



**Università
degli Studi
di Palermo**

**Dottorato di Ricerca in
Scienze della Terra
e del Mare**



**Documento di pianificazione e di organizzazione
delle attività formative e di ricerca del
Corso di Dottorato di Ricerca in
Scienze della Terra e del Mare**

(approvato nelle sedute del Collegio dei Docenti e del Consiglio di Dipartimento del 22/05/2025)

L'attività di formazione è espressa in crediti formativi (CFU) e prevede insegnamenti specialistici e attività seminariali disciplinari ed interdisciplinari, periodi di formazione e ricerca in Italia e all'estero, alta formazione attraverso attività di ricerca, corsi e stage presso enti ed imprese qualificate, redazione della tesi di dottorato, partecipazione a convegni e Scuole. Il Dottorando è tenuto ad acquisire complessivamente nel triennio 180 CFU in ragione di 60 CFU per ogni anno.

All'inizio di ciascun anno di corso, il Dottorando, con il supporto del Tutor e sulla base del calendario delle attività didattiche pubblicato nella pagina web del dottorato, elabora un piano di attività formative che consenta di acquisire un minimo di 60 CFU per ogni anno. Il piano delle attività formative includerà insegnamenti di terzo livello di interesse generale e specialistici, erogati nell'ambito del corso di dottorato, selezionati in funzione del numero di crediti formativi da acquisire e nel rispetto del numero di ore di didattica erogata medio annuo indicato dalle linee guida ANVUR. Il piano delle attività formative potrà essere modificato o integrato nel corso dell'anno, motivando le modifiche, previo parere positivo del Tutor e del Coordinatore.

La valutazione delle attività dei dottorandi avviene attraverso un monitoraggio continuo da parte del tutor e di eventuali co-tutor, che seguono l'intero percorso formativo e di ricerca. Ogni anno, il dottorando redige un report dettagliato sulle attività svolte, che viene controfirmato dal tutor e presentato al Collegio dei Docenti. In questo report sono descritte puntualmente tutte le attività formative e di ricerca effettuate, alle quali il Collegio attribuisce il corrispondente numero di CFU sulla base del regolamento di attribuzione dei crediti formativi pubblicato sulla pagina web del corso. Oltre alla relazione scritta, annualmente è prevista una presentazione orale dello stato di avanzamento della ricerca da parte dei dottorandi, che costituisce parte integrante della valutazione per l'ammissione all'anno successivo o all'esame finale.

1. Calendario delle attività didattiche

Il Collegio dei Docenti, prima dell'inizio di ciascun ciclo, redige un *calendario delle attività didattiche*.

Il calendario include un catalogo di insegnamenti di terzo livello di interesse generale e specialistici, distinti da quelli impartiti nei corsi di studio di primo e secondo livello, tenuti da professori e ricercatori, anche di altri atenei, in possesso di elevata qualificazione scientifica, verificata attraverso l'utilizzo degli indicatori ASN. La frequenza ed il superamento dell'esame finale degli insegnamenti consentono ai dottorandi di acquisire crediti formativi. Gli insegnamenti di terzo livello si attivano solo se selezionati da almeno tre studenti.

Il calendario delle attività didattiche include altresì seminari di carattere interdisciplinare /trasversale organizzati dalla Scuola di Dottorato dell'Università di Palermo su temi quali metodologie di scrittura di articoli scientifici e progetti di ricerca, gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali, valorizzazione e disseminazione dei risultati di ricerca, proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca. Il calendario delle attività didattiche potrà inoltre essere integrato, anche dopo l'inizio di ciascun ciclo, con l'inserimento di seminari specialistici, su tematiche inerenti al dottorato e coerenti con gli obiettivi del corso, proposti da studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali.



Le attività didattiche prevedono inoltre corsi di perfezionamento linguistico organizzati dal Centro Linguistico di Ateneo (CLA) dell'Università di Palermo o di altro Ateneo, della durata minima di 30 ore, con l'obbligo di conseguire almeno il livello B2 di lingua inglese. Nel caso in cui il Dottorando sia già in possesso di tale livello, dimostrabile con un certificato in corso di validità alla data di inizio del corso, potrà dedicare un minimo di 30 ore al conseguimento di un livello superiore di lingua inglese o all'apprendimento di un'altra lingua. Il corso offerto dal CLA potrà essere erogato anche attraverso qualificate piattaforme di e-learning (e.s Rosetta Stone). Il CLA inoltre offre gratuitamente corsi di Academic Writing and Conference Papers in inglese (livelli B2 e C1), specificamente rivolti ai dottorandi. L'acquisizione dei crediti formativi avviene tramite l'ottenimento dell'attestato finale.

Il perfezionamento informatico dei dottorandi potrà avvenire attraverso la partecipazione ai vari insegnamenti di terzo livello, programmati nell'ambito del dottorato, che prevedono l'utilizzo di software open source (es. R, Rstudio, QGIS, Grass GIS, SAGA GIS, Whitebox, Google Earth Pro, Google Earth Engine, etc.) sia di software dei quali l'Università di Palermo ha acquistato le licenze per l'utilizzo da parte degli studenti (es. Microsoft Office 365, MATLAB e Simulink). I dottorandi inoltre potranno partecipare a specifici corsi di perfezionamento informatico organizzati dall'ateneo o da altre riconosciute istituzioni pubbliche e private.

La frequenza di seminari, corsi di perfezionamento linguistico ed informatico consente ai dottorandi l'acquisizione dei crediti formativi tramite l'ottenimento dell'attestato finale.

1.1 Calendario degli insegnamenti previsti (distinti da quelli impartiti in insegnamenti relativi ai corsi di studio di primo e secondo livello)

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore e (CFU)	Breve descrizione	Anno e periodo di erogazione
01	Analisi e interpretazione di dati chimico-fisici	30 (6)	<p>Il corso prevede di fornire i fondamenti teorici necessari per potere utilizzare gli strumenti statistici per l'analisi dei dati chimico-fisici ottenuti da misurazioni.</p> <p>Il corso è strutturato in due parti introduttive sui metodi statistici di base e una parte dedicata a metodi statistici avanzati applicati su "test-case" di interesse geologico e/o biologico.</p> <p>Al termine del corso, è previsto un colloquio finale (cada studente) per la valutazione del grado di apprendimento degli argomenti trattati.</p> <p><u>ARGOMENTI</u></p> <p>Parte prima – Teoria ed esercitazioni (6 ore):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduzione al concetto di errore: errori di lettura di scale, errori nelle misure ripetibili. - Rappresentazione degli errori: stima migliore, discrepanza, errori relativi. - Propagazione degli errori. - Analisi statistica degli errori casuali: media, varianza e deviazione standard. - La distribuzione di Gauss o normale. <p>Parte seconda – Teoria ed esercitazioni (8 ore):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rigetto di dati e medie pesate - Metodo dei minimi quadrati - Covarianza e correlazione - Frequenza cumulata 	I anno



			<p>Parte terza – Teoria ed esercitazioni (16 ore):</p> <ul style="list-style-type: none">-Analisi di coppie correlate di dati tramite grafici di frequenza cumulata e threshold.-Threshold regression analysis. Costruzione e uso dei grafici: change point, likelihood e frequency.-Elementi di analisi multivariata: matrice di correlazione, analisi delle componenti principali (PCA).	
02	Google Earth Engine: the new cloud-based platform for geospatial big data treatment	15 (3)	<p>Il corso si propone di iniziare gli studenti alla piattaforma Google Earth Engine (GEE) e alla sua applicazione al monitoraggio ambientale. Nello specifico, dopo una breve introduzione relativa al funzionamento di base dell'ambiente di elaborazione e ai dati di osservazione della terra, il corso si focalizzerà sull'analisi di casi studio pratici desunti dagli ambiti delle scienze naturali al fine di mostrare ed enfatizzare le enormi potenzialità e i possibili campi di applicazione.</p> <p>Di seguito, i principali argomenti trattati nel corso:</p> <p>Introduzione ai dati di osservazione della terra:</p> <ul style="list-style-type: none">- Approcci di acquisizione e caratteristiche dei dati associati;- Modelli dati raster e vettoriali;- Effetti atmosferici, correzioni e sue implicazioni;- Risoluzione e loro compromessi: spaziale, spettrale, temporale e radiometrico. <p>Introduzione alla piattaforma GEE:</p> <ul style="list-style-type: none">- Esplorazione di GEE;- Code Editor;- Il data catalogue: esplorazione dei set di dati geospaziali utili nell'ambito delle scienze naturali implementati in GEE;- Uploading di dati vettoriali e raster acquisiti da sorgenti esterne;- Visualizzazione degli open-source global DEM (Modelli Digitali delle Elevazioni);- Visualizzazione dei dati multi-banda;- Manipolazione dei dati;- Export dei dati. <p>Fondamenti di GEE:</p> <ul style="list-style-type: none">- Capire e Manipolare un codice pre-compilato;- Sviluppo di funzioni personalizzate;- Sviluppo di un codice di analisi. <p>- Esempi pratici inerenti le tematiche del corso di dottorato (Open-source global DEMs per l'analisi dei cambiamenti geomorfologici, Mappatura copertura del suolo, Analisi di Hybrid Coordinate Ocean Model, Water Temperature and Salinity (HYCOM) e climate engine app, etc.).</p> <p>Al termine del corso, gli studenti dovranno scegliere un caso studio, inerente al proprio progetto di ricerca, da analizzare. I risultati dovranno essere dettagliati in un report e illustrati ai propri colleghi. Tutte le applicazioni saranno svolte in ambiente GEE mediante l'ausilio del linguaggio Javascript.</p>	I anno
03	Termografia ed interferometria in geomatica	15 (3)	<p>Il corso si propone di fornire ai dottorandi del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare gli strumenti teorici ed operativi per il trattamento e l'analisi di dati termografici ed interferometrici. Saranno esposte le basi teoriche di termografia passiva e dell'interferometria differenziale, i metodi di ispezione termografica, le tecniche di elaborazione delle immagini termografiche e le tecniche di elaborazione delle coppie interferometriche. I dati termografici e le coppie interferometriche saranno elaborati con software dedicati ed open source.</p> <p>Più in dettaglio, termografia: termografia del sistema suolo vegetazione, termografia dei corpi idrici.</p> <ul style="list-style-type: none">- interferometria: determinazione delle frange interferometriche e dei piccoli spostamenti del territorio (dovute a frane, subduzioni, terremoti).	I anno



			Al termine del corso gli studenti dovranno produrre un report ed una presentazione da illustrare ai colleghi, con dati inerenti il proprio progetto di ricerca.	
04	Tecnologie per l'esplorazione marina	15 (3)	<p>“Tecnologie per l'esplorazione marina” è un corso introduttivo sulle tecnologie utilizzate per esplorare l'ambiente marino e fornire informazioni che hanno implicazioni economiche, sociali ed ambientali. Tecniche specifiche sono infatti richieste per investigare il fondo e il sottofondo marino, i fluidi e l'ecosistema. La prima parte del corso fornisce una introduzione sulle tecniche utilizzate, come Multibeam, Sismica ad alta risoluzione, Side-Scan Sonar Carotieri a gravità etc. La seconda parte si concentra sulle applicazioni delle tecniche per identificare le forme dei fondali (es. frane, canyon, canali e conoidi, bocche idrotermali), ricostruire l'assetto stratigrafico-strutturale del sottofondo, riconoscere e mappare la distribuzione delle fanerogame marine. Il corso prevede delle esercitazioni con software specifici che permettono di visualizzare, elaborare ed interpretare i dati marini. Non sono richiesti prerequisiti.</p> <p>Obiettivi</p> <ul style="list-style-type: none">- Fornire concetti di base sulle tecniche di esplorazione marina;- Illustrare lo stato dell'arte delle tecnologie geofisiche utilizzate per esplorare gli oceani e gli strumenti di campionamento;- Illustrare software specifici per visualizzare, elaborare, integrare ed interpretare dataset marini. <p>Risultati attesi di apprendimento</p> <p>Al termine del corso lo studente sarà in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none">- Spiegare i concetti teorici di base sulle tecnologie utilizzate per l'esplorazione marina;- Conoscere gli strumenti e le tecniche utilizzate nell'esplorazione marina e le loro applicazioni;- Utilizzare software per analizzare, integrare e interpretare dati marini.	I anno
05	Approcci e metodi di valutazione ambientale e di ripristino degli habitat marino-costieri	15 (3)	<p>Il corso si propone di introdurre gli studenti ai fondamenti teorici e pratici della valutazione della qualità ambientale degli habitat marino-costieri e del loro ripristino. Il corso prevede esercitazioni in laboratorio e sul campo.</p> <p>I principali argomenti del corso riguarderanno:</p> <ul style="list-style-type: none">- Le Direttive europee per la tutela e la valutazione della qualità ambientale dell'ambiente marino. WFD e MSFD- Gli elementi di qualità biologica- Ripristino degli habitat marino-costieri degradati: obiettivi e tecniche di ripristino <p>Casi studio</p>	I anno
06	Approcci e metodi di valutazione ambientale e di ripristino degli habitat e delle specie terrestri di interesse comunitario in ambito terrestre	15 (3)	<p>Il corso ha l'obiettivo di fornire agli studenti le basi teoriche e pratiche per la valutazione della qualità ambientale degli habitat terrestri e per l'elaborazione di interventi di ripristino ecologico. Le attività didattiche includono lezioni frontali, esercitazioni in laboratorio e uscite sul campo, al fine di sviluppare competenze applicative nell'ambito della conservazione della biodiversità.</p> <p>Contenuti principali:</p> <p>Introduzione alla Rete Ecologica Siciliana; Rete Natura 2000: habitat e specie di interesse comunitario e regionale; Misure di conservazione per habitat e specie terrestri; Tecnica di traslocazione di specie rare e minacciate; Teorie e tecniche di monitoraggio per habitat e specie vegetali terrestri; Analisi di casi studio.</p> <p>Modalità di verifica finale</p> <p>La valutazione prevede la realizzazione e la presentazione di un elaborato individuale riguardante un progetto di valutazione o ripristino di un habitat o di una specie, scelto dallo studente. La presentazione avverrà di fronte ai docenti e agli altri partecipanti al corso.</p>	I anno
07	Analisi statistica dei dati con R	30 (6)	<p>Il corso si propone di introdurre alle principali tecniche di indagine e di analisi statistica dei dati. L'obiettivo è di consentire allo studente di essere in grado di distinguere le diverse tipologie di dati;</p>	I anno



			<p>riconoscere la natura dei dati a disposizione per elaborarli correttamente; utilizzare i principali indici di sintesi statistici; essere in grado di studiare le relazioni tra due variabili, poter prendere decisioni in condizioni elementari di incertezza.</p> <p>Lo studente alla fine del corso avrà appreso i principi del metodo scientifico statistico e sarà in grado di analizzare i risultati di indagini statistiche attraverso l'uso del software statistico open source R. Gli argomenti affrontati includeranno:</p> <ul style="list-style-type: none">• Terminologia statistica e concetti introduttivi• Classificazione delle variabili e loro rappresentazione grafica• Indici di posizione e variabilità• Asimmetria• Distribuzione congiunta di due caratteri• Il test X²• Variabili aleatorie: Binomiale, Poisson e Gauss.• Verifica di ipotesi• La regressione lineare semplice <p>Al termine del corso gli studenti dovranno produrre un report con i dati inerenti al proprio progetto di ricerca. Le applicazioni verranno condotte tramite il linguaggio statistico R.</p>	
08	Modello geologico del sottosuolo: dalle geometrie affioranti a quelle profonde	30 (6)	<p>Verranno descritte le principali fasi di lavoro sul campo per la ricostruzione del modello geologico evolutivo e la costruzione di una carta geologica. Il corso prevede inoltre l'applicazione di metodi di base per la costruzione di modelli geologici del sottosuolo (2d e 3D) attraverso l'integrazione di dati di superficie, derivanti dalla lettura e dall'elaborazione di carte geologiche, con dati di sottosuolo derivanti sia da dati diretti (log di pozzi) che indiretti (sezioni geologiche bilanciate). Utilizzo di software dedicati per la costruzione di superfici e volumi rocciosi in ambiente 3D.</p> <p>Alcuni degli argomenti che saranno trattati sono:</p> <ul style="list-style-type: none">- Elementi geometrici lineari e puntuali nelle carte geologiche.- Contenuto tridimensionale delle carte geologiche.- La sezione geologica come strumento di base per modelli tridimensionali.- Attività sul campo: lettura della carta geologica sul campo. <p>Modalità d'esame: presentazione sintetica di un lavoro scientifico.</p>	I anno
09	Approccio alla caratterizzazione degli ambienti sedimentari marini. Confronti tra attuali e fossili C.I. (modulo I e modulo II)	30 (6)	<p>Il corso integrato (modulo I, 15 ore; modulo II, 15 ore) si propone di descrivere le principali tecniche di caratterizzazione degli ambienti sedimentari marini. Tale approccio si basa sull'osservazione delle rocce sedimentarie, dei loro costituenti e dei parametri indicativi dell'ambiente di formazione. Verranno descritti i principali parametri fisico chimici delle acque e come questi influiscono sulla sedimentazione in ambiente neritico e pelagico. Vedremo come le rocce sedimentarie registrano cambiamenti climatici che hanno portato in diversi casi ad estinzioni di massa di carattere globale. Saranno infine confrontati gli ambienti marini fossili con quelli attuali.</p>	I anno
10	Introduzione ai modelli di nicchia ecologica	15 (3)	<p>I modelli di nicchia ecologica (ENM) sono una classe di metodi costruiti su una base di concetti ecologici fondamentali e biogeografici sulla relazione tra le distribuzioni delle specie (utilizzando dati di abbondanza, presenza o altre variabili di risposta biotica che descrivono aspetti della biodiversità) e l'ambiente fisico (le variabili ambientali e antropiche che si ritiene influenzino la distribuzione delle specie). Gli ENM sono spesso utilizzati i) per stimare quali variabili influenzano la distribuzione delle specie nel loro habitat, ii) per stimare la probabilità di presenza delle specie in zone al di fuori della nostra area di studio, in base alle caratteristiche ambientali di questi ambienti, iii) per stimare i cambiamenti nell'idoneità dell'habitat nel tempo, dato uno specifico scenario di cambiamento ambientale e iv) come stime della nicchia fondamentale o realizzata della specie. I modelli di distribuzione delle specie basati sulla nicchia (SDM) sono modelli quantitativi ed empirici delle relazioni specie-ambiente, considerati tra gli strumenti più potenti e pratici per la previsione della presenza e distribuzione attuale e futura delle specie, e vengono spesso</p>	I anno



			utilizzati nella gestione di specie problematiche (es. invasive) o di specie vulnerabili o in pericolo. Il corso propone un'introduzione, teorica e pratica, agli SDM, attraverso l'uso di alcuni dei principali algoritmi attualmente usati negli studi ecologici. Al termine del corso gli studenti saranno divisi in gruppi, ed ognuno di questi analizzerà un caso studio (che potrebbe anche rispecchiare il progetto di ricerca degli studenti). Il caso studio dovrà rispecchiare tutti i passaggi principali del processo scientifico (ipotesi, disegno di campionamento, variabili da includere, analisi e validazione del modello). I risultati dovranno essere illustrati ai propri colleghi.	
11	Introduzione alle tecniche di modellizzazione termodinamica di sistemi geopetrologici e geochimici: teoria ed applicazioni	15 (3)	Il corso prevede un'introduzione alle tecniche computazionali di modellizzazione termodinamica di sistemi geopetrologici e geochimici. La struttura del corso consiste in una prima parte introduttiva generale alla termodinamica necessaria a questo tipo di modellizzazioni, una seconda parte in cui si illustrano alcune tecniche computazionali, ovvero alcuni programmi dedicati di grande diffusione, ed una terza parte fatta di esempi pratici al computer. ARGOMENTI Parte prima (5 ore) – Richiami di termodinamica e di semplici concetti quantomeccanici: Parte seconda (5 ore) – Excursus su alcuni software di modellizzazione quantomeccanica di minerali (come CRYSTAL, GULP, CP2K) e di modellizzazione termodinamica di sistemi di interesse geopetrologico (come Burnman) Parte terza – esempi pratici (5 ore): Calcolo di equazioni di stato, modellizzazione di reazioni mineralogiche di interesse geopetrologico, modellizzazione di frazionamenti isotopici.	I anno
12	Corso introduttivo alla sismotettonica	15 (3)	Cenni introduttivi alla sismotettonica e sismogenesi. Sismotettonica quantitativa. Ciclo sismico, teoria del rimbalzo elastico, modelli di terremoto "time-predictable" e slip-predictable". Sciami e sequenze sismiche. Misura di un terremoto. Modellazione analitica di faglie da dati sismologici e geodetici. Sismologia statistica. Legge di Gutenberg-Richter. Massima magnitudo. Analisi della deformazione sismica e geodetica per la stima del potenziale sismogenetico areale e delle sorgenti singole. Meccanismi focali ed inversione del tensore stress. Stress di coulomb e triggering della sismicità. Cenni sulla sismicità indotta. Cenni sulla zonazione sismotettonica Italiana e le principali strutture sismogenetiche individuali con implicazioni per la definizione della pericolosità sismica di base, a scala regionale. Esercitazioni su dati sismologici e geodetici (es. sismicità storica, strumentale, meccanismi focali, tensore stress, modellazione di faglie da dati geodetici e sismologici).	I anno
13	Telerilevamento Satellitare	15 (3)	Cenni storici, concetti di base, componenti fondamentali di un sistema di telerilevamento. Principi fisici del telerilevamento: spettro elettromagnetico, le finestre atmosferiche, leggi di Planck, Wien e Stefan Boltzmann Sensori satellitari: Principali caratteristiche dei sensori e delle piattaforme satellitari, Sensori attivi e passivi, Principali missioni di Earth Observation Le immagini satellitari: Acquisizione di un'immagine, Calibrazione, Correzioni geometriche, Correzione atmosferica, Firme spettrali Principali archivi: EarthData, Glovis, Portale Copernicus, ESA Principali tecniche di Machine Learning applicate all'analisi di immagini satellitari. Esempi di assimilazione di dati satellitari ai modelli numerici in fluidodinamica.	I anno



			Verifica finale: Presentazione di un elaborato anche inerente al proprio progetto di ricerca.	
14	Introduzione all'Intelligenza artificiale ed al Machine Learning	30 (6)	<p>Il corso fornisce un'introduzione strutturata ai concetti fondamentali dell'intelligenza artificiale e del machine learning, con un'attenzione particolare agli aspetti applicativi e intuitivi, anche per studenti non specialisti. Dopo una panoramica sull'evoluzione dell'interazione uomo-macchina e sulle differenze tra programmazione classica e apprendimento automatico, il corso affronta le fasi operative del machine learning (estrazione delle features, selezione, scelta del metodo, iperparametri, training e forecast), con esempi matematici e pratici.</p> <p>Una seconda parte è dedicata ai principali algoritmi supervisionati, come k-NN, Support Vector Machines, Naive Bayes, Decision Trees, Random Forest e Reti Neurali, descritti in modo accessibile e con esercizi pratici. Ampio spazio è dato alla spiegazione della logica degli algoritmi e dei concetti matematici (funzioni, derivate, gradienti, distanze, probabilità) necessari per comprenderli.</p> <p>Gli esempi pratici saranno mostrati in linguaggio R, con implementazioni dei principali algoritmi discussi.</p> <p>La verifica finale consisterà nella presentazione di un esercizio pratico, ad esempio la classificazione automatica di un dataset mediante uno o più algoritmi tra quelli studiati (k-NN, SVM, etc.), con analisi delle performance e delle scelte effettuate. La verifica comprenderà anche alcune domande teoriche sui concetti fondamentali trattati durante il corso.</p>	I anno
15	Biotechnologie microbiche per l'ambiente, la salute e i beni culturali	15 (3)	<p>Il corso prevede di fornire conoscenze e competenze teoriche e pratiche sui processi biotecnologici legati all'impiego di microorganismi (batteri, funghi) nel settore ambientale (es: biorisanamento), farmaceutico (es: produzione di molecole con attività antimicrobica), industriale (es: fermentazioni di prodotti alimentari), e dei beni culturali (es. biorestauro e biodeterioramento)</p> <p>Al termine del corso è prevista una prova finale che consisterà nella presentazione di un elaborato, da esporre al docente ed ai colleghi, su un caso studio applicato ad uno degli argomenti trattati, a scelta dello studente.</p> <p>ARGOMENTI:</p> <ul style="list-style-type: none">- La degradazione microbica dei contaminati ambientali (es. idrocarburi, xenobiotici, plastiche)- Processi biotecnologici alla base delle trasformazioni alimentari- Nuove strategie antimicrobiche alternative, utilizzabili nella lotta contro batteri resistenti (es. peptidi Antimicrobici e sistemi di drug-delivery).- Metodiche per l'isolamento e la caratterizzazione di microorganismi di interesse biotecnologico- Metodi molecolari per la caratterizzazione delle comunità microbiche finalizzati anche alla ricerca di geni funzionali per applicazioni biotecnologiche- Biofilm di biodeteriogeni colonizzatori di opere e monumenti.- Controllo e prevenzione del biodeterioramento dei beni culturali mediante prodotti microbici	I anno
16	Sensori open-source per monitorare l'ambiente.	15 (3)	<p>In una era in cui connettività digitale, smart city, Internet of things (IoT) e intelligenza artificiale pongono le basi per lo sviluppo sostenibile degli ambienti urbani, l'applicazione di tecnologie innovative digitali al compartimento ambientale (e in particolare a quello marino) costituisce un presupposto fondamentale per una gestione moderna efficace.</p> <p>Arduino è una piattaforma hardware e software open source di facile utilizzo e con infinite possibilità di lettura. In questo corso i dottorandi impareranno a utilizzare questa tecnologia per l'acquisizione di variabili ambientali e risposte fisiologiche in ambiente marino, e a capire le sue potenzialità di utilizzo nella ricerca.</p> <p>Durante il corso, gli studenti, dopo un'introduzione ad Arduino, verranno guidati attraverso una serie di schemi di cablaggio, nella</p>	Il anno



			<p>realizzazione di un datalogger per acquisire dati ambientali e risposte fisiologiche. Inoltre, verranno fornite le basi per l'invio dei dati acquisiti su web database (es. MySQL database), nonché gli script per la lettura e visualizzazione di questi dati tramite l'uso di software R.</p> <p>Il corso prevede:</p> <ul style="list-style-type: none">• l'introduzione ad Arduino e potenziali applicazioni (2 ore);• utilizzo di sensori per acquisire variabili ambientali e risposte fisiologiche in ambiente marino (4 ore);• la realizzazione di datalogger per l'acquisizione dei dati (3 ore); invio dati in remoto, web database (2 ore);• la lettura e visualizzazione dati tramite open source software R (4 ore).	
17	Metodologie Statistiche nel Controllo Ambientale C.I. (modulo I e modulo II)	30 (6)	<p>Il corso integrato (modulo I, 15 ore; modulo II, 15 ore) si pone come obiettivo di fornire le conoscenze delle principali metodologie statistiche e dei protocolli procedurali che regolano il trattamento dei dati scientifici nel monitoraggio ambientale. Nel dettaglio saranno approfonditi, anche attraverso applicazioni pratiche i seguenti argomenti, riguardanti le principali tecniche statistiche per il monitoraggio ambientale: (</p> <ul style="list-style-type: none">- concetti di base delle tecniche chemiometriche- analisi delle componenti principali- analisi e modelli di classificazione- analisi di regressione multivariata <p>Modalità di esame: discussione di un caso studio, anche con il supporto di presentazione in powerpoint</p>	Il anno
18	Analisi GIS per la previsione spaziale di forme del rilievo	15 (3)	<p>Il corso si propone di introdurre le principali tecniche di analisi GIS a partire da modelli digitali di elevazione (DEM), le variabili topografiche ed idrologiche estraibili dai DEM ed i metodi statistici utilizzati per la previsione spaziale delle forme del paesaggio. L'obiettivo è di consentire allo studente un utilizzo critico di tali tecniche nell'ambito della produzione di elaborati di ricerca.</p> <p>Gli argomenti trattati includono:</p> <ul style="list-style-type: none">- Tecnologia e banche dati GIS; principali software GIS- Principali operazioni su dati vector e grid- DEM e Terrain analysis- Analisi dell'idrologia superficiale a partire da DEM- Modellazione statistica dei fenomeni naturali e previsione spaziale delle forme del paesaggio. <p>Durante il corso saranno svolte applicazioni pratiche utilizzando software open source. Al termine del corso, gli studenti presenteranno le attività svolte.</p>	Il anno
19	Metodi di Ecologia Numerica con R C.I. (modulo I e modulo II)	30 (6)	<p>Il corso integrato (modulo I, 15 ore; modulo II, 15 ore) si propone di fornire un'introduzione all'ecologia numerica, attraverso esercizi pratici svolti con il linguaggio statistico R. Verrà presentata una gamma di tecniche statistiche e numeriche in ecologia, per aiutare sia a comprendere i metodi di analisi disponibili, ma anche per capire come sceglierli ed applicarli al fine di raggiungere obiettivi di ricerca specifici. Il corso si svilupperà in due fasi: una prima fase introduttiva del linguaggio R e delle principali tecniche di base di analisi statistica in ecologia; ed una seconda fase in cui verranno esaminati e sviluppati problemi specifici e propedeutici al percorso di dottorato.</p> <p>Alcuni degli argomenti che saranno trattati sono:</p> <ul style="list-style-type: none">- Basi del linguaggio R- Richiami di disegno sperimentale- Estrazione dei dati- Pulitura, preparazione di un dataset e dati mancanti- Esplorazione dei dati e visualizzazione- Tecniche di ordinamento e semplificazione dimensionale- Approcci specifici, propedeutici al percorso di dottorato <p>Alla fine del corso, gli studenti dovranno fornire un breve report presentando un caso di studio (eventualmente utilizzando i dati</p>	Il anno



			raccolti durante il loro percorso di dottorato) in cui avranno applicato le conoscenze analitiche acquisite.	
--	--	--	--	--

1.2 Calendario di altre attività didattiche

Seminari		
Tipologia di seminario	Date	Tematiche
Seminari trasversali organizzati dalla Scuola di dottorato dell'ateneo	Primo lunedì dei mesi pari.	Le tematiche trattate includeranno, ad esempio: <ul style="list-style-type: none"> • Scrittura di articoli scientifici • Redazione di progetti di ricerca • Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali • Valorizzazione e disseminazione dei risultati di ricerca, proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca.
Seminari specialistici, su tematiche inerenti al dottorato, organizzati nell'ambito del corso di dottorato, tenuti da studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali.	Le finestre temporali dedicate ai seminari specialistici sono febbraio-marzo, giugno-luglio e novembre-dicembre. Le date saranno definite in accordo con i docenti ed esperti che terranno i corsi. In caso di necessità, sarà comunque possibile organizzare seminari specialistici anche al di fuori delle sopracitate finestre.	Le tematiche trattate potranno riguardare i diversi SSD rappresentati all'interno del collegio, includendo, ad esempio, argomenti specifici come: <ul style="list-style-type: none"> • ricostruzioni paleoclimatiche • rischi naturali e ambientali • esplorazione di risorse minerarie • aspetti normativi delle valutazioni ambientali • normativa su aree protette

Corsi di perfezionamento linguistico offerti dal Centro Linguistico di Ateneo		
Tipologia di corso	Date	Note
Inglese Academic Writing and Conference Papers (Open Badge B2/C1) Inglese Open Badge B1/B2/C1 Spagnolo Open Badge A2/B1 Tedesco Open Badge A2/B1 Francese Open Badge A2/B1 Corsi su piattaforma Rosetta Stone	Febbraio – giugno	Il calendario con le date specifiche e orari di ciascun corso saranno pubblicati, una volta definiti, nella pagina web del Centro Linguistico di Ateneo

2. Integrazione dei dottorandi nella comunità scientifica

2.1 Partecipazione dei dottorandi a congressi e/o workshop e/o scuole di formazione dedicate nazionali e internazionali

Il Corso di Dottorato di Ricerca, attraverso il lavoro di tutoraggio dei supervisori e co-supervisori, promuove la crescita dei dottorandi come membri della comunità scientifica, favorendo il loro inserimento all'interno delle società e associazioni scientifiche dei diversi SSD, ed in particolare nei gruppi di giovani ricercatori laddove presenti (es. *Sezione Giovani AIGeo, Sezione Giovani AIGA, Sezione SGI Giovani Geologi*).

I dottorandi, lavorando all'interno dei gruppi di ricerca di supervisori e co-supervisori, avranno la possibilità di contribuire a lavori scientifici e partecipare, anche in qualità di relatori, a congressi e workshop nazionali ed internazionali.



Le attività formative del corso di dottorato prevedono la partecipazione dei dottorandi a corsi e scuole di formazione (summer/winter school) su tematiche trasversali o pertinenti a specifici SSD del dottorato.

La partecipazione a congressi/workshop e a corsi/scuole di formazione consente ai dottorandi di acquisire crediti formativi.

2.2 Presentazione dei risultati della ricerca e seminari tenuti dai dottorandi

Il Corso di Dottorato di Ricerca prevede che, alla fine di ciascun anno, i dottorandi presentino i risultati della propria ricerca a docenti e studenti del dipartimento. Tale presentazione consente ai dottorandi di acquisire crediti formativi ed essere ammessi all'anno successivo o all'esame finale.

Inoltre, almeno una volta l'anno, è prevista una giornata nella quale i dottorandi tengano brevi seminari su tematiche inerenti al loro progetto di ricerca, aperti a docenti, dottorandi e studenti delle lauree magistrali, che avranno così la possibilità di conoscere il corso di dottorato e le tematiche di ricerca che vengono sviluppate. Lo svolgimento dei seminari consentirà ai dottorandi di acquisire crediti formativi.

2.3 Autonomia del dottorando

Il collegio di dottorato incentiva i dottorandi ad essere autonomi sin dall'inizio del loro percorso. I dottorandi, infatti, elaborano annualmente il loro piano delle attività formative, selezionando gli insegnamenti di terzo livello erogati nell'ambito del dottorato e le altre attività che concorrono al raggiungimento dei 60 CFU annuali (perfezionamento linguistico, congressi/workshop, corsi/scuole, ecc.). I dottorandi sono altresì stimolati a progettare e realizzare autonomamente il lavoro di ricerca, nonché a identificare le più adeguate strategie di divulgazione e disseminazione dei risultati.

2.4 Risorse finanziarie e strutturali

L'Ateneo di Palermo assegna, all'inizio dell'anno, a ciascun dottorando un budget pari al 10% della propria borsa di studio annuale per il finanziamento delle attività di ricerca. Il collegio di dottorato inoltre stimola l'inserimento dei dottorandi nei fondi di ricerca dei supervisor e co-supervisor, in modo che i dottorandi possano avere le risorse finanziarie necessarie al supporto delle loro attività di ricerca e di divulgazione e disseminazione dei risultati.

Ai dottorandi sono messe a disposizione le strutture ed i laboratori del DiSTeM, nonché le attrezzature scientifiche ed informatiche ivi contenute.

2.5 Attività didattiche e di tutorato

Il Dottorando può svolgere, come parte integrante del progetto formativo, previo nulla osta del collegio di dottorato e senza incremento dell'importo della borsa di studio, attività di tutorato, anche retribuita, degli studenti dei corsi di laurea e di laurea magistrale, nonché, entro il limite di quaranta ore per ciascun anno accademico, attività di didattica integrativa.

2.6 Relazioni scientifiche e mobilità dei dottorandi

Il Corso di Dottorato di Ricerca promuove la crescita dei dottorandi favorendo la loro partecipazione a periodi di formazione e ricerca, in Italia o all'estero, presso università, enti di ricerca (pubblici o privati) ed imprese qualificate. Tali periodi danno diritto all'acquisizione di crediti formativi.

2.7 Prodotti della ricerca

Il Corso di Dottorato di Ricerca garantisce che la ricerca svolta dai dottorandi generi prodotti direttamente riconducibili al dottorando (individualmente o in collaborazione), favorendo la pubblicazione dei risultati della ricerca su riviste scientifiche indicizzate e, compatibilmente con i meccanismi di protezione intellettuale promuove la collaborazione e la condivisione dei risultati con modalità di open science. La pubblicazione, o la lettera di accettazione, di articoli scientifici, pertinenti all'argomento di tesi e riconducibili al dottorando, su atti di convegno, libri e riviste indicizzate Scopus e/o WOS consente ai dottorandi l'acquisizione di crediti formativi.