

## **Descrizione delle principali linee di ricerca del Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra** **(Allegato al Quadro A.1)**

Questo documento, che integra le informazioni presenti nel Quadro A1, descrive in dettaglio le varie linee di ricerca attive presso il Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Ferrara. Per il contesto di riferimento generale si rimanda al Quadro A1. Per una maggiore leggibilità, si raggruppano nel seguito le aree di ricerca di ambito fisico e quelle relative alle scienze della terra.

### **Area fisica**

#### **Archeometria**

Dedicata principalmente allo studio di dipinti di ogni età e provenienza, questa attività di ricerca utilizza metodologie fisiche, in gran parte sviluppate e costruite nel Dipartimento, per ottenere informazioni sui materiali pittorici e sulle tecniche artistiche.

Le immagini che si ottengono utilizzando radiazioni infrarosse, ultraviolette o raggi X svelano aspetti diversi e spesso inattesi dell'opera d'arte, contribuendo allo studio storico-artistico, alla autenticazione e alla corretta conservazione. La tavolozza dei pigmenti usati dall'artista viene ricostruita senza richiedere alcun prelievo degli strati pittorici.

Le collaborazioni attive con laboratori ed enti di ricerca permettono di ampliare il panorama delle tecniche disponibili, includendo le microanalisi e le datazioni assolute.

#### **Astrofisica e astrofisica nucleare**

Le attività di ambito astrofisico del dipartimento riguardano l'astrofisica delle alte energie, la cosmologia e lo studio dell'universo primordiale, la formazione e l'evoluzione delle strutture cosmiche e l'astrofisica nucleare. Esse investono sia gli ambiti sperimentali che quelli osservativi e teorico-interpretativi. Tra i primi ricade lo sviluppo di ottiche focalizzanti per telescopi di raggi X duri e raggi gamma basati sul modello di una lente di Laue, e lo sviluppo di missioni di nuova generazione in banda X e gamma. I secondi coprono un'ampia porzione dello spettro elettromagnetico, dal millimetrico alle altissime energie. I Gamma-Ray Burst vengono studiati sia con missioni passate (dati d'archivio) che con missioni tuttora operative nel campo dell'astrofisica nelle bande gamma, X, e visibili (follow-up robotici), e anche dal punto di vista della modellistica teorica. Gli ammassi di galassie sono osservati in banda X e ottica, anche in relazione al loro contenuto di materia oscura e alla caratterizzazione di quest'ultima. Le osservazioni in banda millimetrica della radiazione cosmica di fondo (CMB) sono utilizzate, insieme ad altri dati di origine cosmologica, per studiare l'universo primordiale ed evoluto, e determinare i parametri che intervengono nei modelli che ne descrivono il comportamento su larga scala. Le ricerche di astrofisica nucleare riguardano ancora l'universo primordiale e le interazioni tra specie che lo popolavano, nonché lo studio della materia nucleare densa negli oggetti compatti quali stelle di neutroni e a quark.

#### **Fisica applicata alla medicina**

La Fisica applicata alla Medicina ha permesso lo sviluppo di tecniche di indagine diagnostica e terapia estremamente efficaci contribuendo al miglioramento della salute pubblica.

A Ferrara le attività del gruppo di Fisica Medica si concentrano principalmente sul miglioramento delle tecniche di indagine diagnostica con radiazioni ionizzanti e non ionizzanti.

Per l'ottimizzazione degli esami radiografici si lavora sullo sviluppo di sorgenti a raggi X monocromatiche e sistemi di analisi delle immagini radiografiche digitali capaci di evidenziare maggiormente i dettagli di interesse clinico.

Per quanto riguarda le applicazioni avanzate in mammografia digitale è in corso il trasferimento tecnologico di due tecniche di indagine diagnostica: la Dual-Energy con mezzo di contrasto e la Tomosintesi con riproiezione bidimensionale.

Nel settore della medicina nucleare si stanno studiando nuovi metodi di produzione del Tecnezio<sup>99m</sup> con l'utilizzo di ciclotroni e scanner SPECT ad alta risoluzione spaziale per la sperimentazione su piccoli animali dei radiofarmaci contenenti il Tc<sup>99m</sup>.

Per migliorare la quantificazione del flusso venoso cerebrale è allo studio un modello parametrico dell'emodinamica del Ritorno Venoso Cerebrale in grado di fornire i valori dei flussi in ogni sezione del network vascolare partendo dalle misure Eco-Doppler di inflow e outflow cerebrale. Per studiare l'attendibilità dei dati si è sviluppato un apparato sperimentale per la simulazione della circolazione venosa. Usato con fantocci antropomorfi dedicati, il sistema permette anche la caratterizzazione completa degli

apparati Eco-Doppler e la verifica dell'attendibilità dei dati misurati da operatori sanitari diversi. Il modello sviluppato permette di studiare il comportamento del network cerebrale anche in assenza di gravità. La sua verifica sperimentale è in corso utilizzando dispositivi non invasivi appositamente sviluppati a Ferrara ed ora a bordo della Stazione Spaziale Internazionale.

### **Fisica computazionale**

Questa linea di ricerca è relativa a vari aspetti della fisica teorica, che utilizzano intensamente tecniche di tipo computazionale. La decisione di usare i calcolatori in supporto alla attività del fisico teorico sta introducendo una vera rivoluzione nell'attività del fisico teorico, permettendo di studiare nel dettaglio sistemi cosiddetti complessi, caratterizzati dall'aver molti stati diversi, dalla capacità di permanere per tempi molto lunghi in uno stesso stato, dal fatto che la loro dinamica si svolge su molte scale diverse che non possono essere isolate tra di loro. Il gruppo - che nel passato ha lavorato soprattutto nell'ambito della Cromodinamica Quantistica sul reticolo - più recentemente si è occupato della meccanica statistica di sistemi complessi - soprattutto di spin-glass - e di dinamica dei fluidi in moto turbolento.

### **Fisica dei materiali magnetici**

Lo studio delle interazioni magnetiche in sistemi a bassa dimensionalità e di dimensioni sempre più ridotte risponde all'esigenza attuale di ottenere dispositivi utili sia a realizzare supporti di memoria ad alta densità di informazione che a scrivere/leggere tali supporti. Ciò ha indotto a realizzare sistemi magnetici ed elettronici con proprietà innovative nei settori dei nano-materiali e dei materiali magnetici compositi. Le attività di ricerca in questo campo riguardano sia studi teorici sulle proprietà delle onde di spin che si propagano in cristalli magnonici, sia di tipo sperimentale, con l'utilizzo di tecniche di crescita e di caratterizzazione di nuovi materiali nanostrutturati. In particolare, sono oggetto di studio film sottili, nanoparticelle e sistemi di nanoparticelle regolarmente distribuite su una superficie, di notevole importanza nell'ambito della magnetoelettronica e della spintronica.

### **Fisica dei semiconduttori e dei sensori**

La ricerca coinvolge aspetti di fisica fondamentale e applicativi. Nel primo caso si studiano gli effetti di interazione coerente fra particelle di alta energia in cristalli, principalmente semiconduttori. Tali cristalli consentono di manipolare efficacemente le traiettorie delle particelle relativistiche e quindi di guidare fasci di particelle complementando o sostituendo le strutture magnetiche delle macchine acceleratrici. È anche possibile la generazione di radiazione e.m. molto energetica mediante interazione coerente in cristalli, anche a partire da un fascio primario di energia non particolarmente elevata. Numerose collaborazioni internazionali al CERN, SLAC, FNAL, MAMI, ecc. sfruttano i cristalli prodotti a Ferrara per condurre i loro esperimenti. Gli stessi cristalli offrono interessanti soluzioni per la concentrazione di raggi x duri o raggi gamma per l'osservazione di sorgenti celesti o per la medicina nucleare.

La tecnologia dei semiconduttori è anche applicata al controllo dell'inquinamento atmosferico. Alcuni ossidi chemioresistivi nanofasici possono trasdurre un segnale di concentrazione, p.es. di un gas inquinante, in un segnale elettrico. La linea di ricerca dispone di strumentazione che permette la progettazione e la realizzazione di dispositivi a semiconduttore, partendo dalla sintesi del materiale attivo fino alla costruzione del dispositivo.

### **Fisica dell'atmosfera**

La ricerca in fisica dell'atmosfera si occupa di fenomeni atmosferici a diverse scale spazio-temporali ed è specialmente attiva in due linee di ricerca principali: microfisica delle nubi e delle precipitazioni, meteorologia da satellite e da radar.

Il primo aspetto è stato recentemente affrontato rispetto all'analisi della struttura fine della precipitazione a terra attraverso dati disdrometrici ottenuti sia nelle regioni europea e nordamericana, che, per la prima volta, sull'altopiano Tibetano.

Una tecnica di stima delle precipitazioni da satellite per la previsione e mitigazione delle catastrofi idrogeologiche è stata messa a punto sull'area italiana, utilizzando anche dati radar e pluviometrici. Approcci simili sono stati impiegati anche per la stima di precipitazione sull'altopiano Tibetano e sull'Antartide, per scopi climatologici.

Altre attività riguardano le applicazioni della meteorologia all'agricoltura, e la validazione di stima di precipitazione da satellite con dati a terra a scala europea.

## **Fisica Subnucleare**

Le linee di ricerca in Fisica Subnucleare sono incentrate sulla fisica del sapore, sulla fisica adronica e sulla struttura del nucleone. Per la fisica del sapore, i fisici del dipartimento hanno contribuito, anche con ruoli di coordinamento, a esperimenti che hanno misurato la violazione della simmetria CP nei sistemi dei mesoni K e B (esperimenti NA48/NA62 al CERN, BaBar a SLAC e LHCb al CERN). L'assegnazione del premio Nobel per la Fisica del 2008 ai fisici teorici Kobayashi e Maskawa, le cui previsioni sono state accuratamente verificate dall'esperimento BaBar, è rappresentativa dell'importanza di questo genere di ricerche di fisica fondamentale. L'esperimento BaBar ha inoltre scoperto nuove particelle, che hanno permesso il miglioramento delle conoscenze di fisica adronica. BaBar, inoltre, ha per la prima volta misurato direttamente l'eccezione alla simmetria del tempo dimostrando la violazione della invarianza temporale T nei decadimenti dei mesoni B. L'esperimento NA62 al CERN ha da poco iniziato la presa dati e ha l'obiettivo di testare il Modello Standard della fisica delle particelle misurando decadimenti ultra-rari dei mesoni K. Infine l'esperimento LHCb sta producendo una serie di risultati molto importanti sulla fisica del sapore: tra questi ha scoperto nuove particelle composte da quark b, ha osservato una particella esotica composta da quattro quark ed effettuato molte misure di precisione del Modello Standard.

Per quanto riguarda la struttura dei nucleoni, l'attività si concentra sullo studio di effetti di spin e impulso trasversi in esperimenti di Deep Inelastic Scattering (Hermes al DESY e CLAS a JLab) per ottenere una descrizione completa del nucleone che ha permesso di testare la QCD. Il gruppo di ricerca ha esperienza nella produzione e caratterizzazione di bersagli gassosi polarizzati ed è coinvolto in studi di fattibilità (a COSY) finalizzati a polarizzare fasci di antiprotoni per effettuare misure complementari della struttura interna dei nucleoni, test stringenti di simmetrie T e CPT.

Infine un gruppo di Ferrara partecipa all'esperimento BESIII, installato presso il collisore e+e- BEPCII a Pechino, che sta prendendo dati per studiare la spettroscopia degli adroni leggeri, il charmonio e per investigare le interazioni elettrodebole e forte alla scala di energie del quark charm.

Sono inoltre in progetto esperimenti di prossima generazione (CLAS12 a JLab, Panda e PAX a GSI) e l'upgrade per la fase II dell'esperimento LHCb al CERN, che dovrebbero migliorare significativamente le conoscenze sulle tre linee di ricerca descritte e verificare l'accuratezza dei modelli e/o la presenza di effetti dovuti a nuova fisica oltre il Modello Standard.

## **Fisica teorica delle interazioni fondamentali**

Questa linea di ricerca si occupa degli aspetti teorici – sia fenomenologici che formali – legati a svariati problemi aperti nei settori della fisica delle particelle e della cosmologia, sia nel contesto dei rispettivi “Modelli Standard” che in loro estensioni. Sono presenti varie attività, quali la fenomenologia della QCD agli acceleratori (LHC) studiata anche con tecniche Monte Carlo, lo studio dei neutrini solari e l'analisi dei dati di rivelatori underground, la fisica delle stelle di neutroni e di quark, lo studio della radiazione cosmologica di fondo, e l'analisi teorica dei risultati del satellite Planck. A livello di estensioni dei Modelli Standard ci si interessa di supersimmetria, proprietà dei bosoni di Higgs, inflazione primordiale.

## **Fonti energetiche rinnovabili e laboratorio fotovoltaico**

La linea di ricerca sulla tecnologia fotovoltaica coinvolge diversi aspetti, tra cui la scienza dei materiali, l'ottica, l'elettronica e la fisica dei semiconduttori. In particolare il Laboratorio fotovoltaico si occupa della progettazione di innovativi sistemi fotovoltaici a concentrazione, ad elevata integrazione architettonica.

In particolare vengono sviluppate finestre intelligenti (smart windows) dotate di concentratori solari a luminescenza e brise-soleil fotovoltaici con illuminazione integrata.

I concentratori solari a luminescenza sono essenzialmente lastre in materiale polimerico addizionate con cromofori che convertono la porzione ultravioletta dello spettro solare in luce visibile, la quale viene emessa isotropicamente e guidata per riflessione totale interna sul bordo della lastra dove viene successivamente convertita in corrente elettrica da apposite celle fotovoltaiche. Questi dispositivi sono stati sperimentati durante due edizioni della competizione internazionale Solar Decathlon Europe e presentati al World Future Energy Summit 2015. Le linee di ricerca del Laboratorio Fotovoltaico hanno una forte potenzialità applicativa e sono spesso finanziate da investimenti privati.

## **Radioattività naturale ed artificiale nell'ambiente**

Il contenuto di radioisotopi naturali ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) nelle rocce della crosta terrestre determina la produzione di calore radiogenico ed il flusso di antineutrini di origine terrestre. Lo studio della loro distribuzione nelle diverse formazioni rocciose permette di comprendere fenomeni tettonici ed evolutivi della Terra su scala sia regionale che planetaria. La variazione di concentrazione di radioisotopi naturali ed

artificiali ( $^{137}\text{Cs}$ ) nei suoli è inoltre un importante marker per lo studio di fenomeni di erosione, di cambiamenti climatici e di effetti radiologici su esseri viventi irraggiati per lungo tempo da piccolissime dosi di radioattività. Le ricerche svolte in collaborazione con l'INFN mirano allo sviluppo di spettrometri gamma finalizzati alla caratterizzazione delle radioattività dell'ambiente attraverso misure in laboratorio, in-situ ed airborne. Al contempo algoritmi d'analisi e metodi Monte Carlo sono stati sviluppati sia per la stima di flussi di antineutrini prodotti dalla Terra e da reattori nucleari, sia per l'analisi di spettri gamma misurati attraverso velivoli.

### **Tecnologie di calcolo distribuito per la fisica sperimentale**

Il settore si occupa delle tecnologie del calcolo scientifico e delle nuove metodologie che possano far fronte alle sempre crescenti necessità di simulazione ed elaborazione dei dati nel campo della Fisica nucleare e sub-nucleare, promuovendo lo sviluppo di sistemi di supercalcolo distribuito e di nuovo software per la fisica delle alte energie. In particolare, ha contribuito alla realizzazione della Computing Grid italiana utilizzata da varie comunità scientifiche (Fisica delle Alte Energie, Ricerche spaziali, Bioinformatica e Biologia).

Più recentemente sono state intraprese attività di R&D per lo sviluppo di software per nuovi processori (many-core/GPU) al fine di sfruttare pienamente le potenzialità delle architetture parallele, verificando la loro integrazione in contesti di calcolo .

### **Trappole atomiche**

Questa linea di ricerca è relativa allo studio di atomi a temperature vicine allo zero assoluto, intrappolati in trappole magneto-ottiche. Vengono studiati sia atomi stabili (rubidio) sia atomi radioattivi (francio), che devono essere prodotti tramite reazioni nucleari ed intrappolati online. Le trappole magneto-ottiche si basano sull'azione di raffreddamento dovuta alla radiazione laser grazie all'effetto della pressione di radiazione. Tali trappole sono in grado di confinare in una regione spaziale di qualche  $\text{mm}^3$  fino a  $10^8$  atomi portandoli a temperature prossime allo zero assoluto. Questa linea di ricerca si occupa sia dei processi fisici e delle nuove tecniche per aumentare l'efficienza di intrappolamento e di rivelazione che di effettuare misure di alta precisione di livelli atomici.

### **Vuoto quantistico**

Mediante tecniche ottiche (ellissometria) viene studiato l'effetto di un campo magnetico sulla propagazione della luce, sia nei gas che nel vuoto. L'interesse di tali studi è duplice nell'ambito della ricerca in fisica fondamentale. Per primo, come previsto dalla teoria quantistica moderna, in presenza di un campo magnetico il vuoto si comporta come un cristallo. La rivelazione di tale comportamento, ancora mai osservato, sarebbe una dimostrazione diretta dell'interazione luce-luce tramite le fluttuazioni del vuoto e quindi di una struttura del vuoto. Secondo, tale tecnica ottica può anche permettere la ricerca di 'Axion-like-particles', dette ALP, particelle ipotetiche che potrebbero interagire con due fotoni (luce laser e campo magnetico). Tali particelle, introdotte per aggirare la non violazione di CP nelle interazioni forti, sono oggi considerate anche un buon candidato di materia oscura.

## **Area Scienze della Terra**

### **Geochimica e Geochimica applicata**

Questa linea di ricerca si occupa di:

- Caratterizzazione geochimica dei sedimenti, dei terreni agricoli, delle acque e delle emanazioni gassose.
- Geochimica applicata ai sistemi idro-agro-ambientali. Caratterizzazione idro-geochimica di corpi idrici superficiali e sotterranei. Caratterizzazione dei terreni e delle loro potenzialità nutritive per le colture agricole. Tracciabilità e salubrità dei prodotti alimentari. Agricoltura sostenibile. Riduzione del carico azotato nelle acque e in reflui zootecnici, riduzione della salinità nelle acque e nei suoli, utilizzando geomateriale innovativi.
- Caratterizzazione di siti inquinati, monitoraggio delle dispersioni solide (particolato), liquide e gassose da siti di stoccaggio e relativa bonifica ambientale.

### **Geofisica applicata**

Questa linea di ricerca si occupa di:

- valutazione degli effetti di sito, cioè dei parametri geofisici che influenzano la risposta locale del sottosuolo

alla propagazione di onde sismiche, mediante: i) indagini sul terreno, nel territorio della provincia di Ferrara, per la determinazione della distribuzione della velocità delle onde S nelle prime decine di metri e delle frequenze di risonanza; ii) studio teorico-modellistico della relazione tra la velocità delle onde superficiali (Rayleigh e Love) e la velocità delle onde S in sottosuolo a geometria arbitraria;

- indagini geofisiche per la valutazione delle risorse idriche sotterranee;
- indagini geofisiche applicate ai beni culturali.

### **Geomorfologia**

Vengono studiati i problemi connessi con i processi fluviali e costieri in generale ed in particolare con i fenomeni di trasporto solido, gli apporti di sabbia a mare, gli effetti dei cambiamenti climatici e dell'impatto umano sull'idrologia dei corsi d'acqua in differenti ambienti ed aree geografiche, i fenomeni meteorologici estremi, la previsione delle valanghe in ambiente alpino, i cambiamenti climatici e la desertificazione in aree sub-sahariane, il rischio di alluvione e da dinamica d'alveo, i sistemi distributivi fluviali nei bacini endoreici degli ambienti aridi e di Marte.

Viene inoltre studiato il comportamento morfodinamico delle spiagge, l'impatto e la vulnerabilità da inondazione in seguito ad eventi eccezionali. Questi studi vengono svolti tramite brevi campagne oceanografiche, rilevamenti topografici e batimetrici (Multibeam), modellistica numerica e in vasca. Vengono anche studiate spiagge con granulometria mista (sabbia/ghiaia) tramite l'utilizzo di metodi di tracciamento del trasporto sedimentario. Gli sviluppi delle ricerche più recenti riguardano l'utilizzo di modelli numerici per l'evoluzione del profilo a corto (mesi) e medio (anni) termine e la valutazione della risposta dei litorali alle sollecitazioni prodotte da eventi estremi. La ricerca viene svolta tramite una serie di progetti finanziati dall'Unione Europea ed ha portato allo sviluppo di un sistema di allerta di rischio in supporto ad azioni di Protezione Civile. La ricerca si occupa infine della valutazione del costo socio-economico di eventi catastrofici generati da forzanti meteorologiche, integrando studi di geomorfologia costiera con valutazioni sociologiche ed economiche.

La ricerca è in continuo aggiornamento in funzione degli sviluppi tecnici e degli avanzamenti nei metodi di rilevamento e cartografia geomorfologica a differenti scale topografiche. Viene fatto ampio uso di applicazioni delle nuove tecniche di interpretazione ed acquisizione analogica e digitale dei dati telerilevati da piattaforme aeree (foto aeree, LIDAR) e spaziali (multispettrali e SAR). L'aspetto cartografico può essere puramente scientifico ed applicativo a tematiche di salvaguardia territoriale e prevenzione dai rischi naturali ed indotti dall'opera umana. Recentemente quanto emerso da queste ricerche viene sempre più divulgato anche a livello internazionale tramite lo svolgimento di scuole estive nell'ambito di *EU Intensive Learning Programmes*.

### **Idrogeologia e Geologia applicata**

Il gruppo di ricerca si occupa di:

a) gestione e tutela delle risorse idriche nelle pianure costiere con lo studio delle dinamiche di interazione fra acque marine, superficiali e sotterranee, al fine di garantire una corretta pianificazione territoriale e di mitigare i problemi indotti dalla salinizzazione delle risorse idriche, testando applicazioni quali, ad esempio, la ricarica artificiale e la localizzazione e distribuzione temporale sostenibile dei prelievi. Caratterizzazione e monitoraggio di siti contaminati: applicazione di indagini integrate (idrogeologiche ed idrochimiche) sia in situ che di laboratorio per la definizione dello stato di contaminazione delle falde (da sorgenti puntuali e diffuse) e per la verifica dell'efficienza di opere di messa in sicurezza e di bonifica. Modellazione concettuale e numerica idrogeochimica: applicazioni di codici numerici per simulazioni di flusso e trasporto, in mezzi porosi e fratturati, saturi ed insaturi, con fluidi a densità e temperatura variabile. Simulazioni di interazioni bio-geochimiche fra sedimenti e acque sotterranee. Studio del potenziale geotermico: analisi dei dati geologici ed idrogeologici superficiali e profondi per la determinazione del gradiente geotermico e della capacità di scambio termico acqua-roccie/sedimenti;

b) stabilità dei versanti, caratterizzazione geologico-tecnica delle terre, degli ammassi rocciosi e delle formazioni litologicamente e strutturalmente complesse. Si eseguono analisi di stabilità e innesco dei fenomeni franosi e delle condizioni che governano i processi di riattivazione di fenomeni franosi complessi. Modellazioni numeriche di ammassi rocciosi, con particolare riguardo alla stabilità di cavità naturali e antropiche in sottosuolo. Le analisi sono finalizzate alla determinazione del grado di affidabilità di codici numerici all'Equilibrio Limite, agli Elementi Finiti e agli Elementi Distinti mediante il confronto diretto tra misure sperimentali in situ e risultati della modellazione numerica.

## **Mineralogia**

Questa linea di ricerca affronta problematiche sia di ricerca fondamentale che relative ad aspetti applicativi di minerali e dei materiali loro analoghi per sintesi. Le principali tecniche di indagine impiegate sono la diffrazione da cristallo singolo e polveri con metodo Rietveld, con raggi X da sorgenti convenzionali, luce di sincrotrone (tra cui gli studi 'in situ' 'time-resolved') e radiazione neutronica, analisi termiche, ed analisi chimiche e spettroscopiche. Ai fini applicativi, obiettivi fondamentali sono l'uso ed il trasferimento delle conoscenze cristallografiche e strutturali dei minerali e loro analoghi di sintesi all'ambito tecnologico, industriale, energetico, edile, ambientale e culturale. L'attività scientifica verte principalmente intorno ai seguenti campi di indagine:

- i) studio strutturale di minerali con interesse tecnologico (materiali micro e mesoporosi, ossidi e silicati drogati con metalli di transizione anche ad uso di pigmenti ceramici, per dispositivi fotovoltaici o in sensoristica; malte storiche e cementi Portland; fasi della silice respirabile; materiali gemmologici), sia in condizioni ambientali sia in condizioni di alta (o bassa) temperatura e alta pressione;
- ii) studio delle cinetiche di reazione e delle interazioni host/guest che si realizzano tra la matrice e le specie molecolari e cationiche ospitate in cavità di minerali microporosi, al fine di sviluppare sistemi innovativi nel campo della catalisi industriale (e.g. produzione di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, cracking di idrocarburi) ed ambientale (e.g. abbattimento NO<sub>x</sub>, controllo ecosostenibile di pesticidi nei suoli, adsorbimento e degradazione di farmaci incorporati in matrici porose), delle energie rinnovabili (dispositivi per "Solar Energy Harvesting & Storage") e del risparmio delle risorse idriche (trattamento di acque contaminate da miscele di idrocarburi mediante tecnologia "Permeable Reactive Barriers").

## **Paleontologia, Micropaleontologia e Paleoecologia**

Il gruppo di ricerca si occupa di evoluzione degli ecosistemi marini del Fanerozoico attraverso l'analisi delle variazioni di biodiversità nelle paleocomunità marine e loro relazione con cambiamenti climatici e geografici globali. Gli studi interessano i seguenti argomenti.

- I bioeventi avvenuti durante le estinzioni di massa e le successive fasi di ripristino biotico. In particolare si analizza l'estinzione di fine Permiano, la più devastante del Fanerozoico e che ha cambiato le traiettorie evolutive di molti gruppi di organismi.
- Le radiazioni adattative di grandi bivalvi con conchiglie di inusuale morfologia in relazione ad adattamenti secondari a substrati soffici. Lo studio mira ad approfondire gli aspetti morfofunzionali, microstrutturali e sinecologici dei grandi bivalvi e delle comunità bentoniche in cui sono inseriti.
- I cambiamenti globali del Cenozoico, un intervallo estremamente dinamico dal punto di vista evolutivo e climatico, con episodi di riscaldamento estremo causati da gas-serra. Le variazioni tassonomiche e di abbondanza dei foraminiferi planctonici, importanti calcificatori negli oceani cenozoici, associate ad analisi geochemiche e di altri gruppi di microfossili, hanno lo scopo di ricostruire le variazioni paleoceanografiche durante le maggiori variazioni climatiche e di verificare l'influenza di tali variazioni sull'evoluzione.
- L'analisi paleoambientale di successioni carbonatiche e miste silicoclastico-carbonatiche del Cenozoico permette di proporre modelli paleoecologici di comunità a macroforaminiferi ed alghe calcaree. Queste comunità sono analizzate in termini di tassonomia delle associazioni, le relative icnocenosi e gli aspetti paleobiogeografici dei macroforaminiferi e delle alghe calcaree. Il confronto con i corrispettivi attuali del Mediterraneo, del Pacifico occidentale, dell'Australia e della piattaforma brasiliana permette di verificarne l'evoluzione ecologica.

## **Petrologia e Petrografia applicata**

Questa linea di ricerca si occupa di ricerca di base ed applicata in campo petrologico-geochemico, e in particolare di:

- Ricerche petrologiche per lo studio delle relazioni tra caratteristiche delle sorgenti di mantello e dei magmi basici generati e loro significato geodinamico sia in ambiente continentale ed oceanico, incluse le ofioliti.
- Petrologia dei complessi vulcanici per la ricostruzione dei sistemi di alimentazione e delle dinamiche eruttive, anche ai fini della valutazione della pericolosità.
- Caratterizzazione dei geomateriali di contesti monumentali ed archeologici.
- Reperimento di materie prime e riutilizzo di materie prime seconde.
- Caratterizzazione qualitativa e quantitativa di giacimenti minerari.
- Sviluppo di nuovi materiali tecnologici per l'industria e l'agricoltura.

## **Stratigrafia e Sedimentologia**

Questa linea di ricerca studia i rapporti reciproci tra i corpi rocciosi delle successioni sedimentarie; di

definire una cronologia relativa e assoluta; di analizzare i processi di trasporto e deposizione dei sedimenti al fine di ricostruire l'architettura dei vari ambienti deposizionali e la storia geologica dei bacini sedimentari.

Le ricerche sono rivolte principalmente allo studio della dinamica deposizionale dei sistemi carbonatici marini, con attenzione all'evoluzione dei sistemi piattaforma-bacino delle aree circummediterranee (Triassico del Sudalpino; Giurassico, Cretaceo e Cenozoico in Italia e Spagna) e dell'area caraibica. Questi studi sono anche indirizzati alla caratterizzazione dei corpi carbonatici, quali casi studio di potenziali *reservoir* per idrocarburi, serbatoi di stoccaggio per CO<sub>2</sub>, gas naturale o di fluidi geotermici.

Altro tema di ricerca riguarda la stratigrafia del Triassico della Tetide, con particolare riguardo allo studio del paleoclima, delle ricostruzioni paleogeografiche e dell'assetto stratigrafico sequenziale. Inoltre, l'unità di ricerca, investiga, sia in ambienti attuali sia fossili, il ruolo delle onde interne e delle maree nella creazione di alcune strutture sedimentarie quali *hummocky cross stratification* e *sand waves*. Infine, l'unità di ricerca si occupa di cartografia geologica e tematica nell'ambito del progetto nazionale CARG.

### **Tettonica e Geologia dei terremoti**

Il gruppo si occupa di strutture deformative soprattutto fragili e della loro relazione con il campo degli sforzi locale e regionale e sue variazioni temporali al fine di ricostruire la stratigrafia tettonica di volumi crostali a diverse scale. In quest'ambito si sviluppano anche ricerche sulla meccanica delle rocce. Una linea di ricerca particolarmente sviluppata riguarda lo studio dei terremoti, dei suoi effetti superficiali e delle strutture causative. Ciò avviene mediante un approccio tipicamente multidisciplinare applicando diverse tecniche geologiche come indagini strutturali, morfotettoniche, paleosismologiche, di geofisica applicata (tomografie di resistenza elettrica, analisi di rumore sismico, *ground penetrating radar*), di telerilevamento (fotografie aeree e immagini satellitari) e microtopografiche. Tra gli scopi primari di queste ricerche vi sono:

- i) gli studi di microzonazione sismica e, in generale, degli effetti di sito;
- ii) la caratterizzazione dei principali parametri sismotettonici (geometrici, cinematici, dinamici e temporali) di faglie attive o potenzialmente tali;
- iii) valutazioni di pericolosità sismica al fine di contribuire alla mitigazione di questo rischio naturale. Il gruppo di lavoro coordina da anni un progetto internazionale per costruire una banca dati delle sorgenti sismogeniche delle regione egea (GreDaSS) che è in continuo aggiornamento secondo la filosofia dell'*open file report*.