

CURRICULUM SCIENTIFICO DEL PROF. PAOLO TRIVERO

Laurea in fisica (Università di Torino) nel 1981 con votazione 110/110 e menzione. Dipendente dell'Istituto di Fisica Generale dell'Università di Torino dal 1971 come funzionario tecnico. Ricercatore universitario dal 1984 al 1992. Professore associato di Fisica, raggruppamento B012, presso la Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università di Napoli Federico II nell'A.A. 92/93. Attualmente Professore Ordinario nel settore scientifico disciplinare FIS/06 presso la Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro" ad Alessandria fino al 31 ottobre 2018.

L'attività di ricerca, iniziata nel 1971, può essere suddivisa in diverse tematiche affrontate lungo l'arco della carriera. Su questi argomenti ha proposto idee nuove e sviluppato metodologie originali e strumentazione innovativa. Ha pubblicato oltre cento lavori su riviste scientifiche e ha presentato i risultati in numerosi convegni nazionali e internazionali.

A) Radiometria del lontano infrarosso

Progetto e costruzione di un osservatorio alla Testa Grigia (dell'Istituto di Cosmogeofisica del CNR di Torino, oggi Sezione di Torino dell'INAF, a 3500 m. s.l.m.) per lo studio dell'attività solare nella banda millimetrica con tecniche radiometriche messe a punto in laboratorio. L'attività sperimentale nell'osservatorio ha prodotto i seguenti risultati:

- 1) Misure della temperatura solare nella banda 300-1000 μm , fatte usando un collettore di flusso (specchio parabolico di 150 cm di diametro) e bolometro al germanio.
- 2) Evidenza di polarizzazione della radiazione del sole nel lontano infrarosso (finestre atmosferiche nelle bande 27-10 cm^{-1}).
- 3) Analisi della trasmittanza nelle finestre atmosferiche del lontano infrarosso.
- 4) Misure di rumore nel lontano infrarosso (nella regione 300-3000 μm).
- 5) Misure di fondo cosmico ad onde millimetriche (1.0-1.4 mm).
- 6) Analisi sistematiche dei dati meteorologici per lo studio della trasparenza atmosferica della Testa Grigia.
- 7) Sviluppo di mescolatori a pompaggio sub-armonico nella banda millimetrica (95-230 GHz).

B) Rifrattometria e analisi della struttura verticale della troposfera

Rifrattometria diretta e indiretta della troposfera

- 1) Misure rifrattometriche della troposfera tramite ponte radio (con microonde di 3 cm) e misure di turbolenza tramite fluttuazioni di un fascio laser (Ne-Ar). Interessanti risultati sono stati ottenuti nel corso di 5 anni di esercizio dal confronto con i dati meteorologici registrati ai terminali.
- 2) Studi sulla nebbia. Realizzazione di modelli diretti a determinare tre parametri della nebbia a mezzo di misure simultanee delle proprietà rifrattometriche di tre fasci elettromagnetici: uno ottico, uno infrarosso ed uno a microonde. Studiata la propagazione acustica nella nebbia.
- 3) Studio e progettazione di un nuovo sensore e.m. per la misura dello spessore della neve e del ghiaccio.

Analisi della struttura verticale del Planetary Boundary Layer

L'affrontare sperimentalmente questo argomento ha richiesto non solo l'impiego, ma soprattutto lo sviluppo di nuove tecnologie di "remote sensing" in grado di misurare i profili verticali di temperatura, vento e umidità.

- 1) Per il profilo verticale della temperatura è stata progettata, costruita e testata (nel corso di numerose campagne di misura) una sonda radioacustica denominata RASS (Radio Acoustic Sounding System). Un primo prototipo è stato realizzato presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Torino e in seguito montato e provato a Trino Vercellese presso il Laboratorio di Fisica Ambientale dell'ENEL. Sono stati ottenuti per la prima volta in Europa radioechi da un'onda sonora.

Altre sonde dello stesso tipo sono oggi installate, in Piemonte, in Lombardia, in Toscana, nel Lazio, in Sicilia e in Cina, ed è stata realizzata una versione adatta al clima dell'Antartide, che è stata testata alla Testa Grigia a 3500 m. s.l.m.. E' infine stato sviluppato un sistema RASS, che utilizza lunghezze d'onda decimetriche, di dimensioni ridotte e in grado di essere trasportato su automezzi. Alcuni esemplari di RASS mobili decimetrici sono attualmente utilizzati per la caratterizzazione meteorologica di particolari siti e per lo studio della dispersione di inquinanti.

- 2) Per il profilo verticale del vento sono stati impiegati SODAR Doppler tristatici e sviluppati nuovi sistemi, con unica antenna di tipo 'phased array' per orientare il fascio acustico nelle tre direzioni necessarie per

ottenere le componenti del vento. Il confronto tra i dati SODAR e RASS ha permesso di studiare la turbolenza atmosferica e di stabilire la dipendenza della quota massima di sondaggio raggiunta dal profilo RASS in funzione del vento.

3) Per il profilo verticale di umidità è stato progettato un radiometro a microonde a multifrequenza: La strumentazione di base (analizzatore di spettro che opera fino ad alte frequenze e parte dei componenti sono già stati acquisiti e testati).

4) Nell'ambito di una attività di collaborazione con il Consorzio Industriale Protezione Ambiente Siracusa (CIPA) è stato affrontato lo studio della previsione dell'inquinamento dell'aria in una zona industriale complessa. Nell'area sono installati un sistema RASS e SODAR phased array dello stesso tipo da noi sviluppato. È stato sviluppato un software originale che, oltre all'archiviazione dei dati, permette l'analisi statistica e produce una mappa previsionale di inquinamento indipendentemente dalla conoscenza delle sorgenti.

5) Negli ultimi anni sono stati avviati, presso il Centro di Fisica Ambientale ad Alessandria, dei progetti per la modellistica di dispersione di inquinanti. Un interessante e originale progetto è stato inoltre attivato per l'uso integrato delle immagini satellitari a più frequenze, della modellistica di dispersione degli inquinanti e delle misure in situ, per lo studio dell'inquinamento del suolo.

C) Rivelazione di impulsi radio prodotti da EAS in atmosfera

L'attività, svolta nel 1988, è consistita in un originale progetto e costruzione di un apparato per rivelare la radiazione elettromagnetica in atmosfera (nella banda radio a bassa frequenza) prodotta dall'interazione di particelle cariche di origine cosmica (Extensive Air Shower) con il campo elettrico atmosferico e il campo geomagnetico. L'apparato è stato installato a Campo Imperatore (Aq) in coincidenza con i rivelatori di particelle (scintillatori solidi e liquidi) dell'array EAS-TOP.

Sono stati rivelati per la prima volta impulsi radio in maniera diretta senza analisi statistica del segnale o filtraggio digitale. Dai dati ottenuti è stata possibile una valutazione dello spettro di emissione radio che presenta una crescita di energia alle basse frequenze. E' stata riscontrata una diretta proporzionalità tra l'energia radio e l'energia dello sciame. È inoltre stato valutato il confronto tra i vari modelli di produzione degli impulsi radio da EAS.

D) Radio-oceanografia a microonde e interpretazione delle immagini SAR del mare e della terra

Radio-oceanografia a microonde

1) È stata sviluppata la teoria degli scambi all'interfaccia aria-mare, lo stress del vento sul mare e lo "scattering" delle onde e.m. da parte della superficie marina, analizzando i meccanismi di attenuazione e assorbimento delle onde gravito-capillari in acqua ricoperta da film. Per provare sperimentalmente tale teoria è stato progettato, realizzato e testato un ondametro interferenziale a microonde che utilizza una linea di Goubau, in grado di fornire con estrema precisione lo spettro ondoso fino alle alte frequenze. Sono state eseguite misure di generazione e attenuazione di onde presso la vasca rotante dell'ICG di Torino e presso il canale artificiale di Amburgo, dove sono stati messi a confronto ondametri di tipo tradizionale e il nuovo tipo di ondametro a microonde costruito per la misura accurata delle onde gravito-capillari. Questi confronti hanno mostrato che il nostro ondametro è in grado di misurare le onde fino a 26 Hz con una precisione di 5 μ m e non richiede calibrazione.

2) Presso la vasca installata in Alessandria è stato studiato il comportamento di varie sostanze per quanto riguarda non solo l'attenuazione ondosa ma anche la limitazione nello scambio, all'interfaccia, dell'anidride carbonica, dell'evaporazione e del calore in presenza di film. E' stata realizzata e utilizzata una più recente versione dell'ondametro interferenziale a microonde a tre fili che permette inoltre di ottenere informazioni sullo spettro bidimensionale delle onde.

3) Sono state svolte numerose campagne di misure (in mare e da piattaforma) per il rilevamento e l'analisi di spettri bidimensionali e per la verifica dello smorzamento di onde gravito-capillari in funzione della frequenza, per effetto di film surfattante.

4) Dopo aver messo a punto un modello al calcolatore per determinare lo spettro di onde di gravità dagli echi di un radar non coerente, si sono svolte misure radar in diverse postazioni. Le misure effettuate hanno mostrato la possibilità di ottenere spettri marini con un radar non coerente.

5) È stato progettato e realizzato di un radar impulsivo coerente a tre bande (L,S,C) per lo studio del backscatter e per la rivelazione di sostanze tensioattive. Lo strumento è stato utilizzato su piattaforme marine.

6) Durante numerose campagne in mare sono state osservate onde interne nel Canale di Sicilia, poi correlate con oscillazioni sismiche registrate sul sismografo di Pantelleria. Sono inoltre state studiate le caratteristiche del Marine Boundary Layer, lo stress del vento sul mare e l'evoluzione delle mareggiate con radar e l'interazione tra le microonde e la superficie marina.

Immagini SAR da satellite del mare e della terra

Nell'ambito di Progetti di ricerca dell'Agenzia Spaziale Italiana è stato affrontato lo studio per l'interpretazione delle immagini del mare da Synthetic Aperture Radar (SAR). Questo studio comporta l'esame della relazione tra stress superficiale del vento e stato di eccitazione della componente gravito-capillare in risonanza di Bragg con l'onda radar nelle condizioni di incidenza proprie dello swap di osservazione. I risultati ottenuti riguardano:

- trasformate bidimensionali per via ottica e digitale dell'ondosità presente nelle immagini;
- estrazione delle caratteristiche della turbolenza del vento sul mare: mappe di vento e dello stress del vento e numero di Richardson;
- rivelazione di vortici, slick e onde interne in regioni del Mediterraneo in cui non se ne aveva ancora evidenza;
- sviluppo di una nuova metodologia (proposta in un progetto alla NASA) per la rivelazione e caratterizzazione di film monomolecolari sulla superficie del mare, mediante l'impiego simultaneo di 3 SAR. Per provare sperimentalmente tale metodologia è stata utilizzata la strumentazione a microonde appositamente progettata e sviluppata (radar multibanda L,S,C e sistema ondometrico a microonde). Da un punto di vista applicativo è stato messo a punto un metodo estremamente efficace per rivelare la presenza di sostanze inquinanti (solubili e insolubili) sulla superficie del mare e di caratterizzare le sostanze che le formano sia con misure dirette sia mediante l'analisi di immagini SAR del mare a più frequenze.
- campagna SRTM sulla piattaforma Barbara C nel Mar Adriatico (febbraio 2000). Al passaggio dello shuttle, con a bordo i SAR in banda C e X, sono state eseguite misure di backscatter con radar multifrequenza e misure di vento con anemometri sonici, temperatura dell'acqua e dell'aria. I radar sono stati modificati per il funzionamento come altimetri nelle stesse bande in cui operano gli altimetri sul satellite europeo Envisat, per il progetto di validazione per Envisat in collaborazione con ESA e IFREMER. Nell'occasione dei passaggi dello shuttle è stato attivato un progetto che comprendeva lo studio e le applicazioni sul territorio, in particolare per il monitoraggio dell'area alessandrina (copertura del terreno, vegetazione e aree urbane).

In collaborazione con l'Agenzia Spaziale Italiana, è stato realizzato e messo a punto un sistema automatico per l'individuazione e caratterizzazione di macchie di petrolio in mare ("oil spill") mediante l'analisi di immagini SAR dai satelliti europei ERS-1 e ERS-2, Envisat, ecc. Sono stati proposti e provati gli algoritmi di riconoscimento degli oil spill rispetto a slick simili ma di altra natura (look-alike). Il sistema, attualmente attivo, è stato inizializzato mediante un vasto dataset di episodi verificati ed è in grado di caratterizzare correttamente, in maniera automatica ed in tempo reale, oltre il 90% dei film inquinanti presenti sulla superficie marina. Per ogni oil spill individuato, viene generato un rapporto completo comprendente posizione e caratteristiche della macchia, valore di probabilità che si tratti effettivamente di petrolio. I rapporti vengono trasmessi alle autorità competenti al controllo e all'intervento.

L'Agenzia Spaziale ha affidato, attraverso Telespazio, il compito di sviluppare la parte SAR del progetto operativo e la realizzazione di un sistema di monitoraggio e previsione degli oil spill nel Mediterraneo. Tale attività iniziata nel 2006 ed è tuttora in corso nell'ambito del progetto nazionale PRIMIS (PRogetto pilota Inquinamento Marino da Idrocarburi), progetto industriale finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana che vede Telespazio S.p.A come prime contractor; il Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Vita opera in qualità di subfornitore di Telespazio; altre istituzioni scientifiche, che partecipano nello stesso modo al progetto, sono ISAC – CNR, INGV, ENEA. Nell'ambito di questo progetto, l'attività ha riguardato la definizione, l'implementazione in linguaggio IDL e l'ottimizzazione di algoritmi per l'elaborazione di immagini SAR con la finalità di individuare e caratterizzare gli oil spill e di estrarre i parametri meteo marini a partire da immagini acquisite da tutti i sensori SAR attualmente operativi.

È stata avviata nel 2010 l'attività relativa a 6 progetti (2 come Principal Investigator, 4 come Co – Investigator) nell'ambito dell'Announcement of Opportunity Cosmo – SkyMed bandito dall'Agenzia Spaziale Italiana. Tali progetti hanno come scopo lo sfruttamento delle caratteristiche innovative dei sensori Cosmo-SkyMed per il monitoraggio della superficie marina.

E) Telerilevamento ottico ad alta risoluzione per lo studio della vegetazione e la valutazione degli effetti dell'inquinamento

Tale attività di ricerca è stata sviluppata alla luce dell'odierna disponibilità di dati satellitari ad altissima risoluzione nell'ottico-infrarosso, che rendono possibile l'osservazione anche di aree di ridotta dimensione. In una applicazione è stata osservata la Valle Bormida, interessata dall'inquinamento prodotto durante decenni dall'ACNA di Cengio; mediante il calcolo dell'indice NDVI ad altissima risoluzione in tempi diversi, è stato possibile valutare lo "stato di salute" della vegetazione, valutando quindi sia la diversa distribuzione spaziale delle sostanze inquinanti che l'effetto delle opere di bonifica susseguitesi durante gli anni. Un'altra applicazione analoga è stata messa in atto nell'area industriale della "Fraschetta (Alessandria).

F) Utilizzo di tecniche modellistiche ed elaborazione di indici per la valutazione dello "stato di salute" ambientale

Tale attività è stata principalmente svolta nell'ambito del progetto europeo LINFA (Life Intervention for Fraschetta Area – programma "LIFE Environment – <http://www.progettolinfa.com>) nel quale è stata elaborata ed utilizzata una "metodologia innovativa per il controllo e la previsione della qualità dell'aria e dell'impatto acustico a scala locale", basata sull'applicazione di strumenti modellistici, al fine di definire sistemi di supporto alle decisioni per favorire lo sviluppo degli scenari ambientalmente più compatibili. Ciò è stato realizzato anche mediante l'utilizzo sinergico di tecnologie innovative quali il telerilevamento e il biomonitoraggio.

A margine delle attività progettuali è anche stato definito un "indice di qualità dell'aria", basato su strumenti modellistici, capace di sintetizzare in un valore numerico l'effetto combinato di diverse sostanze inquinanti.

G) Caratterizzazione delle polveri sottili, con particolare riferimento all'individuazione di fasi mineralogiche fibrose

Tale attività, avviata in collaborazione con colleghi di altri settori, ha come argomento la caratterizzazione morfologica, chimica e mineralogica delle componenti inorganiche del particolato mediante l'applicazione della spettroscopia Micro-Raman abbinato all'analisi in microscopia elettronica a scansione VP-SEM-EDS. La metodologia proposta è stata provata su diverse campioni provenienti da differenti aree per valutare la componente inorganica da sorgenti naturali o antropiche. I primi risultati mostrano che questa è una metodologia adatta a una caratterizzazione chimica e morfologica delle particelle inorganiche contenute nel PM10 e che può rappresentare un contributo per le agenzie di protezione ambientali per rilevare le quantità relative al background naturale e provenienti da sorgenti antropiche.

Questa metodologia di analisi, in cui le due tecniche analitiche Micro Raman e VP-SEM-EDS vengono applicate in maniera complementare all'analisi delle particelle, è stata elaborata e messa a punto anche per la ricerca e la caratterizzazione di fasi mineralogiche fibrose e non, riscontrate in tessuti polmonari provenienti da pazienti affetti da patologie tipicamente asbesto correlate. Tale studio è stato effettuato analizzando direttamente, con entrambe le tecniche, sezioni istologiche utilizzate normalmente per effettuare analisi citodiagnostiche, senza alcuna ulteriore preparazione del campione.

H) Sviluppo di metodologie innovative per lo sfruttamento delle energie rinnovabili

Tale attività è stata svolta nell'ambito del progetto europeo Practise (programma "Intelligent Energy Europe" – <http://www.energypractise.eu>): progetto transnazionale che sostiene, in un quadro di sussidiarietà, l'attuazione nelle comunità locali delle politiche e degli indirizzi dell'Unione Europea in materia di sostenibilità energetica.

Tali temi sono inoltre stati oggetto di corsi di formazione a livello universitario, rivolti sia a studenti delle lauree (triennale e specialistica) di Scienze Ambientali, che ad operatori del settore edilizio ed energetico.

Nel 2010 sono stati avviati progetti industriali relativi ad utilizzi innovativi di pannelli fotovoltaici da installare su automezzi e su barriere fono assorbenti sulle autostrade.

Nell'ambito di questa tematica è stato costituito nell'Università del Piemonte Orientale il Centro Interdisciplinare di Ricerche su Clima ed Energia (CIRCE); come rappresentante di CIRCE-Università, vi è stata la nomina di Coordinatore della Sezione speciale dei servizi e delle attività tecnologiche del Collegio Costruttori ANCE di Alessandria.

Negli anni passati il prof. Trivero è stato responsabile scientifico per l'Università di progetti finanziati dalla Regione Piemonte nell'ambito del POR FESR 2007-2013: I.I.I. (cod. 187/263) e F.V.I. (cod. 147/519). Ha

inoltre prestatore collaborazione nell'ambito del progetto Vector 2015 sul settore automotive (<http://www.vector2015.eu>). Più recentemente ha diretto il gruppo di lavoro dell'Università nei progetti PIE-VERDE (cod. 246/125 – piattaforma Automotive) e PEEP (cod. 285/538 – Poli d'innovazione – Università capofila). In questi ultimi progetti sono state affrontate le tematiche dell'efficientamento energetico e dell'uso razionale dell'energia, e sono state ideate e messe in atto soluzioni innovative. Attualmente è impegnato nel campo del trattamento delle acque con nuove metodologie.

Il prof Trivero è socio fondatore di una startup innovativa, RTP, con sede presso l'incubatore dell'Università del Piemonte Orientale, attiva dal 2016 nel campo della ricerca e sviluppo di soluzioni innovative per lo stoccaggio e l'utilizzo efficiente dell'energia, in particolare per la climatizzazione di ambienti.

Rocca d'Arazzo 07 maggio 2019

Paolo Trivero

