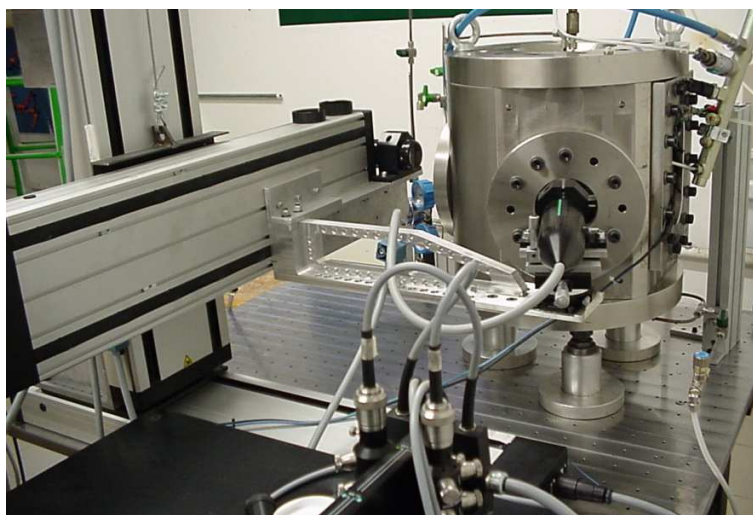




PROVE DI CARATTERIZZAZIONE **DI SISTEMI DI INIEZIONE**



Il presente documento descrive le modalità di esecuzione di prove sperimentali di caratterizzazione del comportamento di sistemi di iniezione in termini sia idraulici (**portata media ed istantanea**), sia di evoluzione dello spray (**shape, velocimetria e sizing**). Le prove sono eseguite presso il Laboratorio di Macchine del Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIIN) dell'Università degli Studi di Perugia.

SET-UP SPERIMENTALE

Capacità del Laboratorio

E' possibile la caratterizzazione di:

- sistemi di iniezione Diesel (convenzionali ed a controllo elettronico);
- sistemi di iniezione PFI;
- sistemi di iniezione GDI.

Sistemi ausiliari per l'azionamento dei sistemi di iniezione

- Generazione della pressione: per i sistemi Diesel è utilizzato un moltiplicatore statico (AEA) in grado di generare pressioni da 50 bar a 2000 bar; per i sistemi a benzina si utilizzano accumulatori statici caricati con azoto.
- Fluidi di lavoro: per sistemi Diesel sono utilizzabili fluidi compatibili ISO 4113 (Shell o simili), gasolii commerciali e biodiesel; per i sistemi a benzina n-eptano, fluidi commerciali quali ISOPAR e benzine comuni.
- Azionamento sistemi a controllo elettronico: mediante pulser programmabile EFS per la generazione della forma d'onda specifica del sistema in analisi o mediante pulser fornito con il sistema in prova (con comando TTL).



Camera di prova.

La camera di prova utilizzata per la caratterizzazione dello spray, progettata internamente al DIIN e certificata a norma PED (Istituto di Certificazione Europeo), ha le seguenti caratteristiche fondamentali:

Pressione massima di esercizio: 85 bar; Temperatura massima di esercizio: 450°C¹

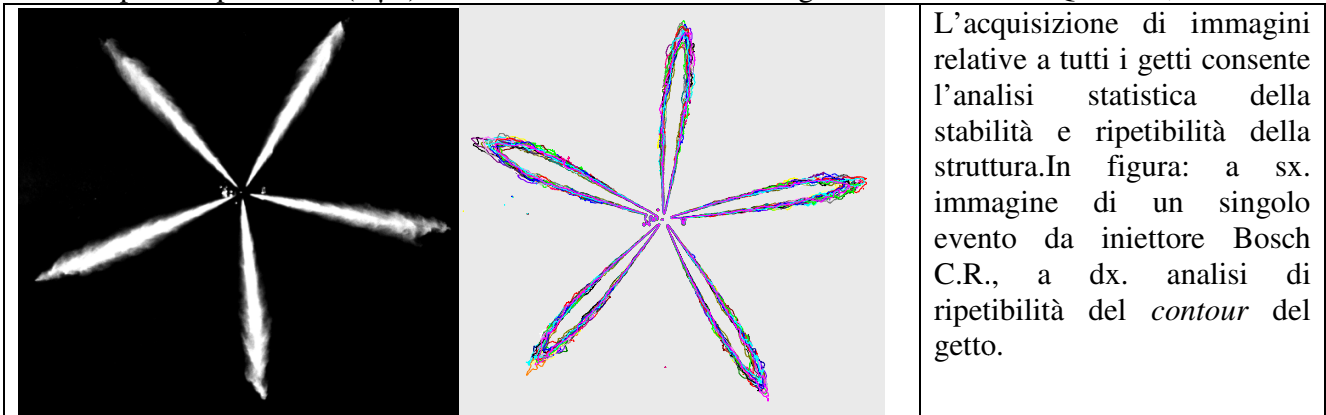
Volume interno: 11 litri; Diametro interno 220 mm;

Accessi ottici: 3 circolari, con diametro ottico libero di 100 mm;

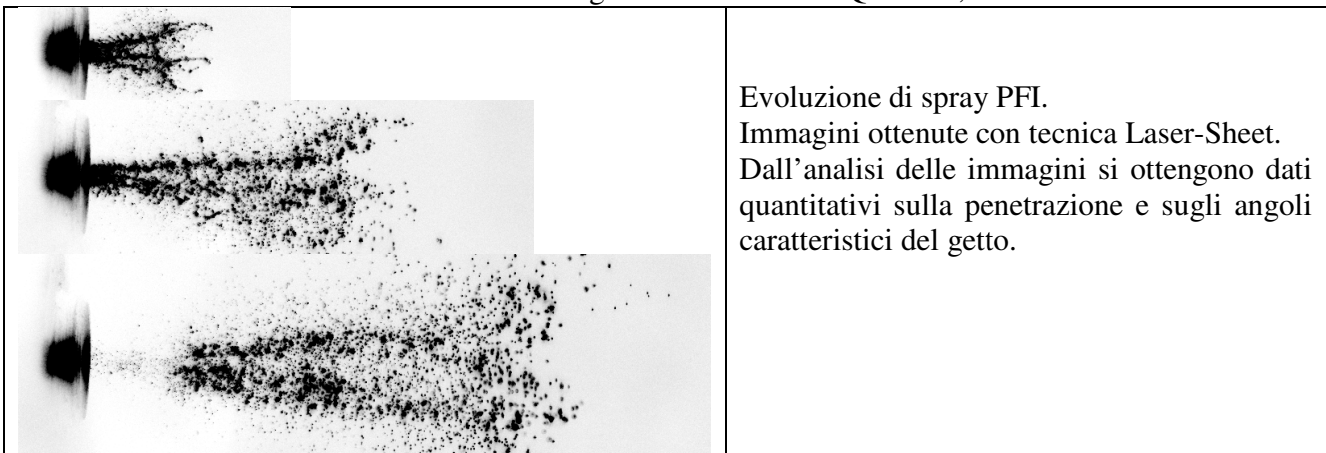
Montaggio iniettori: assiale dall'alto e sul mantello cilindro.

TIPOLOGIE DI PROVA

- **Visualizzazione globale del getto** – eseguita sia con iniettore montato in asse camera dall'alto, sia posto frontalmente alla telecamera. Sistema di illuminazione laser Nd-Yag (illuminazione frontale) o lampade stroboscopiche (illuminazione frontale o in shadowgraph). Telecamera CCD a basso tempo di esposizione (1 μ s) PCO Sencicam. Analisi immagini LabVIEW IMAQ Vision;



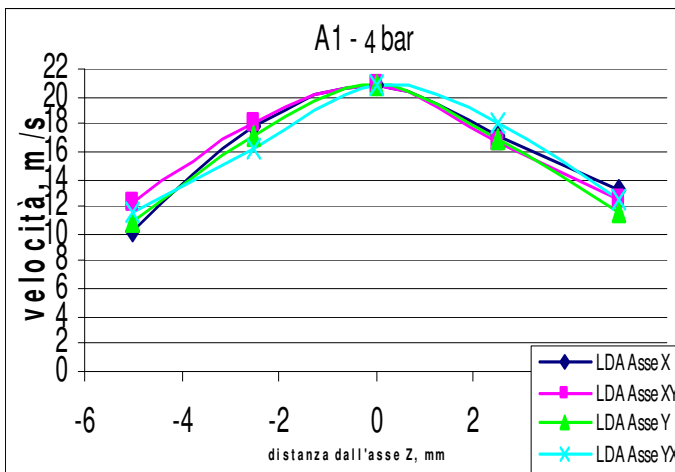
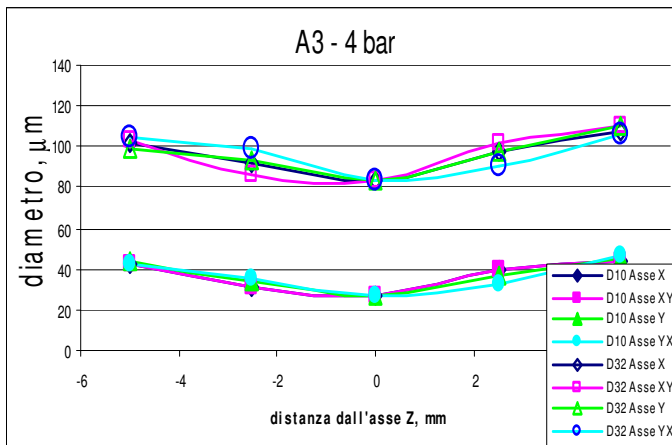
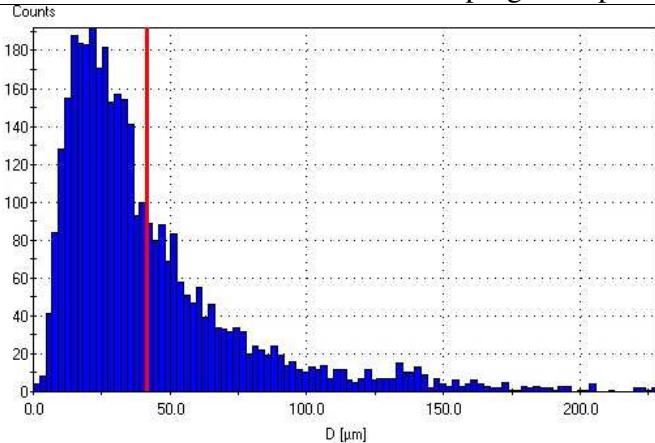
- **Visualizzazione mediante piani di luce laser:** - illuminazione mediante laser Nd-Yag di specifiche sezioni del getto, con iniettore montato in asse camera (sezione longitudinali) o sul mantello cilindro camera (sezioni trasversali al getto). Telecamera CCD a basso tempo di esposizione (1 μ s) PCO Sencicam. Software di analisi immagini LabVIEW IMAQ Vision;



¹Temperatura massima di certificazione della camera di prova. Il sistema di riscaldamento dell'azoto è in fase di sviluppo.



- **Sizing e velocimetria delle gocce con PDA**– analisi realizzata mediante apparato Phase Doppler Anemometer (Dantec Dynamics Fiber PDA), 1-D, basato su processore BSA P80, a cui è asservito il sistema 3 assi di movimentazione sonde (fig.1). In fase di messa in servizio, una sonda ricevente DantecHiDense progettata per l'analisi di spray densi.



Dall'analisi della evoluzione temporale delle caratteristiche delle gocce nei diversi punti di misura, con procedure di media si ricavano le grandezze di maggior interesse:

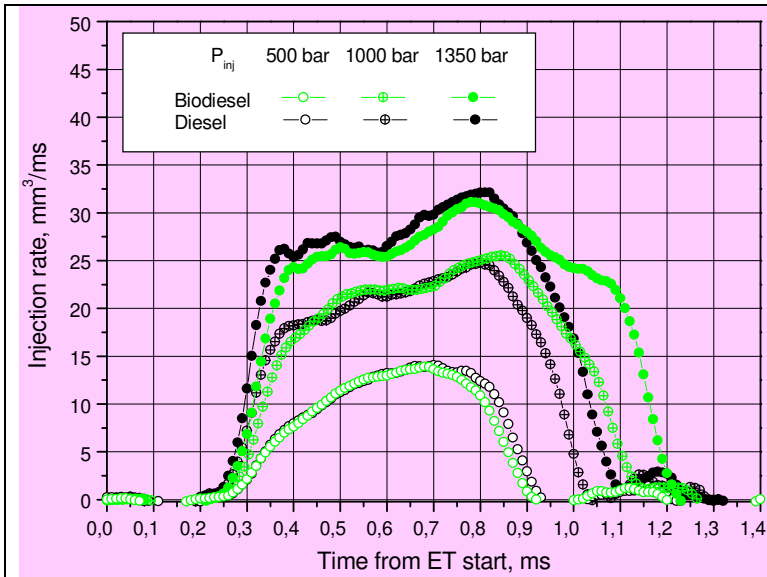
- PDF, probabilità density function del sizing in uno o più punti dello spazio (fig b);
- Valori medi di sizing su più traverse fig. c
- Valori medi di velocità su più traverse fig. d



Caratterizzazione idraulica del sistema di iniezione.

Sono possibili misure sia della portata media a colpo nelle diverse condizioni operative (pressione di iniezione/E.T.), sia misure della portata istantanea.

Per la misura della portata istantanea si utilizza uno strumento sviluppato in collaborazione con AEA, basato sul metodo di Zeuch (iniezione in camera indeformabile).



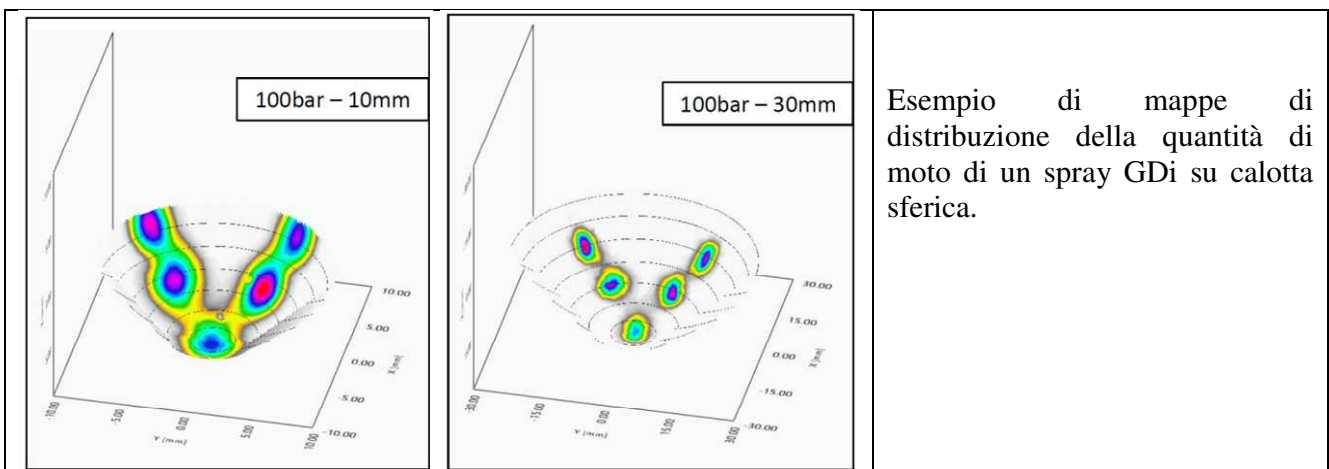
Esempio di curve di portata istantanea; sistema Bosch C.R. alimentato con gasolio e biodiesel, Pinj da 500 bar a 1350 bar.



Misuradello Spray MomentumFlux

La misura dello del flusso di quantità di moto dello spray viene effettuata ocn il metodo “ad impatto”, ovvero viene misurata la forza di impatto del getto contro un target posto d opportuna distanza dal polverizzatore.

L'interposizione fra polverizzatore e target di un opportuno filtro meccanico consente di restringere l'analisi a piccole porzioni del getto, permettendo l'analisi della distribuzione del momentumflux all'interno del singolo spray.





UNIVERSITÀ DI PERUGIA - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
SPRAYLAB
LABORATORIO SISTEMI D'INIEZIONE

REFERENZE

Si riportano di seguito alcune collaborazioni scientifiche ed industriali sviluppate dalla Sezione Motori a Combustione Interna in ambito Analisi Sistemi di Iniezione.

1999-2000	Convenzione di Ricerca con Piaggio SpA – analisi spray sistema FAST
2000-2001	Convenzione di Ricerca con AEA srl – Sviluppo banco analisi spray e metodologie di analisi immagine
2001	Collaborazione con siemens VDO (Pisa) – messa a punto del banco analisi spray AEA
2002-2004	Convenzione di Ricerca con AEA srl – Sviluppo misuratore di portata istantanea STS
2003	Convenzione di Ricerca con Magneti Marelli Powertrain – Analisi polverizzatori C.R.
2004	Convenzione di Ricerca con Magneti Marelli Powertrain – Analisi polverizzatori C.R.
2005-2006	Convenzione di Ricerca con Piaggio SpA – analisi spray PFI
2008	Collaborazione con Gruppo Luccioni-AEA – Sviluppo misuratore Momentum Flux
2011-2018	Collaborazione con General Motors Powertrain – Analisi sistemi Diesel
2011-2016	Collaborazione con Continental Automotive Systems Italy – Analisi sistemi GDI

PUBBLICAZIONI attività sui sistemi di iniezione

1. C. N. Grimaldi, L. Postriotti, C. Stan, R. Troger: "Analysis Method for the Spray Characteristics of a GDI System with High Pressure Modulation", SAE 2000 Transactions Journal of Engines, Sezione 3, Vol 109, pag. 1214-1224, Warrendale, PA, USA, 2001. SAE Paper 2000-01-1043.
2. C. N. Grimaldi, L. Postriotti: "Experimental Comparison Between Conventional and Bio-Derived Fuels Spray from a Common-Rail Injection System", SAE 2000 Transactions Journal of Engines, Sezione 3, Vol 109, pag. 1501-1513, Warrendale, PA, 2001. SAE Paper 2000-01-1252.
3. C. N. Grimaldi, L. Postriotti, M. Marcacci, M. Fiaccavento: "Experimental Characterisation of the Flow Through the Nozzle of a 2-Stroke Air-Assisted Direct Injection System", High Tech Engines and Cars, 6° Congresso Internazionale, Modena, 25-26 Maggio 2000.
4. C. Stan, R. Tröger, C. N. Grimaldi, L. Postriotti: "Direct Injection of Variable Gasoline/Methanol Mixtures: Injection and Spray Characteristics", SAE 2001 World Congress, Detroit, MI, USA, 5-8 Marzo 2001. SAE Paper 2001-01-0966.
5. R. Rotondi, G. Bella, C. N. Grimaldi, L. Postriotti: "Atomization of High-Pressure Diesel Spray: Experimental Validation of a New Breakup Model", SAE 2001 World Congress, Detroit, MI, USA, 5-8 Marzo 2001. SAE Paper 2001-01-1070.
6. L. Marassi, A. De Grassi, C. N. Grimaldi, L. Postriotti, M. Salvini: "A Test Bench for the Analysis of Fuel Spray Characteristics", 2nd International Conference on Advanced Measurement Techniques and Sensory Systems for Automotive Applications, 13-14 Settembre 2001, Ancona.
7. L. Marassi, A. De Grassi, C. N. Grimaldi, L. Postriotti, M. Salvini: "A Non-Intrusive Spray Analysis Test Bench for GDI Systems R&D", International Conference ICE 2001, 23-27 Settembre 2001, Capri. SAE_NA Paper 2001-01-058.



8. L. Postrioti, C. N. Grimaldi, M. Ceccobello, R. Di Gioia: "Diesel Common Rail Injection System Behavior with Different Fuels", SAE 2004 World Congress, marzo 2004, Detroit, Mi, USA. SAE Paper 2004-01-0029.
9. S. Ubertini, F. Mariani, L. Postrioti: "Experimental Validation of a Spray Breakup Model in High Pressure Ambient Condition", Congresso Internazionale Thermofluiddynamic Processes in Diesel Engines THIESEL, 11-13 Settembre 2002, Valencia, Spagna. (selezionato per "Thermo- and Fluid Dynamic Processes in Diesel Engines 2", 2004, Springer-Verlag New York, Inc. ISBN: 3-540-20187-4)
10. L. Postrioti, S. Ubertini: "An Integrated Experimental-Numerical Study Of HSDI Diesel Injection System And Spray Dynamics". SAE 2006 World Congress, marzo 2006, Detroit, Mi, USA. SAE Paper 2006-01-1389
11. M. Badami, F. Millo, F. Mallamo, A. Pinzello, L. Postrioti, and F. Mariani: "Experimental and Numerical Analysis of a Diesel Common Rail Fuel Spray in an Air Quiescent Vessel". THIESEL 2006 Conference on Thermo- and Fluid Dynamic Processes in Diesel Engines. Valencia, settembre 2006.
12. L. Postrioti, C. N. Grimaldi, L. Carmignani, A. Dini, S. Di Palma, A. Marchetti, M. Marcacci, L. Zappalà: "Analisi parametrica delle caratteristiche di getti da iniettori per motori PFI per uso motociclistico". 61° Congresso Nazionale ATI, Perugia, settembre 2006.
13. M. Battistoni, F. Mariani, L. Postrioti, C. N. Grimaldi, M. Cristiani, M. Petrone and S. Petecchia: "Numerical Analysis of a New Concept Variable Valve Actuation System". SAE 2006 Transactions Journal of Engines. SAE Paper 2006-01-3008.

CONTATTI

Lucio POSTRIOTI, PhD
Professore Associato

Tel: 075 585 3733/3840

Fax 075 585 3749

e-mail: lucio.postrioti@unipg.it



COSTI DELLE VARIE TIPOLOGIE DI PROVA

Il costo dei singoli test si intende comprensivo di setup, -l'impiego dell'attrezzatura e della camera di prova, mentre restano a carico del Committente la realizzazione della fixture di prova e la fornitura del fluido di test. Il costo è ridotto di una pari al 50% in caso di partecipazione ai test da parte del personale del Committente, la cui capacità tecnica di esecuzione del test è soggetta al giudizio del Responsabile Scientifico dello SprayLAB.

Allestimento Sistema € 600,00

Visualizzazione globale del getto € 900,00

La prova tipo si compone di:

- acquisizione di una serie di immagini indicativamente composta da 20 set da 30 immagini ciascuno, dove ad ogni set corrisponde un timing dall'inizio iniezione (timing variabile da 1 μ s a n -ms);
- analisi ed elaborazione delle immagini acquisite per la costruzione delle curve di penetrazione, angolo totale e angolo vicino del getto.
- analisi statistica delle immagini per definire probabilità di localizzazione del contour e/o del getto nello spazio.

Visualizzazione del getto con piani diluce laser € 1200,00

La prova tipo si compone di:

- acquisizione di una serie di immagini indicativamente composta da 20 set da 30 immagini ciascuno, dove ad ogni set corrisponde un timing dall'inizio iniezione (timing variabile da 1 μ s a n -ms);
- analisi ed elaborazione delle immagini acquisite per la costruzione delle curve di penetrazione, angolo totale e angolo vicino del getto.
- analisi statistica delle immagini per definire probabilità di localizzazione del contour e/o del getto nello spazio.

Sizing e velocimetria delle gocce con PDA € 1500,00

La prova tipo si compone di:

- acquisizione di una serie di dati relativi a più punti di misura nello spazio. Con il Committente saranno definiti i punti di misura (indicativamente 10 per diametro analizzato). Per ogni punto saranno registrati un numero di campioni validi statisticamente sufficienti a caratterizzare il fenomeno (indicativamente 20000). In caso di basso *data rate*, saranno eseguiti comunque non meno di 200 iniezioni per punto.
- elaborazione dei dati acquisiti per ricavare gli andamenti temporali medi, le curve PDF e i profili di velocità e sizing sulla traversa effettuata.



Caratterizzazione idraulica del sistema di iniezione

€ 800,00

La prova tipo si compone di:

- c) misura delle portate medie rilevate su serie di non meno di 1000 eventi di iniezione, con un livello di pressione e indicativamente 5 diversi E.T.
- d) misura della portata istantanea rilevata su serie di non meno di 200 eventi di iniezione, con un livello di pressione e indicativamente 5 diversi E.T. elaborazione dei dati acquisiti per ricavare gli andamenti temporali medi, il grado di dispersione del profilo di injection rate e della quantità iniettata sul singolo colpo.

Misura della quantità di moto del getto

€ 1000,00

La prova tipo si compone di:

- a) misura della distribuzione della quantità di moto del getto su una assegnata superficie, con indicativamente 50 stazioni di misura. In ogni stazione di misura, il risultato sarà mediato su indicativamente 20 eventi consecutivi.
- b) Elaborazione dei dati acquisiti per ricavare gli andamenti temporali medi ed il valore integrale (mappa distribuzione) sulla superficie esaminata.