

Scheda Gruppi di Ricerca

<p>Nome gruppo</p>	<p><u>Inglese</u> Solids Fluids and Structures Design Modeling and Numerical calculation - SFS DEMON</p> <p><u>Italiano</u> Solidi, fluidi e strutture - Progettazione, modellazione e calcolo numerico</p>
<p>Descrizione</p>	<p>Descrizione sintetica delle linee di ricerca (max 1500 caratteri per ogni linea di ricerca).</p> <p><u>Italiano</u> Applicazione del metodo degli elementi finiti e del metodo degli elementi al contorno nell'analisi fluidodinamica e strutturale: Viene sviluppato l'elemento finito lineare e non lineare fondamentale per il comportamento strutturale nella struttura dell'elasticità, l'iperelasticità, la plasticità e l'analisi limite. Le equazioni di base sono state implementate in codici computazionali fatti da sé incentrati sulla formulazione della dinamica strutturale non lineare, della plasticità e del calcolo del collasso. Inoltre, è stata studiata l'interazione fluido-struttura riguardante gli effetti della deformazione del canale rispetto al flusso del fluido in un sistema di raffreddamento di motori a razzo.</p> <p>Il codice commerciale Ansys FEM viene utilizzato attraverso il linguaggio di programmazione Ansys nativo APDL, formulando codici ad hoc che simulano il flusso di fluidi in mezzi porosi e gli effetti del verificarsi di sforzi-deformazioni sull'evoluzione dei fluidi. Il primo, vale a dire i fondamenti del calcolo scientifico discreto, è trattato dal punto di vista dei metodi variazionali meccanici. I risultati dell'approccio di base sono dettagliati su diversi aspetti di applicazioni e casi pratici. Oltre agli elementi finiti, viene implementato anche il metodo degli elementi al contorno per risolvere l'elasticità eterogenea e la meccanica della frattura. In particolare, per considerare l'eterogeneità del materiale è stato derivato un metodo misto campo-elemento al contorno, FBEM. Le equazioni integrali al contorno del campo sono state risolte utilizzando tecniche di collocazione e integrazione. Lo stress interno è stato calcolato utilizzando le funzioni di forma degli elementi di campo per evitare l'integrazione complessa di nuclei di deformazione ipersingolari derivanti da FBEM eterogenei.</p> <p>Comportamento limite delle strutture: L'attività di ricerca indaga il collasso e il limite delle strutture utilizzando la teoria della plasticità e metodi di instabilità. L'analisi limite è implementata nel codice FEM e FBEM definendo lo spazio di autostress. L'autostress è la distribuzione delle sollecitazioni di una struttura corrispondente a carichi nulli. È l'intervallo della soluzione autoequilibrata delle equazioni di equilibrio e rappresenta la molteplicità dello stato di sollecitazione all'equilibrio di una struttura e di un solido. L'autostress è l'aspetto cruciale dell'analisi del collasso all'interno della teoria della plasticità standard. Tuttavia, anche quando la plasticità non standard è il modello costitutivo della struttura reale in esame, la teoria di Radenkowic consente di utilizzare l'approccio standard a una struttura fittizia realizzata con materiale standard. Fornisce il limite superiore e inferiore del carico di collasso effettivo, anche se l'intervallo</p>

limite superiore-inferiore non svanisce, a condizione che il materiale non sia standard.

Diverse applicazioni delle teorie dello stato limite delle strutture sono state applicate a casi strutturali esemplificativi, ad esempio: crollo di edifici, cupole, volte e ponti, comportamento di instabilità di assiami di piastre sotto carichi assiali e misti.

Sistemi di monitoraggio strutturale con sensori innovativi:

Sensori innovativi basati sulla diffusione Brillouin in fibre ottiche sono stati sviluppati e utilizzati per il monitoraggio di strutture e pendii. Il sensore è progettato per interagire con gli inclinometri quando viene utilizzato per monitorare frane e pendii in movimento. Inoltre, il sensore è dotato di un sistema di rinforzo che origina un trasduttore strutturale combinato che svolge il ruolo di rinforzo intelligente che, oltre all'effetto di miglioramento strutturale, rappresenta anche il modo per acquisire in tempo reale l'evoluzione delle deformazioni nelle strutture. Il modo in cui agisce il sensore costituisce un rinforzo intelligente e un sistema di preallarme per verificare l'efficacia del rinforzo durante la vita strutturale.

Valutazione della sicurezza strutturale alla scala territoriale, di comparto urbano e di singola unità edilizia.

Per aumentare la resilienza e la capacità di valutare e gestire gli effetti dei disastri, le autorità pubbliche e private e la gestione del territorio dovrebbero essere dotate di una conoscenza dettagliata delle criticità degli insediamenti e di strumenti pratici e rapidi per prevedere le aree e le situazioni in cui affrontare il primo soccorso e verso il quale dedicare gli sforzi successivi per risolvere i problemi emergenti. La sicurezza strutturale è uno degli aspetti significativi che devono essere affrontati. In particolare, devono essere predisposte strategie e procedure rapide ed efficaci che costituiscano un quadro di riferimento per l'organizzazione e la progettazione dell'attività. La proposta mira a definire un sistema di classificazione e mappare il rischio relativo a disastri naturali come terremoti, frane e colate detritiche. Per impostare una procedura e un protocollo normativo, le strutture devono essere classificate in base alle loro caratteristiche geometriche e meccaniche, differenziandole in sottoinsiemi di morfotipo con simili macrocaratteristiche. Le mappe locali evidenziano zone uniformi con morfologia di strutture simili, definendo micro o macroaree di pari vulnerabilità. Le analisi vengono eseguite attraverso un push-over semplificato attraverso l'approccio di Melan per limitare l'analisi eseguita con una procedura robusta basata su un elemento finito discontinuo già testato per casi simili. Una strategia di classificazione viene impostata attraverso l'elaborazione dei dati dei risultati ottenuti utilizzando il parametro principale dell'insieme di funzioni che definiscono la curva di capacità per ciascun morfotipo. I risultati sono implementati in abachi di facile utilizzo, rappresentazione GIS e mappe tematiche del rischio. I risultati completi costituiscono proposte per la gestione e la mitigazione degli effetti dei disastri naturali e artificiali.

Meccanica dei materiali porosi e interazione solido-fluido.:

Nel presente tema di ricerca, presentiamo un modello poroelastico lineare per una trave a doppio strato oscillante quasi statica costituita da due strati spessi in perfetto legame alla loro interfaccia, caratterizzati da diversi

moduli elastici e permeabilità, entrambi direttamente influenzati dalla porosità. La soluzione è costruita considerando la struttura come un oggetto tridimensionale. Si ottiene analiticamente per l'accoppiamento completo del bilancio di massa e delle equazioni meccaniche imponendo condizioni al contorno deboli sulle sole forze che emergono alle superfici laterali più esterne, trascurando gli effetti inerziali. Dopo aver verificato l'accuratezza della soluzione confrontando i risultati teorici e i risultati numerici delle simulazioni agli elementi finiti, sono state quindi eseguite analisi di sensitività ad hoc per indagare gli effetti sulla distribuzione delle sollecitazioni e sul flusso del fluido dovuti a prescritte disomogeneità legate alle variazioni dei parametri materiali e geometrici lungo lo spessore della trave, mantenendo costante il volume totale dello scheletro solido poroso e applicando forze assiali e momenti flettenti autoequilibrati e oscillanti nel tempo su due lati opposti della struttura. Sono state inoltre eseguite alcune analisi dinamiche per evidenziare i periodi e gli intervalli di frequenza appropriati in cui i carichi impulsivi assicuravano la risposta quasi statica del sistema, discutendo tuttavia le interferenze dovute ai regimi transitori per casi selezionati sulla base di analisi numeriche. Infine, mostriamo che, giocando con i rapporti tra moduli elastici, spessore e porosità dei due strati, è possibile osservare una serie di comportamenti controintuitivi o addirittura non convenzionali, che danno luogo a fenomeni di riflusso inaspettati e distribuzioni anomale del contenuto di fluido, nonché per stressare i picchi generati dallo spostamento dell'interfaccia dello strato e dall'irrigidimento complessivo che potrebbero essere tutti sfruttati per la progettazione di nuovi metamateriali poroelastici multi-obiettivo.

Rimodellamento osseo

L'osso è uno straordinario materiale biologico che adatta continuamente la sua microstruttura gerarchica per rispondere a carichi statici e dinamici per offrire caratteristiche meccaniche ottimali, in termini di rigidità e tenacità, su diverse scale, dai costituenti sub-microscopici all'interno degli osteoni, dove l'attività ciclica di osteoblasti, osteoclasti e osteociti ridisegna forma e percentuale di cristalli minerali e fibre collagene fino al livello macroscopico, con processi di accrescimento e rimodellamento che modificano l'architettura dei distretti ossei sia compatti che porosi. Nonostante la complessità intrinseca della meccanobiologia ossea, che comporta fenomeni di accoppiamento di micro-danneggiamento, apporto di nutrienti guidato dal fluido che scorre attraverso reti gerarchiche e turnover cellulare, in letteratura sono stati presentati modelli di successo e algoritmi numerici per prevedere, su macroscale, come rimodellamento osseo sotto stimoli meccanici, aspetto fondamentale in molte applicazioni mediche come l'ottimizzazione delle protesi femorali e la diagnosi del rischio frattura. In questo quadro, una delle strategie più classiche impiegate negli studi è la cosiddetta legge di Stanford, che consente di caricare l'effetto dello stimolo di stress indotto dal carico dipendente dal tempo in un modello biomeccanico per indovinare l'evoluzione della struttura ossea. Nel presente lavoro, generalizziamo questo approccio introducendo la poroelasticità ossea, incorporando così nel modello il ruolo del contenuto fluido che, guidando i nutrienti e contribuendo alla rimozione dei rifiuti delle cellule del tessuto osseo, interagisce sinergicamente con i classici campi di stress per modificare gli stati di

omeostasi, le condizioni di saturazione locale e riorienta il tasso di densità ossea, influenzando in questo modo la crescita e il rimodellamento.

Meccanica ossea e modelli e calcoli degli impianti:

L'artroplastica totale dell'anca è stata una delle procedure chirurgiche di maggior successo in termini di risultati e soddisfazione del paziente. Tuttavia, a causa dell'aumento dell'aspettativa di vita e della relativa incidenza di malattie ossee età-dipendenti, un numero crescente di casi di fratture intraoperatorie porta a interventi di revisione con alti tassi di morbilità e mortalità. I chirurghi scelgono il tipo di impianto, protesi cementata o non cementata, in base all'età, alla qualità dell'osso e alle condizioni mediche generali del paziente. Generalmente non sono disponibili misure quantitative per valutare il rischio di frattura intraoperatoria. Di conseguenza, il processo decisionale si basa principalmente sull'esperienza degli operatori chirurgici e sulle informazioni qualitative ottenute dall'imaging. Motivati da questo scenario, proponiamo una strategia meccanica a supporto per assistere i chirurghi nelle loro decisioni fornendo mappe comprensibili del rischio di frattura, che considerano l'interazione tra l'effettiva distribuzione della forza meccanica all'interno del tessuto osseo e la sua risposta alle forze esercitate dall'impianto.

Inglese

The Finite Element Method and the Boundary Element Method application in fluid and structural analysis:

The fundamental linear and nonlinear finite element for structural behavior in the elasticity framework, Hyperelasticity, plasticity, and limit analysis is developed. The basic equations have been implemented into self-made computational codes focused on formulating the nonlinear structural dynamics, plasticity, and collapse calculation. Moreover, the fluid-structure interaction has been studied concerning the effects of channel deformation versus the fluid flow in a cooling system of rocket engines.

Ansys FEM commercial code is used through the APDL native Ansys programming language, formulating ad hoc codes that simulate fluid flow in porous media and the effects of stress-strain occurrence on fluid evolution. The primary, namely the fundamentals of discrete scientific computing, is treated from the mechanic variational methods' standpoint. The results of the basic approach are particularized to several aspects of applications and practical cases. Besides the finite elements, the boundary element method is also implemented to solve heterogeneous elasticity and fracture mechanics. In particular, a mixed field-Boundary Element Method, FBEM, is derived to consider the material heterogeneity. The Field Boundary Integral Equations have been solved using collocation techniques and integration. The internal stress has been calculated using field element shape functions to avoid complex integration of hypersingular strain kernels arising in heterogeneous FBEM.

Limit behavior of structures: The research activity investigates the collapse and the limit of the structures using plasticity theory and instability methods. The limit analysis is implemented into FEM and FBEM code by defining the eigenstress space. The eigenstress is a structure's stress

distribution corresponding to null loads. It is the span of the self-equilibrated solution to the balance equations and represents the multiplicity of the equilibrium stress state of a structure and a solid. The eigenstress is the crucial aspect of the collapse analysis within the standard plasticity theory. However, even when no-standard plasticity is the constitutive model of the actual structure under investigation, the Radenkovic theory allows using the standard approach to a fictitious structure made of standard material. It furnishes the upper and lower bound of the actual collapse load, even if the upper-lower bound interval does not vanish, provided the material is no-standard.

Several applications of the theories of the limit state of the structures have been applied to exemplificative structural cases, say: the collapse of buildings, domes, vaults, and bridges, instability behavior of plate assemblies under axial and mixed loads.

Structural monitoring systems with innovative sensors:

Innovative sensors based on the Brillouin scattering in optical fibers have been developed and used for monitoring structures and slopes. The sensor is designed to interact with inclinometers when it is used to monitor landslides and moving slopes. Moreover, the sensor is equipped with a reinforcing system originating a combined structural transducer that plays the role of intelligent reinforcement that, besides the effect of structural improvement, also represents the way to acquire real-time strain evolution in the structures. The way the sensor acts constitutes an intelligent reinforcement and an early warning system to check the effectiveness of the reinforcement during the structural life.

Assessment of structural safety at the territorial scale, urban sector, and single building unit.

To increase the resilience and the capacity to assess and manage the effects of disasters, public and private authorities and territorial management should be provided with detailed knowledge of the criticism of the settlements and with practical and rapid tools to forecast the areas and the situations where address the first aid and toward which devote the subsequent efforts to resolve the emerging problems. Structural safety is one of the meaningful aspects that must be addressed. In particular, fast and effective strategies and procedures must be prepared that constitute a guidelines framework for organizing and designing the activity. The proposal aims to define a classification system and map the risk concerning natural disasters like earthquakes, landslides, and debris flow. To set up a procedure and a reglementary protocol, the structures must be classified according to their geometric and mechanical characteristics, differentiating them into subsets of morpho-type with similar macro-characteristics. The local maps highlight uniform zones with similar structures' morphology, defining equal-vulnerability micro or macro areas. The analyses are performed through a simplified push-over through Melan's approach to limit analysis performed with a robust, discontinuous finite element procedure already tested for similar cases. A classification strategy is set up through the obtained results data processing using the main parameter of the set of functions defining the capacity curve for each morpho-type. The results are implemented in user-friendly abacuses, GIS representation, and thematic risk maps. The complete results constitute

proposals for managing and mitigating the effects of natural and artificial disasters.

Mechanics of porous materials and solid-fluid interaction.:

In the present research theme, we present a linear poroelastic model for a quasi-static oscillating bilayer beam made by two thick strata in perfect bond at their interface, characterized by different elastic moduli and permeability, both directly influenced by porosity. The solution is built up by considering the structure as a three-dimensional object. It is obtained analytically for the full coupling of mass balance and mechanical equations by imposing weak boundary conditions on the sole forces emerging at the lateral outermost surfaces, neglecting the inertial effects. After verifying the accuracy of the solution by comparing theoretical outcomes and numerical results from Finite Element simulations, ad hoc sensitivity analyses were then carried out to investigate the effects on the stress distribution and fluid flow due to prescribed inhomogeneities related to variations of material and geometrical parameters across the beam thickness, by keeping constant the total volume of the porous solid skeleton and applying self-equilibrated and oscillating in time axial forces and bending moments at two opposite sides of the structure. Some dynamic analyses were also performed to highlight proper periods and frequencies ranges where pulse loadings ensured the quasi-static response of the system, however discussing interferences due to transient regimes for selected cases on the basis of numerical analyses. Finally, we show that, by playing with ratios between elastic moduli, thickness and porosity of the two layers, a number of counterintuitive or even non-conventional behaviors can be observed, which give rise to unexpected back-flow phenomena and anomalous fluid content distributions, as well as to stress peaks kindled by moving the layer interface and overall stiffening that could be all exploited for the design of new multi-objective poroelastic metamaterials.

Bone remodeling

Bone is an extraordinary biological material that continuously adapts its hierarchical microstructure to respond to static and dynamic loads for offering optimal mechanical features, in terms of stiffness and toughness, across different scales, from the sub-microscopic constituents within osteons—where the cyclic activity of osteoblasts, osteoclasts, and osteocytes redesigns shape and percentage of mineral crystals and collagen fibers—up to the macroscopic level, with growth and remodeling processes that modify the architecture of both compact and porous bone districts. Despite the intrinsic complexity of the bone mechanobiology, involving coupling phenomena of micro-damage, nutrients supply driven by fluid flowing throughout hierarchical networks, and cells turnover, successful models and numerical algorithms have been presented in the literature to predict, at the macroscale, how bone remodels under mechanical stimuli, a fundamental issue in many medical applications such as optimization of femur prostheses and diagnosis of the risk fracture. Within this framework, one of the most classical strategies employed in the studies is the so-called Stanford's law, which allows uploading the effect of the time-dependent load-induced stress stimulus into a biomechanical model to guess the bone structure evolution. In the present work, we

generalize this approach by introducing bone poroelasticity, thus incorporating in the model the role of the fluid content that, by driving nutrients and contributing to the removal of wastes of bone tissue cells, synergistically interacts with the classical stress fields to change homeostasis states, local saturation conditions, and reorients the bone density rate, in this way affecting growth and remodeling.

Bone mechanics and implant models and calculations:

Total Hip Arthroplasty has been one of the most successful surgical procedures in terms of patient outcomes and satisfaction. However, due to increased life expectancy and the related incidence of age-dependent bone diseases, a growing number of cases of intra-operative fractures lead to revision surgery with high morbidity and mortality rates. Surgeons choose the type of implant, either cemented or cementless prosthesis, based on age, bone quality, and the patient's general medical conditions. Generally, no quantitative measures are available to assess the intra-operative fracture risk. Consequently, the decision-making process is mainly based on surgical operators' expertise and qualitative information obtained from imaging. Motivated by this scenario, we propose a mechanical-supported strategy to assist surgeons in their decisions by giving intelligible maps of the risk fracture, which consider the interplay between the actual mechanical strength distribution inside the bone tissue and its response to the forces exerted by the implant.

Riferimento all'interazione con altri gruppi di ricerca dell'Ateneo se presente.

1. Structural & Wind Engineering (Ingegneria Strutturale e del Vento), Dipartimento di Ingegneria dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli". Responsabile: prof. Francesco Ricciardelli.

Le attività del gruppo di ricerca si integrano attraverso la costruzione di opportune modellazioni discrete volte alla formulazione e all'implementazione di procedure di soluzione numerica e mirate alla realizzazione di software dedicato ai modelli e alle strutture affrontate.

Partecipazione a progetti di Ricerca .

- Progetto IDROS: Impiego di Droni per la ricerca nel Sottosuolo, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico, programma UE-FESR, PON "Imprese e competitività" 2014–2020, grant number F/050187/02/X32. dal 01-03-2017 al 30-10-2019
- Collaborazione con il dipartimento di Meccanica delle Strutture e Ingegneria Idraulica dell'Università di Granada per lo scambio di Dottorandi di Ricerca e promuovere collaborazioni di ricerca.
- Collaborazione con il gruppo di ricerca per la progettazione e realizzazione del magnete per l'esperimento SHiP per l'individuazione di neutrini, presso il CERN di Ginevra. La collaborazione ha previsto tra l'altro il proporzionamento di massima delle componenti del nucleo metallico di un magnete di grandi dimensioni soggetto alle azioni elettromagnetiche.

- Progetto "Strain" "Smart Transducers and Reinforcements for the development of Artificial Intelligence in civil engineering application". Il progetto è inserito nel programma VALERE, VANviteLLi pEr la RicErca, finanziato, con revisione tra pari, dall'Università della Campania.
- PRIN2017: Science, technology and international relations: case studies in Italian foreign policy. Il progetto ha come argomento lo studio dell'influenza delle posizioni dei tecnici e dei consulenti rispetto alle decisioni operate dalle istituzioni su temi a forte contenuto scientifico. Il progetto, che si inquadra nell'area ERC SH6, è stato finanziato.
- Accordo di cooperazione con l'"Institute of biomedical and Neural Engineering" Università di Reykjavik. dal 2020
- PRIN 2022 Partecipazione al Progetto: Cross-ply laminates modeling in nonlocal elasticity and delamination of timber composite material. Modellazione di laminati a strati incrociati nell'elasticità non locale e nella delaminazione del materiale composito in legno.
- PRIN-PNRR 2022 dal titolo: Experimental-numerical multi-parametric protocol to assess the risk for the human settlements, buildings, and infrastructures with respect to natural disasters using an inspection-made database, improved identification strategy, and parametrization on building technology, zoning, structural health monitoring data, and simplified calculation results. Con sedi consorziate Università della Campania "L.Vanvitelli" e Università di Napoli "Federico II".

Da 10 a 20 prodotti scientifici principali segnalando eventualmente il totale del numero di prodotti scientifici rilevanti (riportare obbligatoriamente 10 prodotti di Fascia A dall'Anagrafe della Ricerca – relazioni 2011-2013).

- 1) Damiano E., Avolio B., Minardo A., Olivares L., Picarelli L., Zeni L. (2017). A laboratory Study on the Use of Optical Fibers for Early Detection of Pre-Failure Slope Movements in Shallow Granular Soil Deposits. GEOTECHNICAL TESTING JOURNAL, 40(4): 529-541, doi: 10.1520/GTJ20160107.
- 2) Damiano E. (2019). The effects of layering on triggering mechanisms of rainfall-induced landslides in unsaturated pyroclastic granular soils. CANADIAN GEOTECHNICAL JOURNAL. ISSN: 0008-3674, doi: 10.1139/cgj-2018-0040.
- 3) Palladino, S., Minutolo, V., Esposito, L. Hybrid semi-analytical calculation of the stress intensity factor for heterogeneous and functionally graded plates (2022) Engineering Fracture Mechanics, 274, art. no. 108763.
- 4) Zona, R., Esposito, L., Palladino, S., Totaro, E., Minutolo, V. Semianalytical Lower-Bound Limit Analysis of Domes and Vaults (2022) Applied Sciences (Switzerland), 12 (18), art. no. 9155.
- 5) Di Gennaro, L., Damiano, E., De Cristofaro, M., Netti, N., Olivares, L., Zona, R., Iavazzo, L., Coscetta, A., Mirabile, M., Giarrusso, G.A.,

- D'Ettore, A., Minutolo, V. An innovative geotechnical and structural monitoring system based on the use of NSHT (2022) *Smart Materials and Structures*, 31 (6), art. no. 065022.
- 6) Esposito, L., Minutolo, V., Gargiulo, P., Fraldi, M. Symmetry breaking and effects of nutrient walkway in time-dependent bone remodeling incorporating poroelasticity (2022) *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 21 (3), pp. 999-1020.
 - 7) Esposito, L., Minutolo, V., Fraldi, M., Sacco, E. Stress peaks, stiffening and back-flow in bilayer poro-elastic metamaterials (2022) *International Journal of Solids and Structures*, 236-237, art. no. 111334.
 - 8) Palladino, S., Esposito, L., Ferla, P., Zona, R., Minutolo, V. Functionally graded plate fracture analysis using the field boundary element method (2021) *Applied Sciences (Switzerland)*, 11 (18), art. no. 8465, .
 - 9) Cutolo, A., Carotenuto, A.R., Palumbo, S., Esposito, L., Minutolo, V., Fraldi, M., Ruocco, E. Stacking sequences in composite laminates through design optimization (2021) *Meccanica*, 56 (6), pp. 1555-1574.
 - 10) Esposito, L., Minutolo, V., Gargiulo, P., Jonsson, H., Gislason, M.K., Fraldi, M. Towards an app to estimate patient-specific perioperative femur fracture risk (2020) *Applied Sciences (Switzerland)*, 10 (18), art. no. 6409.
 - 11) Minutolo, V., Esposito, L., Sacco, E., Fraldi, M. Designing stress for optimizing and toughening truss-like structures (2020) *Meccanica*, 55 (8), pp. 1603-1622.
 - 12) Minutolo, V., Cerri, E., Coscetta, A., Damiano, E., Cristofaro, M.D., Gennaro, L.D., Esposito, L., Ferla, P., Mirabile, M., Olivares, L., Zona, R. NSHT: New smart hybrid transducer for structural and geotechnical applications (2020) *Applied Sciences (Switzerland)*, 10 (13), art. no. 4498.
 - 13) Palladino, S., Esposito, L., Ferla, P., Totaro, E., Zona, R., Minutolo, V. Experimental and numerical evaluation of residual displacement and ductility in ratcheting and shakedown of an aluminum beam (2020) *Applied Sciences (Switzerland)*, 10 (10), art. no. 3610.
 - 14) Di Ronza, S., Di Natale, M., Eramo, C., Minutolo, V., Palladino, S., Zona, R. Experimental investigation on beach morphodynamical process near river mouth (2020) *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11 (3), pp. 224-239.
 - 15) Minutolo, V., Ruocco, E. Wall structure finite-element by BEM coupling (2019) *International Journal of Masonry Research and Innovation*, 4 (1-2), pp. 113-122.
 - 16) Ruocco, E., Reddy, J.N.: A discrete differential geometry-based approach to buckling and vibration analyses of inhomogeneous Reddy plates, *Applied Mathematical Modelling*, 2021, 100, pp. 342–364
 - 17) Reddy, J.N., Ruocco, E., Loya, J.A., Neves, A.M.A.: Theories and analyses of functionally graded circular plates, *Composites Part C: Open Access*, 2021, 5, 100166
 - 18) Ruocco, E., Reddy, J.N., Sacco, E., Analytical solution for a 5-

parameter beam displacement model, International Journal of Mechanical Sciences, 2021, 201, 106496

19) Picarelli, L., Olivares, L., Lampitiello, S., Darban, R., Damiano, E. The undrained behaviour of an air-fall volcanic ash (2020) Geosciences (Switzerland), 10 (2), art. no. 60

20) Olivares, L., Damiano, E., Netti, N., de Cristofaro, M. Geotechnical properties of two pyroclastic deposits involved in catastrophic flowslides for implementation in early warning systems (2019) Geosciences (Switzerland), 9 (1), art. no. 24.

Rapporti internazionali e nazionali con aziende, enti, centri di ricerca, Università.

protocollo di cooperazione esistente tra dipartimento di Ingegneria e Institute of Biomedical and Neural Engineering dell'Università di Reykjavik. Istituzione di un dottorato congiunto.

Sviluppo di metodi di analisi e modelli sul rimodellamento osseo, il trasporto di nutrienti nei tessuti spongiosi e la filtrazione in mezzi porosi, lo studio della resistenza di aggregati di elementi lamellari e ottimizzazione del "fracture toughening". Cooperazione con il dipartimento di strutture per l'ingegneria e l'architettura della Federico II. Collaborazione col dipartimento di meccanica dei mezzi continui dell'Università di Siviglia cotutela di dottorati (Habib Himani) partecipazione a progetti PRIN etc.

Collaborazione con il gruppo di ricerca per la progettazione e realizzazione del magnete per l'esperimento SHiP per l'individuazione di neutrini, presso il CERN di Ginevra.

Enti di ricerca con i quali sono stati stipulati accordi di convenzione, conto terzi o accordi quadro di collaborazione e trasferimento tecnologico

Protocollo di cooperazione tra dipartimento di Ingegneria e Institute of Biomedical and Neural Engineering dell'Università di Reykjavik.

Convenzione di collaborazione e accordo di collaborazione e trasferimento tecnologico con Futura srl per l'ottimizzazione delle analisi numeriche per il progetto di sistemi di stoccaggio e varo di cavi e condotte per grandi infrastrutture di trasporto sottomarino.

Categorie ISI WEB di riferimento

Engineering, civil, mechanical, environmental, biomedical; Mechanics;

Settori Scientifico-Disciplinari di riferimento.

ICAR01-ICAR07-ICAR08-MAT07

Altre parole chiave di riferimento non contenute nelle categorizzazioni di cui sopra (max 10).

Meccanica computazionale, meccanica dei solidi, ingegneria strutturale, geotecnica, monitoraggio, sensori strutturali e geotecnici, early warning.

Sito web	https://www.ingegneria.unicampania.it/ricerca/gruppi-di-ricerca#sfs-demon-solid-fluid-structure-design-modeling-and-numerical-analysis-progettazione-modellistica-e-analisi-numerica-di-solidi-fluidi-e-strutture
Responsabile scientifico/ Coordinatore	Vincenzo Minutolo
Settore ERC del gruppo	PE1_16 Numerical analysis and scientific computing PE8_3 Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment PE8_4 Computational engineering PE8_5 Fluid mechanics, hydraulic-, turbo-, and piston engines PE8_9 Materials engineering (biomaterials, metals, ceramics, polymers, composites, ...)
Componenti	<p><i>I Ricercatori afferenti all'Ateneo vengono associati da un elenco. E' possibile indicare anche ricercatori esterni. All'atto dell'inserimento di ricercatori esterni è consigliato chiedere esplicitamente l'assenso attraverso una mail di conferma. Il coordinatore del gruppo è responsabile di questo aspetto. Se i gruppi di ricerca sono interdipartimentali è opportuno segnalare i contributi dei diversi dipartimenti. Ciascun Ricercatore inserito deve avere almeno 3 prodotti scientifici nel triennio su tematiche inerenti. Anche di questo aspetto si assume la responsabilità il coordinatore del gruppo.</i></p> <p>Vincenzo MINUTOLO (Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania, L.Vanvitelli) Eugenio RUOCCO (Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania, L.Vanvitelli) Lucio OLIVARES (Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania, L.Vanvitelli) Emilia DAMIANO (Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania, L.Vanvitelli) Luca ESPOSITO (Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania, L.Vanvitelli) Giorgio RICCARDI (Dipartimento di Matematica e fisica, Università della Campania, L.Vanvitelli) Andrea VACCA (Università Federico II Napoli) Andres SAEZ PEREZ (Univ. Siviglia) Paolo GARGIULO (Univ. Reykjavik) Renato ZONA (Ph.D. Univ. Campania) Simone PALLADINO (Ph.D. Univ. Campania) Habib HIMANI (Ph.D. student PNRR di interesse Nazionale Univ. Campania-Sede Univ. Catania) Lorena GUERRINI (Ph.D. student, Univ. Campania-congiunto Reykjavik) Sehrish BIBI (Ph.D. student Univ. Campania) Caterina ERAMO (Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania, L.Vanvitelli) Stefania DI RONZA (Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania, L.Vanvitelli)</p>