



AII. 1)

ORDINAMENTO

**MASTER DI II LIVELLO IN
Analisi, diagnostica e monitoraggio
di strutture e infrastrutture**

Codice corso di studio: 30528

Art. 1 – Informazioni generali

Dipartimento proponente e di gestione	<i>Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica</i>
Facoltà di riferimento	<i>Ingegneria Civile e Industriale</i>
Denominazione del Master	<i>Analisi, diagnostica e monitoraggio di strutture e infrastrutture</i>
Livello	<i>II</i>
Durata	<i>Annuale</i>
Delibera del Dipartimento di istituzione del Master	<i>Approvato dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica con delibera del CdD del 11 Febbraio 2019</i>
Eventuali strutture partner e convenzioni	<i>Da definire</i>

Articolo 2 – Informazioni didattiche

Obiettivi formativi del Master	<p>Il Master si pone come principale obiettivo la formazione di figure professionali specializzate nel monitoraggio delle strutture e delle infrastrutture. Il monitoraggio e la diagnostica, basati su analisi appropriate dei dati misurati in situ, rappresentano le fasi essenziali per la valutazione dell'attuale capacità di una struttura o infrastruttura di assolvere correttamente alle funzioni progettuali previste. Nell'ambito della moderna ingegneria strutturale questi sono strumenti fondamentali per la gestione del ciclo di vita "design-to-pension" dei sistemi strutturali. Altro obiettivo rilevante del Master è fornire competenze nell'ambito delle strategie e delle tecniche di riabilitazione e rinforzo strutturale,</p>
---------------------------------------	---

	<p>eventualmente da adottare in relazione ai risultati delle fasi sopra descritte.</p> <p>L'impianto generale dell'offerta formativa è inteso a fornire conoscenze interdisciplinari nelle quattro macro aree: (A) comportamento meccanico delle strutture, (B) diagnostica e monitoraggio, (C) modellazione e analisi, (D) criteri di intervento e manutenzione. Le intersezioni e l'integrazione dei contenuti didattico-scientifici pertinenti a queste aree sono essenziali per acquisire le competenze necessarie alla formazione di esperti nel campo del monitoraggio, della diagnostica e dell'analisi di strutture e infrastrutture, quali ponti, viadotti, gallerie, tunnel, etc..</p> <p>Il primo gruppo di moduli didattici (7 CFU) mira a fornire agli allievi le necessarie basi per comprendere il comportamento qualitativo di elementi strutturali, strutture e infrastrutture sia in regime statico, sia dinamico, con particolare riferimento a ponti, viadotti, gallerie e annesse opere geotecniche. Allo stesso tempo, si introducono i concetti e gli strumenti metodologici per la valutazione della sicurezza e robustezza delle costruzioni esistenti.</p> <p>La seconda parte del corso di Master (14 CFU) è dedicata ad approfondire i temi della diagnostica e del monitoraggio. Vengono fornite nozioni teoriche riguardanti la teoria dei segnali e le tecniche di elaborazione degli stessi, nonché indicazioni sul funzionamento della strumentazione tradizionale e avanzata per l'esecuzione del monitoraggio strutturale: reti di sensori, robotica mobile, rilievo geomatico, rappresentazione digitale 3D. Si introducono, inoltre, le principali tecniche per la sperimentazione in laboratorio e in situ di materiali e strutture.</p> <p>Segue una terza parte (9 CFU) dedicata alle metodologie di modellazione e analisi, intesa a introdurre e descrivere le tecniche computazionali per il calcolo automatico delle strutture, con particolare riferimento al metodo degli elementi finiti e alla costruzione e aggiornamento dei modelli FEM, alle tecniche di identificazione statica e dinamica, ai modelli per la descrizione del danno e delle anomalie del funzionamento strutturale, e ai principali metodi per la diagnostica strutturale.</p> <p>Il corso si chiude con l'ultimo gruppo di moduli (8 CFU) che tratta i temi dell'affidabilità strutturale, del danneggiamento nelle infrastrutture, della gestione e manutenzione delle medesime e, infine, la descrizione dei metodi di valutazione della vulnerabilità e delle tecniche di rinforzo e riabilitazione strutturale sia tradizionali, sia innovative.</p> <p>Per lo svolgimento dei corsi e l'organizzazione delle attività formative, il Master si avvale:</p> <p>a) delle competenze didattiche e scientifiche, nei campi di base e applicativi delle discipline inerenti gli obiettivi del Master, presenti nelle Facoltà di Architettura e di Ingegneria Civile e Industriale di Sapienza Università di Roma;</p> <p>b) degli specifici apporti di esperti e operatori di provata e documentata esperienza che svolgono la loro attività nell'ambito della diagnostica, del monitoraggio e della gestione di strutture e infrastrutture pubbliche e private.</p>
<p>Risultati di apprendimento attesi</p>	<p>L'obiettivo generale di questo corso di Master è quello di formare figure professionali, architetti e ingegneri, qualificate, con competenze approfondite nell'ambito della valutazione dell'integrità strutturale, del degrado dei materiali, dell'invecchiamento e dell'ispezione di strutture e infrastrutture, nonché con solide conoscenze delle tecniche tradizionali e innovative per il rinforzo e la riabilitazione delle stesse.</p> <p>Dunque, il corso post-laurea fornisce: le nozioni teoriche e applicative</p>

	<p>necessarie per rilevare l'esistenza, la formazione e la crescita di danni, difetti e anomalie nei sistemi strutturali; i principali metodi per l'elaborazione dei dati raccolti mediante strumentazioni tradizionali e innovative; gli approcci qualitativi e le tecniche computazionali più avanzate per la modellazione e l'analisi della risposta meccanica di strutture e infrastrutture; le principali tecnologie per il rinforzo e la riabilitazione delle stesse.</p> <p>Gli allievi, al termine del corso, avranno acquisito gli strumenti necessari per rilevare i difetti e le anomalie nei componenti strutturali, le tecniche per l'accurata modellazione e l'efficiente analisi degli stessi e, infine, avranno le competenze utili per individuare gli interventi più opportuni.</p> <p>Il programma è rivolto, dunque, a neo-laureati che desiderano sviluppare carriere nel campo dell'integrità strutturale, e agli architetti e ingegneri che desiderano acquisire una qualifica post-laurea riconosciuta nell'ambito della diagnostica, del monitoraggio e degli interventi. Questo programma è specificamente progettato per fornire a laureati, architetti e ingegneri, le competenze necessarie per perseguire una carriera di successo, destinati al reclutamento da parte di aziende e organizzazioni a livello nazionale e internazionale, operanti nei settori di interesse.</p>
Principali Settori Scientifico Disciplinari	ICAR 07, ICAR 08, ICAR 09, ING/IND 13, ICAR/06, ICAR/017,ING7INF 01
Requisiti di accesso	<p>Laurea Magistrale in Ingegneria Civile LM-23 Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Ambiente per lo Sviluppo Sostenibile LM-35 Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio LM-35 Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e l'Edilizia Sostenibile LM-24 Laurea in Ingegneria Edile-Architettura LM-4 c.u. Laurea in Ingegneria Aeronautica LM-20 Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrotecnica LM-28 Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica LM-30 Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica LM-29 Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica LM-33 Laurea in Architettura LM-4 c.u. Laurea Magistrale in Architettura (Restauro) LM-4 Laurea Magistrale in Gestione del Progetto e della Costruzione dei Sistemi Edilizi LM-24</p> <p>Possono, altresì, accedere al Master anche i possessori di una Laurea conseguita in base al sistema previgente alla riforma universitaria del D.M. 509/99 equiparata a una delle classi suindicate.</p>

Numero minimo e massimo di ammessi	Numero minimo: 8 Numero massimo: 40
Modalità di svolgimento della selezione di ammissione	L'ammissione al Master avviene previa selezione per titoli e colloquio.
Date presunte di inizio e fine del corso	Data di inizio 7 febbraio 2020 Data di fine 30 gennaio 2021
Uditori	AMMESSI
Corsi Singoli	Il Master è articolato in quattro gruppi di attività formative suddivise per quattro macro-aree: (A) comportamento meccanico delle strutture, (B) diagnostica e monitoraggio, (C) modellazione e analisi, (D) criteri di intervento e manutenzione, come su indicato. Possono essere ammessi alla frequenza di una specifica macro-area corsisti, in possesso di un titolo universitario richiesto per l'accesso la master, interessati all'approfondimento, che desiderano arricchire la propria preparazione professionale. Al termine del gruppo di attività formative previste nella macro-area, ai corsisti sarà rilasciato un attestato di frequenza sottoscritto dal Direttore del Master, che certifica il numero di CFU conseguiti I corsisti pagheranno una quota pari a € 67,00 x n° CFU fruiti. (max 20)
Obbligo di Frequenza	75% del monte ore complessivo delle lezioni
Offerta di stage	Si
Modalità di Svolgimento Prova Finale	Discussione di un elaborato di tesi

Lingua di insegnamento	Italiano
Eventuali forme di didattica a distanza	Non previste

Articolo 3 – Informazioni organizzative

Risorse logistiche	Sala biblioteca ingegneria geotecnica, DISG, Via Eudossiana, 18, 00184 Roma Aula caveau, DISG, Via Eudossiana, 18, 00184 Roma Laboratorio Materiali e Strutture, DISG, Via Eudossiana, 18, 00184 Roma Laboratorio Materiali e Strutture, DISG, Via Gramsci, 53, 00197 Roma Laboratorio Geotecnico, DISG, Via Eudossiana, 18, 00184 Roma Laboratorio Geotecnico, DISG, Via Gramsci, 53, 00197 Roma
Risorse di personale tecnico-amministrativo	n° 2
Risorse di tutor d'aula	n° 0
Risorse di docenza	n° 16
Sede delle attività didattiche	Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale, Università di Roma Sapienza, Via Eudossiana, 18, 00184 Roma
Sede della segreteria c/o il Dipartimento	Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Roma Sapienza, Via Eudossiana, 18, 00184 Roma

Articolo 4 – Fonti di finanziamento del Master

Importo quota di iscrizione	€ 4.000,00
Eventuali esenzioni o riduzioni di quota (fatta salva la quota a bilancio di Ateneo del 30%)	Per i primi tre classificati nella graduatoria di ammissione, è prevista una riduzione della quota di iscrizione secondo lo schema di seguito riportato: <ul style="list-style-type: none"> • € 2.000,00 per il primo della graduatoria; • € 1.000,00 per il secondo della graduatoria; • € 500,00 per il terzo della graduatoria Qualora il Master ottenga appositi finanziamenti da enti esterni, questi potranno essere messi a disposizione per la copertura parziale o totale della quota di iscrizione al Master nel rispetto della graduatoria degli ammessi secondo le percentuali stabilite dal Consiglio Didattico Scientifico.
Eventuali finanziamenti esterni	Da definire
Riduzioni di quota derivanti da particolari convenzioni	Da definire

PIANO FORMATIVO DEL MASTER

Direttore del Master:	<i>Prof. Achille Paolone</i>
Consiglio Didattico Scientifico	<ul style="list-style-type: none">- <i>Prof.ssa Daniela Addessi</i>- <i>Prof. Davide Bernardini</i>- <i>Prof. Franco Bontempi</i>- <i>Prof. Jacopo Ciambella</i>- <i>Prof. Augusto Desideri</i>- <i>Prof. Paolo Franchin</i>- <i>Prof. Vincenzo Gattulli</i>- <i>Prof. Domenico Liberatore</i>- <i>Prof. Alessio Lupoi</i>- <i>Prof.ssa Maria Marsella</i>- <i>Prof. Stefano Pampanin</i>- <i>Prof. Achille Paolone</i>- <i>Prof. Salvatore Perno</i>- <i>Prof. Sebastiano Rampello</i>- <i>Prof. Francesco Romeo</i>- <i>Prof.ssa Patrizia Trovalusci</i>
Calendario didattico	<p><i>Le lezioni si terranno il venerdì e il sabato secondo lo schema seguente:</i></p> <ul style="list-style-type: none">-<i>Primo periodo di lezioni dal 7 Febbraio 2020 a Maggio 2020.</i>-<i>Secondo periodo di lezioni da Giugno 2020 a Settembre 2020.</i>-<i>Tirocinio formativo, esame finale e cerimonia di conferimento del diploma di Master da Ottobre 2020 a Gennaio 2021.</i>



**Piano delle Attività Formative del Master in
Analisi, diagnostica e monitoraggio di strutture e infrastrutture**

Denominazione attività formativa	Descrizione obiettivi formativi	Responsabile insegnamento	Settore scientifico disciplinare (SSD)	CFU	Ore	Tipologia	Verifiche di apprendimento
Comportamento Meccanico delle Strutture							
<i>Comportamento statico delle strutture</i>	Acquisire la conoscenza del comportamento di diversi elementi strutturali notevoli e di loro assemblaggi di interesse. Fornire gli strumenti metodologici e di calcolo che consentono di interpretare e risolvere la risposta delle strutture, analizzandone i comportamenti qualitativi e quantitativi.	Paolone A.	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Comportamento dinamico delle strutture</i>	Fornire gli strumenti per la valutazione della risposta di strutture lineari a carichi variabili nel tempo trattando sistemi sia discreti sia continui.	Bernardini D.	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Comportamento di opere geotecniche</i>	Acquisire conoscenze sul comportamento meccanico di opere geotecniche quali fondazioni, opere di sostegno, infrastrutture sotterranee. Acquisire conoscenze sulla fenomenologia dell'interazione delle opere geotecniche con i movimenti di versante e con le strutture preesistenti. La conoscenza dei comportamenti è finalizzata alla definizione delle grandezze che dovranno essere acquisite nel monitoraggio	Rampello S.	ICAR/07	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Robustezza e sicurezza di ponti e viadotti</i>	Si considerano i concetti e i metodi opportuni e necessari alla valutazione della sicurezza e della robustezza di costruzioni esistenti come i ponti e i viadotti. La valutazione è condotta con rigore scientifico e sulla base di solidi ragionamenti e logiche considerazioni, prestando attenzione alla concezione strutturale, all'organizzazione come sistema della struttura, alle crisi strutturali come conseguenza dell'allineamento di diverse debolezze, all'analisi come processo strutturato ed esplorativo.	Bontempi F.	ICAR/09	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo

Diagnostica e Monitoraggio

<i>Sensori e Reti di Sensori</i>	Acquisire competenze sul funzionamento delle reti di sensori wireless (wireless sensor networks - WSN) che rappresentano un'importante tecnologia per il monitoraggio distribuito di grandezze fisiche, in grado di fornire misure caratterizzate da un'elevata risoluzione sia temporale che spaziale.	Responsabile da definire	ING-INF/01	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Tecniche di elaborazione dei segnali per l'Ingegneria delle Strutture</i>	Comprendere il concetto di elaborazione di un segnale, di funzione di trasferimento e di filtri analogici e discreti. Comprendere il significato di contenuto spettrale associato a segnali continui e discreti e la loro interpretazione nell'ambito dell'ingegneria delle strutture. Acquisire i primi rudimenti di elaborazione numerica dei segnali tramite Matlab.	Ciambella J.	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Monitoraggio di ponti e grandi strutture</i>	Conoscere in modo approfondito la concezione e i presupposti teorici di base del progetto di strutture da ponte, con capacità di interazione verso altre discipline specialistiche e attenzione verso gli aspetti di gestione tecnica, monitoraggio, valutazione di stato dell'esistente.	Responsabile da definire	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Monitoraggio geotecnico: strumenti e procedure</i>	Conoscere le grandezze che devono essere misurate nelle diverse opere geotecniche (spostamenti, forze, tensioni, deformazioni, pressioni dell'acqua, ...). Conoscere gli strumenti di misura abitualmente utilizzati e il loro funzionamento. Ubicazione della strumentazione e criteri di definizione di un piano di monitoraggio.	Desideri A.	ICAR/07	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Monitoraggio geomatico</i>	Acquisire familiarità con le principali tecniche e strumentazioni per il rilievo geomatico.	Marsella M.	ICAR/06	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Prove di laboratorio</i>	Conoscere le principali tecniche di laboratorio per la sperimentazione di materiali e strutture.	Perno S.	ICAR/09	3	75	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Prove in situ</i>	Conoscere le principali tecniche per la sperimentazione in situ di materiali e strutture.	Liberatore D.	ICAR/09	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Robotica per le ispezioni strutturali</i>	Fornire le conoscenze tecnologiche riguardanti l'automazione dei sistemi e dei processi con particolare riferimento alla robotica mobile per l'identificazione e il progetto di strategie di controllo.	Responsabile da definire	ING-IND/13	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo

<i>Tecniche avanzate per il rilievo strutturale</i>	Fornire una panoramica degli aspetti teorici e procedurali relativi alla rappresentazione digitale tridimensionale e al rilievo architettonico, attuato attraverso l'uso di strumentazioni avanzate.	Trovalusci P.	ICAR/08 ICAR/17	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
---	--	---------------	--------------------	---	----	--	---

Modellazione e Analisi

<i>Metodi computazionali per l'analisi delle strutture</i>	Acquisire le conoscenze di base delle tecniche computazionali utilizzate per l'analisi automatica delle strutture. Acquisire elementi di base del metodo degli elementi finiti per risolvere problemi sia statici sia dinamici, in campo lineare e non lineare, con particolare riferimento a travi, piastre, brick e shell.	Adessi D.	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Identificazione strutturale</i>	Conoscere i modelli strutturali parametrici e non parametrici e le principali tecniche d'identificazione statica e dinamica. Capire la correlazione tra le variazioni della risposta dinamica delle strutture e l'innescò e l'eventuale propagazione del danneggiamento strutturale. Sviluppare la capacità di applicare le tecniche di identificazione a casi studio reali.	Romeo F.	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Modellazione integrata di strutture</i>	Costruzione e calibrazione di modelli FEM. Analisi per oggetti e sottostrutture. Aggiornamento dei modelli (model updating). Ricerca di soluzioni ottimali. Casi studio.	Romeo F.	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Modellazione e identificazione del danno</i>	Introdurre i modelli adottati per la descrizione del danneggiamento, dei difetti e delle anomalie del funzionamento strutturale. Fornire i metodi tradizionali e innovativi per la diagnostica strutturale. Definire le strategie di identificazione del danno rispetto a differenti misure del comportamento strutturale e del suo degrado nel tempo	Gattulli V.	ICAR/08	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Opere geotecniche: rappresentazione e interpretazione delle misure e interventi di difesa, mitigazione, ripristino</i>	Conoscere le più opportune rappresentazioni delle misure di monitoraggio per l'analisi di fenomeni transitori e stazionari. Metodi statistici e deterministici di interpretazione delle misure. Elementi di modellazione numerica per l'esecuzione di analisi a ritroso dei fenomeni. mitigazione dei movimenti di versante, difesa di strutture e infrastrutture in versanti instabili, mitigazione degli effetti degli scavi	Rampello S.	ICAR/07	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo

Criteria di Intervento e Manutenzione

<i>Affidabilità strutturale e teoria delle decisioni</i>	Conoscenza dei concetti, metodi e strumenti di base per la valutazione probabilistica delle prestazioni, l'aggiornamento Bayesiano e il processo decisionale in condizioni di incertezza.	Franchin P.	ICAR/09	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Danneggiamento e fatica nelle infrastrutture</i>	Conoscere i principali fenomeni di danneggiamento e degrado nelle infrastrutture. Capire come la ripetizione di un carico ciclico nel tempo possa portare al collasso strutturale. Prendere consapevolezza del problema della fatica attraverso l'analisi di casi studio su strutture reali.	Lupoi A.	ICAR/09	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Gestione e manutenzione di infrastrutture</i>	Fornire un quadro di insieme delle problematiche connesse al monitoraggio strutturale, alla diagnostica e ai criteri di intervento	Paolone A.	ICAR/08	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale,	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Manutenzione di infrastrutture: casi di studio</i>	Fornire una panoramica di interventi realizzati su strutture e infrastrutture.	Paolone A.	ICAR/08	1	25	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
<i>Dalla diagnosi alla terapia: strategie e tecniche per la riabilitazione strutturale</i>	Parte I: Metodi Analitici per la valutazione della Vulnerabilità. Valutazione delle capacità (resistenza e deformazione) di meccanismi locali e globali, gerarchia delle resistenze a livello di elemento, sottosistema /connessione/nodo e sistema strutturale. Parte II: Strategie e Tecniche di Riabilitazione/Rinforzo Strutturale. Utilizzo di materiali e tecnologie tradizionali e/o innovative (jacketing, FRP, SMA, cavi esterni di post-tensione, indebolimento controllato, rocking, isolamento/dissipazione)	Pampanin S.	ICAR/09	2	50	Lezioni, esercitazioni, studio individuale	Verifica scritta alla fine dell'erogazione del modulo
Tirocinio/Stage	L'obiettivo è quello di fornire una immediata opportunità di applicazione dei contenuti teorici acquisiti durante le lezioni del master, svolgendo un periodo di permanenza presso aziende che si rendono disponibili ad accogliere i partecipanti al master.			6	150	Aziende ed enti partner da definire	
Altre attività	Attività seminari inerenti ai contenuti del master e proposte agli studenti dai docenti del master			2	50	Seminari	
Prova finale	Redazione di un elaborato relativo a uno dei temi affrontati nel master			10	250	Tesi	
TOTALE				60	1500		

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO

F.to Prof. Achille Paolone