive e cantieri, per una visione diretta delle procedure e delle soluzioni impiantistiche discusse.

LABORATORIO

Misura di agenti inquinanti l'ambiente industriale ed esterno.

BIBLIOGRAFIA

Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso del materiale messo a disposizione dal docente, integrato con i propri appunti.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta di ammissione ed un orale, vertenti sugli argomenti sviluppati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Il voto finale terrà conto anche della qualità delle "tesine".

R A21 5**Sicurezza del lavoro e difesa ambientale
+ sicurezza e analisi di rischio (i)**

Primo Modulo: *SICUREZZA DEL LAVORO E DIFESA AMBIENTALE*

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 25+20+5 (ore settimanali 2+2)

Docente: da nominare

Il corso si propone di inquadrare i problemi di sicurezza per quanto concerne i settori della prevenzione infortuni, dell'igiene del lavoro, e della protezione dell'ambiente esterno, con riferimento alla identificazione ed alla gestione delle problematiche specificamente connesse con l'attività estrattiva e di scavo. La trattazione comprende gli aspetti tecnici e normativi.

REQUISITI

Insegnamenti propedeutici: Ingegneria degli scavi, Arte mineraria o Cave e recupero o Costruzione di gallerie, Impianti Minerari.

PROGRAMMA

- La sicurezza del lavoro: definizione del problema con specifico riferimento alle unità estrattive ed ai cantieri di scavo [5 ore]
- Criteri di identificazione dei pericoli adottabili nella cantieristica in esame. [4 ore]
- Aspetti normativi in materia di sicurezza del lavoro e qualità ambientale: analisi e criteri di corretta applicazione dei supporti normativi nazionali, delle direttive comunitarie e delle principali norme e raccomandazioni straniere relative al comparto. Organismi di controllo. [6 ore]
- Infortuni sul lavoro: dati relativi al comparto. [3 ore]
- Problemi di igiene ambientale: aspetti particolari della questione per le unità estrattive ed ai cantieri di scavo; rischio di danno o disturbo verso l'esterno:
 1. Principi di rilevamento e riduzione di inquinanti in ambiente di lavoro (microclima, rumore, vibrazioni, polveri e gas, cenni ai rischi derivanti da radiazioni ionizzanti). [4 ore]
 2. Principi di rilevamento e riduzione di emissioni ed immissioni. [3 ore]

ESERCITAZIONI

Sono previste esercitazioni fuori sede presso unità produttive e cantieri, per una visione diretta delle soluzioni impiantistiche discusse.

BIBLIOGRAFIA

Appunti del docente e testi reperibili presso la biblioteca Diget che saranno segnalati per le parti richiamate nelle lezioni.

Secondo Modulo: *SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO*

Anno: periodo 5:2 Lezioni, Esercitazioni, Laboratori: 25+20+4 (ore settimanali 2+2)

Docente: *da nominare.*

Il corso si propone di fornire elementi conoscitivi ed alcuni strumenti operativi per l'analisi di sicurezza di impianti e sistemi complessi. In particolare, vengono presi in esame gli eventi incidentali che comportano il rilascio di sostanze tossiche, infiammabili e/o esplosive. Vengono altresì proposte le principali metodologie per la valutazione del rischio per l'uomo e per l'ambiente.

REQUISITI

Sono nozioni propedeutiche quelle impartite nei corsi di Idraulica, Energetica applicata, Tecnologia dei materiali e Chimica applicata.

Sono altresì richieste conoscenze di base concernenti le caratteristiche costruttive e funzionali dei più comuni componenti e sistemi dell'impiantistica industriale.

PROGRAMMA

1) *Generalità sul rischio tecnologico*: definizione, valutazione e accettabilità del rischio, normativa nazionale e comunitaria. Pianificazione dell'emergenza. [2 ore]

2) *Analisi deterministica degli eventi incidentali*:

- Valutazione dei termini di sorgente nel corso di rilascio. [4 ore]
- Fenomeni di incendio e modelli per la valutazione delle conseguenze. [4 ore]
- Fenomeni di esplosione e modelli per la valutazione delle conseguenze. [4 ore]
- Dispersione di sostanze tossiche nell'ambiente. [2 ore]

3) *Analisi di affidabilità dei sistemi*:

- Elementi di algebra degli eventi e calcolo probabilistico. [4 ore]
- Metodologie per l'analisi di sicurezza e affidabilità. [5 ore]

ESERCITAZIONI

Agli allievi è proposta un'esercitazione pratica che consiste nell'analisi di sicurezza con metodologie deterministiche e probabilistiche di un sistema industriale di interesse per gli indirizzi di riferimento.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dei docenti.

A. Villemeure, *Sureté de fonctionnement des systèmes industriels*, Eyrolles, Paris, 1988.

Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Center for Chemical Process Safety of the AIChE, New York, 1989.

ANALISI MATEMATICA I R0231	
CODEGONE MARCO	15
ANALISI MATEMATICA II R0232	
ROLANDO MAGDA	17
ARCHITETTURA TECNICA R0330	
LUCCHINI ANGELO	100
ARTE MINERARIA (R) R0344	
da nominare	19
CALCOLO NUMERICO R0510	
MORONI PAOLA	21
CARATTERIZZAZIONE TECNOLOGICA DELLE MATERIE PRIME (R) R0564	
FRISA ANGELICA	23
CARTOGRAFIA NUMERICA R0580	
COMOGLIO GIULIANO	102
CAVE E RECUPERO AMBIENTALE R0600	
FORNARO MAURO	104
CHIMICA INDUSTRIALE R0660	
GENON GIUSEPPE	107
CHIMICA R0620	
ROLANDO PIERO	25
COMPOSIZIONE URBANISTICA R0790	
PICCO GIOVANNI	108
CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI R0820	
PEILA DANIELE	109
COSTRUZIONE DI GALLERIE R0930	
INNAURATO NICOLA	28
COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI R1000	
DE PALMA CARLO	30
DINAMICA DEGLI INQUINANTI R1220	
GENON GIUSEPPE	111
DISCIPLINA GIURIDICA DELLE ATTIVITA' TECNICO-INGEGNERISTICHE R1360	
ORUSA LUCIANO	112
DISEGNO DI IMPIANTI E DI SISTEMI INDUSTRIALI R1390	
TORNINCASA STEFANO	35
DISEGNO R1370	
NOVELLO GIUSEPPA	33
ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA R1460	
BADINO GIOVANNI	38
ECONOMIA E ESTIMO AMBIENTALE R6150	
MONDINI GIULIO	113
ELEMENTI DI ECOLOGIA R1640	
QUAGLINO ALBERTO	40

ELEMENTI DI GEOCHIMICA APPLICATA ALLA PROSPEZIONE MINERARIA R1650	
RODEGHIERO FRANCO	114
ELEMENTI DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA R1660	
D'ALFIO NICOLO'	117
ELETTROTECNICA (R) R1794	
BARBISIO EDOARDO	44
ELETTROTECNICA R1790	
REPETTO MAURIZIO	42
FISICA I R1901	
ALLIA PAOLO	46
FISICA II R1902	
TAVERNA PIERA	49
FISICA TECNICA R2060	
LOMBARDI CARLA	120
FLUIDODINAMICA AMBIENTALE R2090	
CANCELLI CLAUDIO	123
FONDAMENTI DI CHIMICA INDUSTRIALE R2160	
ONOFRIO MAURIZIO	52
FONDAMENTI DI INFORMATICA R2170	
AMONGERO G.	54
FOTOGRAMMETRIA APPLICATA R2200	
SENA CARMELO	127
FOTOGRAMMETRIA R2190	
DEQUAL SERGIO	124
GEOFISICA AMBIENTALE RA190	
SAMBUELLI LUIGI	57
GEOFISICA APPLICATA R2240	
SAMBUELLI LUIGI	59
GEOFISICA MINERARIA R2250	
ARMANDO ERNESTO	60
GEOLOGIA APPLICATA (AMBIENTALE) R2281	
VIGNA BARTOLOMEO	129
GEOLOGIA APPLICATA (TECNICA) R2282	
BOTTINO GIANNANTONIO	132
GEOLOGIA APPLICATA (TERRITORIALE) R2283	
BARISONE GIAMPIERO	135
GEOMETRIA R2300	
TEDESCHI GIULIO	62
GEOTECNICA R2340	
JAMIOLKOWSKI MICHELE	65
GESTIONE DELLE AZIENDE ESTRATTIVE (R) R2414	
PINZARI MARIO	137
GIACIMENTI MINERARI R2480	
RODEGHIERO FRANCO	139

IDRAULICA AMBIENTALE R2500	
RIDOLFI LUCA	141
IDRAULICA R2490	
BUFFA ENZO	66
IDROGEOLOGIA APPLICATA R2530	
CIVITA MASSIMO	143
IDROLOGIA TECNICA R2550	
PEZZOLI ALESSANDRO	69
IMPIANTI DELL'INDUSTRIA DI PROCESSO/TECNICA SICUREZZA AMBIENTALE (I) R2625	
PATRUCCO MARIO	146
IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI INQUINANTI I R2661	
CHIAMPO FULVIA	148
IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI INQUINANTI II R2662	
SPECCHIA VITO	150
IMPIANTI E CANTIERI VIARI R2680	
CAPOSIO GUIDO	152
IMPIANTI MINERARI I (r) R6134	
GECHELE GIULIO	156
IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI R2800	
SCHIARA MARCELLO	157
INDAGINI E CONTROLLI GEOTECNICI R2840	
DEL GRECO OTELLO	159
INFRASTRUTTURE IDRAULICHE R2880	
MOSCA PAOLO	71
INGEGNERIA DEGLI ACQUIFERI R2900	
DI MOLFETTA ANTONIO	161
INGEGNERIA DEGLI SCAVI R2910	
MANCINI RENATO	163
INGEGNERIA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI R2920	
DI MOLFETTA ANTONIO	165
INGEGNERIA DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO RA160	
GECHELE GIULIO	167
INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE R8150	
GENON GIUSEPPE	169
ISTITUZIONI DI ECONOMIA R3040	
ROSSO LORETTA	73
LITOLOGIA E GEOLOGIA R3080	
OLIVERO GIANFRANCO	171
LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI R3090	
LAVAGNO EVASIO	174
MACCHINE (R) R3114	
MANCO' SALVATORE	176
MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO R3240	
VERGA GAUDENZIO	74

MECCANICA DELLE ROCCE R3340	
BARLA GIOVANNI	76
MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI R3790	
BONA BASILIO	178
OPERE IN SOTTERRANEO R3860	
PELIZZA SEBASTIANO	180
PETROGRAFIA (R) R3904	
SANDRONE RICCARDO	182
PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE AREE METROPOLITANE R3920	
PICCO GIOVANNI	184
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE/ANALISI E VALUTAZIONE AMBIENTALE (I) R8775	
da nominare	78
PRINCIPI DI GEOTECNICA R3970	
DEL GRECO OTELLO	185
PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE R4000	
RUGGERI BERNARDO	187
PROCESSI BIOLOGICI INDUSTRIALI R4030	
GENON GIUSEPPE	189
PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURI R4100	
VARVELLI RICCARDO	191
PROSPEZIONE GEOMINERARIA R4390	
MASTRANGELO FEDERICO	193
RECUPERO DELLE MATERIE PRIME SECONDARIE R4470	
CLERICI CARLO	195
RICERCA OPERATIVA R4550	
NORESE MARIA FRANCA	197
RILEVAMENTO GEOLOGICO TECNICO R4560	
BARISONE GIAMPIERO	199
SCIENZA DELLE COSTRUZIONI R4600	
BALLATORE ENRICO	80
SICUREZZA DEL LAVORO E DIFESA AMBIENTALE RA210	
PATRUCCO MARIO	224
SICUREZZA DEL LAVORO E DIFESA AMBIENTALE/ANALISI DI RISCHIO (I) RA215	
da nominare	226
SICUREZZA ED ANALISI DI RISCHIO R4740	
DEL TIN GIOVANNI	201
SISTEMI ENERGETICI R5000	
BALLATORE ENRICO	84
STABILITA' DEI PENDII R5150	
FERRERO ANNA MARIA	87
STORIA DELL'ARCHITETTURA E DELL'URBANISTICA R5210	
INNAURATO ENNIO	203
TECNICA DELLA PERFORAZIONE PETROLIFERA R5430	
ROMAGNOLI RAFFAELE	204

TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE R5440	
PICCININI NORBERTO	206
TECNICA DELLE COSTRUZIONI R5460	
MANCINI GIUSEPPE	90
TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI R5490	
CROTTI ADELMO	208
TECNICA URBANISTICA R5510	
DESIDERI ENRICO	210
TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA R5570	
ACQUARONE GIUSEPPINA	91
TECNOLOGIA DEL PETROLIO E PETROLCHIMICA R5610	
GOZZELINO GIUSEPPE	212
TELERILEVAMENTO E DIAGNOSTICA ELETTROMAGNETICA R5750	
PERONA GIOVANNI EMILIO	216
TELERILEVAMENTO R5740	
COMOGLIO GIULIANO	214
TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE R5880	
VILLA MARIO	219
TOPOGRAFIA A R6021	
BETTI BARBARA	95
TOPOGRAFIA B R6022	
COMOGLIO GIULIANO	98
TRATTAMENTO DEI SOLIDI R6060	
CLERICI CARLO	222

A**ACQUARONE GIUSEPPINA**

dip. Scienza dei materiali e ing. chimica tel. 4661

R5570 TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA APPLICATA..... 91

ALLIA PAOLO

dip. Fisica tel. 7336

Ricevimento = giovedì 10.30-12.30

R1901 FISICA I..... 46

AMONGERO G.

dip. Automatica e informatica tel. 7039

R2170 FONDAMENTI DI INFORMATICA..... 54

ARMANDO ERNESTO

dip. Georisorse e territorio tel. 7669

Ricevimento = lunedì 8.30-12.30

R2250 GEOFISICA MINERARIA..... 60

B**BADINO GIOVANNI**

dip. Georisorse e territorio tel. 7628

Ricevimento = esposto in bacheca.

R1460 ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA..... 38

BALLATORE ENRICO

dip. Ing. strutturale tel. 4846

Ricevimento = giovedì, venerdì 11.00-12.00

R4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI 80

R5000 SISTEMI ENERGETICI 84

BARBISIO EDOARDO

dip. Ing. elettrica industriale tel. 7132

Ricevimento = martedì 15.00-18.00

R1794 ELETTROTECNICA (R) 44

BARISONE GIAMPIERO

dip. Georisorse e territorio tel. 7638

R2283 GEOLOGIA APPLICATA (TERRITORIALE) 135

R4560 RILEVAMENTO GEOLOGICO TECNICO 199

BARLA GIOVANNI

dip. Ing. strutturale tel. 4824

Ricevimento = verrà comunicato all'inizio del corso.

R3340 MECCANICA DELLE ROCCE 76

BETTI BARBARA

dip. Georisorse e territorio tel. 7700

Ricevimento = martedì 14.30-16.30

R6021 TOPOGRAFIA A 95

BONA BASILIO

dip. Automatica e informatica tel. 7023 e-mail bona@athena.polito.it

Ricevimento = due ore alla settimana, in ore definite a lezione, oppure su appuntamento telefonico.

R3790 MODELLISTICA E CONTROLLO DEI SISTEMI AMBIENTALI 178

BOTTINO GIANNANTONIO

dip. Georisorse e territorio tel. 7650

R2282 GEOLOGIA APPLICATA (TECNICA) 132

BUFFA ENZO

dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5662

Ricevimento = (di norma) martedì 9.00-12.00

R2490 IDRAULICA 66

C

CANCELLI CLAUDIO

dip. Ing. aeronautica e spaziale tel. 6815

Ricevimento = concordato con gli studenti.

R2090 FLUIDODINAMICA AMBIENTALE 123

CAPOSIO GUIDO

dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5624

Ricevimento = martedì 10.30-13.30 (G. Boffa tel. 5625).

R2680 IMPIANTI E CANTIERI VIARI 152

CHIAMPO FULVIA

dip. Scienza dei materiali e ing. chimica tel. 4685

Ricevimento = lunedì 16.30-18.30

R2661 IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI INQUINANTI I 148

CIVITA MASSIMO

dip. Georisorse e territorio tel. 7643

Ricevimento = lunedì, venerdì 9.00-10.00

R2530 IDROGEOLOGIA APPLICATA 143

CLERICI CARLO

dip. Georisorse e territorio tel. 7614

Ricevimento = martedì 11.00-12.00, oltre che a richiesta.

R4470 RECUPERO DELLE MATERIE PRIME SECONDARIE..... 195

R6060 TRATTAMENTO DEI SOLIDI..... 222

CODEGONE MARCO

dip. Matematica tel. 7507 e-mail codegone@polito.it

R0231 ANALISI MATEMATICA I 15

COMOGLIO GIULIANO

dip. Georisorse e territorio tel. 7661

Ricevimento = giovedì 9.00-12.00

R0580 CARTOGRAFIA NUMERICA 102

R5740 TELERILEVAMENTO..... 214

R6022 TOPOGRAFIA B 98

CROTTI ADELMO

dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5602

Ricevimento = mercoledì 9.00-12.00 (C. Pronello, B. Scuero tel. 5613).

R5490 TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI 208

D**D'ALFIO NICOLO'**

dip. Meccanica tel. 6928

Ricevimento = martedì 10.30-12.30

R1660 ELEMENTI DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA 117

DE PALMA CARLO

dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5623

Ricevimento = martedì e giovedì 10.30-12.30

R1000 COSTRUZIONE DI STRADE, FERROVIE ED AEROPORTI 30

DEL GRECO OTELLO

dip. Georisorse e territorio tel. 7609

Ricevimento = C. Oggeri tel. 7609, A.M. Ferrero tel. 7678

R2840 INDAGINI E CONTROLLI GEOTECNICI 159

R3970 PRINCIPI DI GEOTECNICA 185

DEL TIN GIOVANNI

dip. Energetica tel. 4408

R4740 SICUREZZA ED ANALISI DI RISCHIO 201

DEQUAL SERGIO

dip. Georisorse e territorio tel. 7663

Ricevimento = senza formalità, consigliato preavviso telefonico. (Ing. Rinaudo tel. 7659).

R2190 FOTOGRAMMETRIA 124

DESIDERI ENRICO

dip. Ing. dei sistemi edilizi e territoriali tel. 5313

Ricevimento = esposto in bacheca.

R5510 TECNICA URBANISTICA..... 210

DI MOLFETTA ANTONIO

dip. Georisorse e territorio tel. 7611

Ricevimento = mercoledì mattina. (R. Romagnoli tel. 7617)

R2900 INGEGNERIA DEGLI ACQUIFERI 161

R2920 INGEGNERIA DEI GIACIMENTI DI IDROCARBURI 165

F**FERRERO ANNA MARIA**

dip. Georisorse e territorio tel. 7600

R5150 STABILITA' DEI PENDII 87

FORNARO MAURO

dip. Georisorse e territorio tel. 7652

Ricevimento = giovedì 15.00-17.00

R0600 CAVE E RECUPERO AMBIENTALE 104

FRISA ANGELICA

dip. Georisorse e territorio tel. 7614

Ricevimento = martedì 8.30-10.30.

R0564 CARATTERIZZAZIONE TECNOLOGICA DELLE MATERIE PRIME (R) 23

G**GECHELE GIULIO**

dip. Georisorse e territorio tel. 6308

R6134 IMPIANTI MINERARI I (r) 156

RA160 INGEGNERIA DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO 167

GENON GIUSEPPE

dip. Scienza dei materiali e ing.chimica tel. 4630

Ricevimento = F.Marchese tel. 4679

R0660 CHIMICA INDUSTRIALE 107

R1220 DINAMICA DEGLI INQUINANTI 111

R4030 PROCESSI BIOLOGICI INDUSTRIALI 189

R8150 INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE 169

GOZZELINO GIUSEPPE

dip. Scienza dei materiali e ing.chimica tel. 4652

Ricevimento = mercoledì 16.30-17.30

R5610 TECNOLOGIA DEL PETROLIO E PETROLCHIMICA 212

I**INNAURATO ENNIO**

dip. Ing. dei sistemi edilizi e territoriali tel. 5314

R5210 STORIA DELL'ARCHITETTURA E DELL'URBANISTICA 203

INNAURATO NICOLA

dip. Georisorse e territorio tel. 7670

Ricevimento = martedì e giovedì 10.30-12.30 (D. Peila tel. 7607).

R0930 COSTRUZIONE DI GALLERIE 28

J**JAMIOLKOWSKI MICHELE**

dip. Ing. strutturale tel. 4840

R2340 GEOTECNICA 65

L**LAVAGNO EVASIO**

dip. Energetica tel. 4429

R3090 LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI 174

LOMBARDI CARLA

dip. Energetica tel. 4430 e-mail lombardi@polito.it

Ricevimento = legato all'attività didattica del semestre.

R2060 FISICA TECNICA	120
----------------------------	-----

LUCCHINI ANGELO

dip. Ing. dei sistemi edilizi e territoriali tel. 5336

Ricevimento = martedì 12.30-14.30

R0330 ARCHITETTURA TECNICA	100
----------------------------------	-----

M**MANCINI GIUSEPPE**

dip. Ing. strutturale tel. 4847

Ricevimento = da lunedì a venerdì.

R5460 TECNICA DELLE COSTRUZIONI	90
---------------------------------------	----

MANCINI RENATO

dip. Georisorse e territorio tel. 7618

Ricevimento = da lunedì a venerdì.

R2910 INGEGNERIA DEGLI SCAVI	163
------------------------------------	-----

MANCO' SALVATORE

dip. Energetica tel. 4451

R3114 MACCHINE (R)	176
--------------------------	-----

MASTRANGELO FEDERICO

dip. Georisorse e territorio tel. 7633 e-mail mastrangelo@polito.it

R4390 PROSPEZIONE GEOMINERARIA	193
--------------------------------------	-----

MONDINI GIULIO

dip. Casa e città tel. 6423

R6150 ECONOMIA E ESTIMO AMBIENTALE	113
--	-----

MORONI PAOLA

dip. Matematica tel. 7503 e-mail moroni@polito.it

R0510 CALCOLO NUMERICO	21
------------------------------	----

MOSCA PAOLO

dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5657

Ricevimento = mercoledì 8.30-10.30 (1. periodo didattico)

R2880 INFRASTRUTTURE IDRAULICHE	71
---------------------------------------	----

N**NORESE MARIA FRANCA**

dip. Sistemi di produz. e economia dell'az. tel. 7279

Ricevimento = esposto in bacheca.

R4550 RICERCA OPERATIVA	197
-------------------------------	-----

NOVELLO GIUSEPPA

dip. Ing. dei sistemi edilizi e territoriali tel. 5306

Ricevimento = martedì 10.30-12.30

R1370 DISEGNO	33
---------------------	----

O**OLIVERO GIANFRANCO**

dip. Georisorse e territorio tel. 7642

Ricevimento = martedì 9.00-11.00

R3080 LITOLOGIA E GEOLOGIA	171
----------------------------------	-----

ONOFRIO MAURIZIO

dip. Scienza dei materiali e ing. chimica tel. 4629

Ricevimento = tutte le mattine, alle 8, o (previo accordo) in altri momenti.

R2160 FONDAMENTI DI CHIMICA INDUSTRIALE	52
---	----

ORUSA LUCIANO

dip. Ing. dei sistemi edilizi e territoriali tel. 5320

Ricevimento = esposto in bacheca.

R1360 DISCIPLINA GIURIDICA DELLE ATTIVITA' TECNICO-INGEGNERISTICHE	112
--	-----

P

PATRUCCO MARIO

dip. Georisorse e territorio tel. 7651

Ricevimento = mercoledì 18.30-19.30

R2625 IMPIANTI DELL'INDUSTRIA DI PROCESSO/TECNICA SICUREZZA AMBIENTALE (I)146	
---	--

RA210 SICUREZZA DEL LAVORO E DIFESA AMBIENTALE	224
--	-----

PEILA DANIELE

dip. Georisorse e territorio tel. 7607

Ricevimento = esposto in bacheca.

R0820 CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI	109
--	-----

PELIZZA SEBASTIANO

dip. Georisorse e territorio tel. 7607

Ricevimento = esposto in bacheca.

R3860 OPERE IN SOTTERRANEO	180
----------------------------------	-----

PERONA GIOVANNI EMILIO

dip. Elettronica tel. 7267

R5750 TELERILEVAMENTO E DIAGNOSTICA ELETTROMAGNETICA	216
--	-----

PEZZOLI ALESSANDRO

dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5669

Ricevimento = martedì e mercoledì mattina.

R2550 IDROLOGIA TECNICA	69
-------------------------------	----

PICCININI NORBERTO

dip. Scienza dei materiali e ing. chimica tel. 4645

Ricevimento = martedì 16.30-18.30 (I.Mazzarino tel. 4555 giovedì 16.30-18.30. G.Sassi tel. 4654
martedì 15.30-17.30)

R5440 TECNICA DELLA SICUREZZA AMBIENTALE	206
--	-----

PICCO GIOVANNI

dip. Ing. dei sistemi edilizi e territoriali tel. 5313

R0790 COMPOSIZIONE URBANISTICA	108
--------------------------------------	-----

R3920 PIANIFICAZIONE E GESTIONE DELLE AREE METROPOLITANE	184
--	-----

PINZARI MARIO

dip. Georisorse e territorio tel. 7639

Ricevimento = martedì, mercoledì 9.00-13.00

R2414 GESTIONE DELLE AZIENDE ESTRATTIVE (R)	137
---	-----

Q

QUAGLINO ALBERTO

dip. Georisorse e territorio tel. 7686

Ricevimento = lunedì 16.30-18.30, mercoledì e giovedì 10.30-12.30

R1640 ELEMENTI DI ECOLOGIA	40
----------------------------------	----

R

REPETTO MAURIZIO

dip. Ing. elettrica industriale tel. 7140

Ricevimento = lunedì 10.00-12.00

R1790 ELETTROTECNICA	42
RIDOLFI LUCA	
dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5668	
Ricevimento = lunedì 10.30-12.30	
R2500 IDRAULICA AMBIENTALE	141
RODEGHIERO FRANCO	
dip. Georisorse e territorio tel. 7625	
Ricevimento = lunedì 14.30-16.30	
R1650 ELEMENTI DI GEOCHIMICA APPLICATA ALLA PROSPEZIONE MINERARIA	114
R2480 GIACIMENTI MINERARI	139
ROLANDO MAGDA	
dip. Matematica tel. 7511	
Ricevimento = mercoledì 14.00-17.00	
R0232 ANALISI MATEMATICA II	17
ROLANDO PIERO	
dip. Scienza dei materiali e ing. chimica tel. 4674	
Ricevimento = mercoledì 14.00-16.30	
R0620 CHIMICA	25
ROMAGNOLI RAFFAELE	
dip. Georisorse e territorio tel. 7617	
Ricevimento = mercoledì mattina	
R5430 TECNICA DELLA PERFORAZIONE PETROLIFERA	204
ROSSO LORETTA	
dip. Sistemi di produz. e economia dell'az. tel. 7921	
R3040 ISTITUZIONI DI ECONOMIA	73
RUGGERI BERNARDO	
dip. Scienza dei materiali e ing. chimica tel. 4647 e-mail ruggeri@polito.it	
R4000 PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA AMBIENTALE	187
S	
SAMBUELLI LUIGI	
dip. Georisorse e territorio tel. 7665	
Ricevimento = martedì 9.00-10.30	
R2240 GEOFISICA APPLICATA	59
RA190 GEOFISICA AMBIENTALE	57
SANDRONE RICCARDO	
dip. Georisorse e territorio tel. 7646	
Ricevimento = r) [51]tel. 7646.	
R3904 PETROGRAFIA (R)	182
SCHIARA MARCELLO	
dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5659	
Ricevimento = giovedì 14.00-17.00	
R2800 IMPIANTI SPECIALI IDRAULICI	157
SENA CARMELO	
dip. Georisorse e territorio tel. 7662	
Ricevimento = martedì 9.00-12.00	
R2200 FOTOGRAFIA APPLICATA	127
SPECCHIA VITO	
dip. Scienza dei materiali e ing. chimica tel. 4650 e-mail specchia@polito.it	
Ricevimento = venerdì 8.30-9.30	

R2662 IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEGLI EFFLUENTI INQUINANTI II	150
---	-----

T

TAVERNA PIERA

dip. Fisica tel. 7325

Ricevimento = 2 ore per settimana, da concordare con gli studenti all'inizio del semestre.

R1902 FISICA II	49
-----------------------	----

TEDESCHI GIULIO

dip. Matematica tel. 7521 e-mail tedeschi@polito.it

Ricevimento = mercoledì 15.00-16.00

R2300 GEOMETRIA	62
-----------------------	----

TORNINCASA STEFANO

dip. Sistemi di produz. e economia dell'az. tel. 7274

Ricevimento = martedì 14.30-18.30 Comunicazioni ed avvisi in bacheca del Disegno del Dipartimento.

R1390 DISEGNO DI IMPIANTI E DI SISTEMI INDUSTRIALI	35
--	----

V

VARVELLI RICCARDO

dip. Georisorse e territorio tel. 7617

Ricevimento = sabato mattina su appuntamento.

R4100 PRODUZIONE E TRASPORTO DEGLI IDROCARBURI	191
--	-----

VERGA GAUDENZIO

dip. Georisorse e territorio tel. 7610

Ricevimento = lunedì-venerdì 9.00-19.00, e sabato mattina (con appuntamento).

R3240 MECCANICA DEI FLUIDI NEL SOTTOSUOLO	74
---	----

VIGNA BARTOLOMEO

dip. Georisorse e territorio tel. 7616

Ricevimento = lunedì, 9-11

R2281 GEOLOGIA APPLICATA (AMBIENTALE)	129
---	-----

VILLA MARIO

dip. Idraulica, trasporti e infrastrutture civili tel. 5603

Ricevimento = lunedì 10.30-12.30, giovedì 8.30-10.30

R5880 TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE	219
---	-----