

CNR - Istituto di Biometeorologia

IL SIMPOSIO PER IMMAGINI

Settimo Simposio Internazionale

IL MONITORAGGIO COSTIERO MEDITERRANEO

Matteo De Vincenzi Gianni Fasano



Cisternone - Livorno

ISBN 9788895597393



Consiglio NAZIONALE delle RICERCHE



Istituto di
Biometeorologia

Consiglio Nazionale delle Ricerche



Fondazione
Clima e
Sostenibilità



Compagnia
Portuale di
Livorno
Società Cooperativa



COMUNE DI LIVORNO

Matteo De Vincenzi Gianni Fasano

Il Simposio per immagini



Seventh International Symposium

MONITORING OF MEDITERRANEAN COASTAL AREAS
problems and measurements techniques

Livorno June 19-21, 2018

Patronized by:



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



ACCADEMIA DEI GEORGOFILII

**ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI**



Autorità di Sistema Portuale
del Mar Tirreno Settentrionale



Segreteria Scientifica
CNR IBIMET Sede di Firenze
Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI)
tel. 0555226552 email: simposio@ibimet.cnr.it

In copertina: **Il Cisternone** (Livorno)
Fotografie ed elaborazione grafica di **Gianni Fasano**

Settimo Simposio Il Monitoraggio Costiero Mediterraneo
Livorno 19-21 giugno 2018
ISBN 9788895597393

Stampato a Firenze, 10 dicembre 2018

SETTIMO SIMPOSIO INTERNAZIONALE



I Notabili

pag. 9

Gli organizzatori
e i collaboratori



13

Le Sessioni

17



I Momenti
Topici



31



Mostra:
Il Monitoraggio
meteorologico

45

Il Concorso
Fotografico



81

Il Simposio "visita"
Livorno

143



Conclusione dei lavori del Simposio: premiazione del Concorso fotografico e dei Poster

157

ENTI ORGANIZZATORI
Organizing Institutions

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Biometeorologia (CNR - IBIMET)
Fondazione Livorno Euro Mediterranea (LEM)
Fondazione Clima e Sostenibilità (FCS)



Matteo De Vincenzi e Gianni Fasano
curatori del volume

Settimo Simposio Internazionale

IL MONITORAGGIO COSTIERO MEDITERRANEO: problematiche e tecniche di misura





Il Simposiarca, seduto al centro, apre il Simposio chiamando alla cattedra

I NOTABILI



Fabrizio Benincasa
Simposiarca



Antonio Raschi
Direttore IBIMET

Antonio Raschi nel suo intervento dedica qualche parola anche al ricordo del suo predecessore
Prof. Giampiero Maracchi Fondatore del CNR IBIMET



Pietro A. Micheli
Capitano di Fregata
Accademia Navale Livorno

F. Martini
Assessore Comune di Livorno





Enzo Rauei
Presidente della
Compagnia Portuale Livorno



Lucia Spath
Tenente di Vascello
Direzione Marittima Livorno
Guardia Costiera



Paola Baldari
Assessore Comune di Livorno

Nel suo intervento il Simposiarca accenna anche al fatto che, con l'incertezza della prosecuzione dell'attività della Fondazione LEM, si può mettere in "forse" il proseguimento del Simposio che dal 2010, attraverso il LEM, è stato ospite del Comune di Livorno. A questo proposito però, dall'intervento dell'assessore Paola Baldari, qui sotto riportato, ci sembra di poter evincere la volontà del Comune di Livorno di proseguire nella collaborazione col Simposio.

fetto delle diverse forme di antropizzazione al rapporto tra tutela e sostenibilità dello sfruttamento delle coste; dall'analisi della geografia costiera all'evoluzione dinamica della morfologia dei fondali.

Un'autorevole iniziativa cui va un forte plauso della città, ove, mi si passi il brutto neologismo, l'incontro trova una location ideale. Qui infatti il paesaggio costiero ha da sempre costituito un patrimonio culturale e naturale la cui bellezza ha dovuto fortemente temperarsi con lo sviluppo dell'economia portuale che, fin dalla sua fondazione, ha consentito lo sviluppo e la sopravvivenza della città. Un ambito di transizione soggetto a trasformazioni complesse definite tra processi naturali e pressioni antropiche. Un paesaggio costiero interessato nel prossimo futuro da una imponente dinamica evolutiva con la realizzazione di un'importante infrastruttura portuale cui seguirà necessariamente una profonda trasformazione delle aree litoranee circostanti. Un tesoro assai fragile, vulnerabile, per il quale, dunque forse qui più che altrove, sarà necessario mitigare e governare il cambiamento degli equilibri ecosistemici.

Pianificare e realizzare le strategie dei processi di sviluppo e tutela di un territorio costiero richiede dunque un approccio integrato. Occorre in primis investire nell'opera di sensibilizzazione, attraverso attività educativa costante, forte e diffusa. Necessita poi pianificare strategie ed interventi con forte anticipo laddove il dissesto di un ambiente non tutelato è sovente causa di devastanti effetti. Infine servirebbe, anzi serve, non essendo più procrastinabile, specie in un paese come il nostro caratterizzato da una straordinaria varietà paesaggistica, un lungimirante impegno delle scarse risorse finanziarie.

Per tale motivo appare allora sempre più evidente come nelle politiche di utilizzo dell'ambiente,

accanto a una diversa e maggiore sensibilità sia imprescindibile il contributo dell'indagine scientifica dei rischi riconnessi alle sue trasformazioni specie in un paese ancora assai in ritardo nella diffusione di una moderna coscienza ambientale.

Nella duplice veste di Amministratrice e appassionata della materia ritengo dunque che la presentazione dei numerosi e approfonditi saggi offra un'importante occasione di sensibilizzazione, di profonda analisi scientifica e attenta riflessione per una futura opera di pianificazione a salvaguardia del paesaggio e dell'ambiente più in generale.

Di questo ringrazio, a nome della città, tutti i numerosi studiosi partecipanti.

Dopo gli interventi dei precedenti ospiti il Simposiarca presenta i tre relatori invitati dal Comitato Scientifico ad esporre un loro lavoro su argomenti di "ampio respiro" attinenti alle tematiche del Simposio.

Le loro relazioni sono pubblicate nella sessione *Il Paesaggio costiero: forme di antropizzazione di ieri e di oggi*, negli Atti del Settimo Simposio.

Marinella Pasquinucci
Scuola di Specializzazione
Beni Archeologici
Università di Firenze
invitata a presentare la relazione

*Portus Pisanus e Livorno: dinamiche
costiere e ricerche storico-archeologiche*



Francesca Pichi
Autorità di Sistema Portuale
del Mar Tirreno settentrionale invitata a
presentare la relazione

Le due fortezze di Livorno



Claudio Saragosa
Dipartimento di Architettura
Università di Firenze
invitato a presentare la relazione

*Morfogenesi e percezione della città nel
dialogo dinamico tra terraferma e acqua*

Gli organizzatori e i collaboratori



Gianni Fasano
CNR-IBIMET
Coordinatore Responsabile del
Comitato Organizzatore



Alessandro Materassi
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Biometeorologia
CNR-IBIMET



Laura Pellegrino
CNR-IBIMET



Francesco Sabatini
CNR-IBIMET



Maurizio Romani
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Biometeorologia
CNR-IBIMET



Rita Franchi
Fondazione Livorno Euro Mediterranea
LEM - Livorno



Francesca Chellini
Fondazione Clima e Sostenibilità
FCS - Firenze



Anna Riva
Fondazione Clima e Sostenibilità
FCS - Firenze

Certamente al successo della manifestazione hanno contribuito le indispensabili “hostess”, allieve del Liceo Statale Francesco Cecioni, settore linguistico, di Livorno; le quali hanno partecipato nell’ambito dell’Alternanza Scuola Lavoro.

A tale proposito il Comitato Organizzativo ringrazia il Dirigente scolastico ing. Giuseppe De Puri che ha acconsentito alla loro partecipazione all’evento.



Da sinistra a destra
Alice Cristiani, Bianca Tronchi, Carolina Ponzetta
Liceo Statale Francesco Cecioni, settore linguistico, - Livorno



Anche la stretta collaborazione fra Comitato Organizzativo e Segreteria scientifica, segnatamente con **Laura Bonora e Matteo De Vincenzi**, ha determinato il buon esito delle tre giornate di studio.



Le Sessioni

Il **Simposiarca**, Fabrizio Benincasa, ricorda il criterio con cui, “storicamente”, nel Simposio sono stati suddivisi i lavori fra la presentazione orale e la presentazione poster, ovvero:

«Fatta salva la validità scientifica dei lavori vengono presentati all’orale quelli che, per la interdisciplinarietà dei loro contenuti, possono stimolare la discussione anche con esperti di discipline diverse, gli altri, più “specialistici”, sono presentati ai poster».

Seguono le foto dei presidenti di Sessione e dei relatori di ogni Sessione. In questa sede si riporta il titolo dei lavori presentati ma si rimanda al volume degli Atti della Settima Edizione per il testo completo.



Prima Giornata Sessione - Il Paesaggio Costiero: forme di antropizzazione di ieri e di oggi



Presiede: Donatella Cialdea

Dipartimento di Bioscienze e Territorio - Università del Molise

Dealing with climate change along the new coast of the Mediterranean: a design manual for adaptation of small villages.
P. Fornasa



Photogrammetric technique for analysing the anthropization process in coastal areas: the case study of Minori.

A. Capolupo, M. Rigillo, **L. Boccia**



Planning in coastal landscapes: bright and negative sides in the implementation of the integration concept. Lessons from two Italian protected areas.

S. Lai, **F. Leone**



Lagoon anthropization and saltworks. Venice and the Mediterranean settlements in a comparative perspective.

G. Asmundo



Misurazione, controllo e difesa degli opposti versanti litoranei adriatici: le torri costiere dal XVI secolo ad oggi.

C. Mazzanti, **F. Bulfone Gransinigh**, D. Bilić



L'isola d'Elba di Emilio Isotta (1947-1960): progetto di architettura e paesaggio costiero, una lezione esemplare.

F. Privitera

Cultural heritage interface of European coastal landscapes.

G. Pungetti



Integrazione delle misure di conservazione dei siti della Rete Natura 2000 nei regolamenti delle aree marine protette: uno studio relativo alla Sardegna.

C. Zoppi





Seconda Giornata
Sessione - Flora e Fauna del sistema litorale: dinamiche e protezione



Presiede: Davide Travaglini

Dipartimento Gestione Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali -
Università di Firenze

Effects of habitat structure on functional diversity of epiphytic lichen communities of coastal dunes with Juniperus spp.

R. Benesperi, E. Bianchi, G. Chirici, L. Di Nuzzo, F. Giannetti,
P. Giordani



Insights from temporal dynamics of plastic resin pellets deposition on a beach in Crete, Greece.

L. Fanini, F. Bozzeda

Distribution of coralligenous assemblages along the Sardinian shelf (Italy).

A. Conforti, W. Brambilla, I.A. Borrás Palomares, I. Guala, L. Mura,
P. Orrù, L. Piazzì, S. Simeone, V. Sitková, G. De Falco





Caratterizzazione delle pinete litoranee di pino domestico della Toscana con dati telerilevati a supporto della gestione forestale sostenibile.

G. D'Amico, B. Del Perugia, G. Chirici, F. Giannetti, D. Travaglini

A new life for the dredged sediment of Leghorn harbor: from waste to food production.

E. Giordani, S. Pecchioli, **F. Tozzi**, E. Picardi, G. Renella, V. Nencetti, C. Macci, G. Masciandaro



Resilience of maritime pine regeneration facilitates artificial forest succession of holm oak against severe browsing pressure from fallow deer in San Rossore forest.

A. Maltoni, B. Mariotti, F. Logli, A. Tani, R. Tognetti

Harmful Algal Blooms (HAB): Significance of floating colonies (in situ observations and tank experiments).

I. Ostrovsky, X. Wu, T. Yang, S. Feng, L. Li, L. Song, W. J. Moses, E. Uzhanskii, B. Katsnelson, A. Sukenik





Il coralligeno toscano: distribuzione, struttura dei popolamenti e monitoraggio mediante utilizzo di differenti indici di qualità ecologica.

L. Piazzi, C. N. Bianchi, E. Cecchi, P. Gennaro, **G. Marino**,
M. Montefalcone, C. Morri, F. Serena

Plant cover dynamics after morphological and ecological redevelopment of the dune system of the Sterpaia beach (Piombino, LI).

E. Tondini, L. Lombardi, M. Giunti, G. Bedini



Seconda Giornata
Sessione - Geografia della Fascia Costiera: dinamiche del territorio e tutela integrata



Presiede: Donatella Carboni

Dipartimento di Scienze umanistiche e sociali
Università di Sassari

Spatial Transformation of Coastal Areas for Tourism and Instrumentalization of Integrated Coastal Zone Management Plan: the Case of Kemeragzi-Kundu Region in Antalya.

A. Yazar



Integrating Nature 2000 conservation measures into the regulation of marine protected areas: an experimental approach.

F. Leccis, S. Pinna

Monitoring and sustainable usage of Ieranto bay: marine conservation in a mass tourism environment.

D. Sgambati, F. Maresca, A. De Angelis, N. R. De La Ballina, O. M. Azevedo, A. Miccio





Terza Giornata
Sessione - Misure per l'ambiente e produzione energetica in zone costiere



Presiede: *Marcantonio Catelani*

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Università di Firenze

UAV-borne remote sensing for shoreline and coastal environment monitoring.

G. Caroti, A. Piemonte, **Y. Pieracci**



Emerging techniques for coastal environmental monitoring: a field test-bed in Liguria.

M. Colli, A. Caridi, C. Carmisciano, D. D. Caviglia, A. Delucchi,
F. Serafino

Dynamics of echo-reflecting objects in aquatic systems: implementation of acoustic Doppler current profiler for ecosystem analysis.

E. Uzhanskii, B. Katsnelson, I. Ostrovsky





CALYPSO: la rete RADAR HF per il monitoraggio delle correnti marine superficiali nel canale tra la Sicilia e Malta (Mar Mediterraneo).

G. Ciraolo, A. Drago, S. Cosoli, F. Capodici, A. Maltese, A. Gauci, A. Galea, J. Azzopardi, G. Buscaino, F. Raffa, S. Aronica, S. Mazzola, R. Sinatra

Renewable primary power source for desalination plants in coastal zones. Analysis and economical assessment in a dispatching regulatory policy.

A. Bono, E. Casti, **M. Marini**



La realizzazione dei parchi eolici off-shore in Italia. Profili normativi ed orientamenti giurisprudenziali.

I. Lolli





Presiede: Giovanni Sarti
Dipartimento di Scienze della Terra
Università di Pisa

Evaluating the effectiveness of renaturalization processes in a dune system: input from a multi-method analysis of shoreline evolution in South Sicily, Italy.

L. Borzi, A. Di Stefano, R. De Pietro



Impacts of the 1959 Malpasset dam breach on the Fréjus shoreline evolution (French Riviera): a case of an "onshore tsunami"?

O. Cohen

Late Holocene evolution coastal systems related to history of Phoenician-Punic settlements (Gulf of Oristano, western Sardinia).

G. De Falco, A. Conforti, V. Pascucci, I. Sanna, C. Del Vais





Video-monitoring to sand bar analysis in a middle Adriatic beach.
E. Perugini, L. Soldini, M. L. Palmsten

Evaluation of erosional processes of the eroding flysch cliff in the Split urban zone (Croatia).

K. Pikelj, G. Vlastelica, B. Kordic



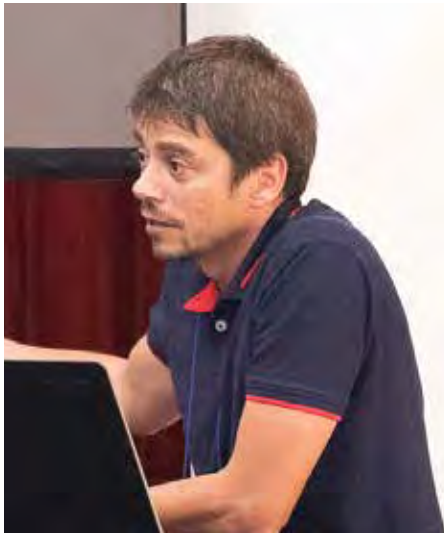
A challenge to make conscious decisions along the coast: the Team COSTE's approach.

G. Sarti, **D. Bertoni**, D. Ciccarelli, A. Caiti, R. Costanzi, A. Mecocci, A. Pozzebon, S. Bartolini, F. Catani, S. Moretti

Sedimentology and geochemistry of the recent sediments in the Ne Aegean Sea and Dardanelles Strait (NW Turkey).

F. Yücesoy Eryilmaz, M. Eryilmaz





BioGeomorphological control along Mediterranean Beaches.
S. Simeone, E. Molinaroli, W. Brambilla, A. Conforti, G. De Falco

Geomorphological evolution of “Ripe Rosse”, a coastal cliff in Cilento Geopark (Italy).

A. Aloia, F. Dentale, D. Guida, **A. Valente**



I momenti topici del Simposio

I rinfreschi







I poster

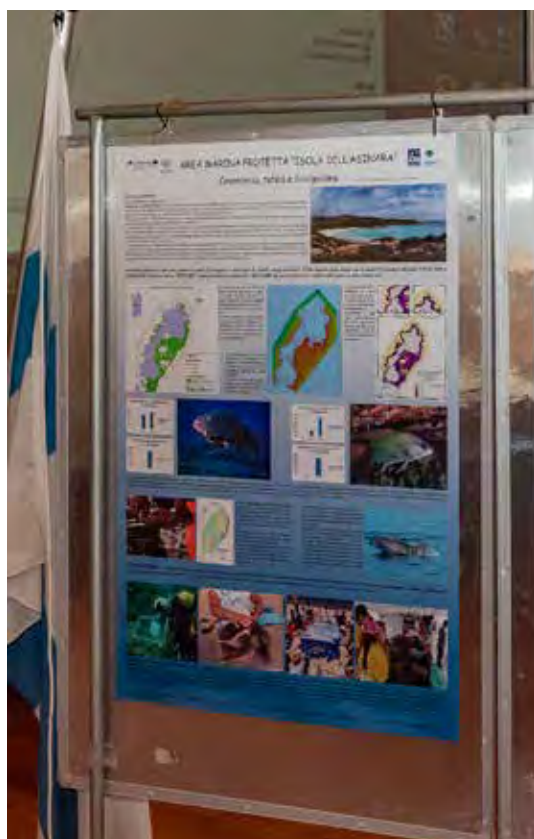






Le Aree Marine

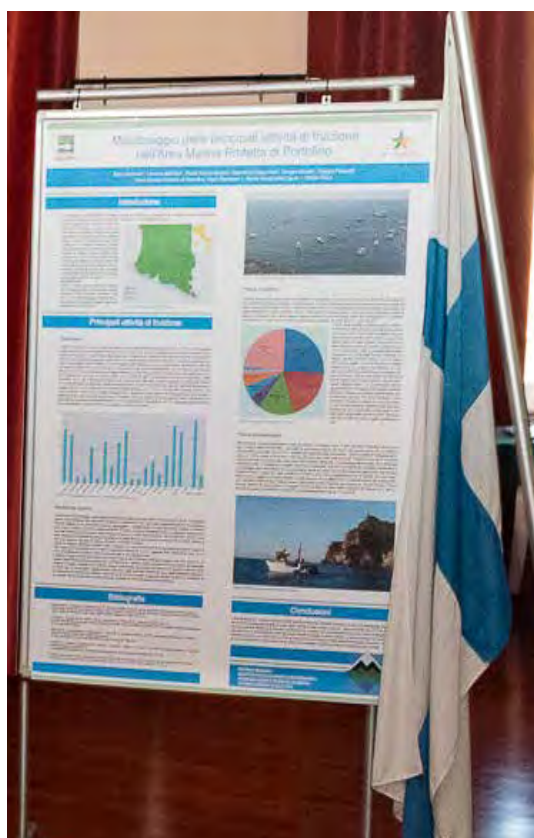
In questo ambito è stato esposto il poster sia dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale sia della Direzione Marittima di Livorno della Guardia Costiera. Nel volume degli atti c'è un capitolo in cui sono riportate le presentazioni di questi Enti.



Sardegna AMP dell'Isola dell'Asinara



Liguria AMP di Bergeggi



Liguria AMP di Portofino



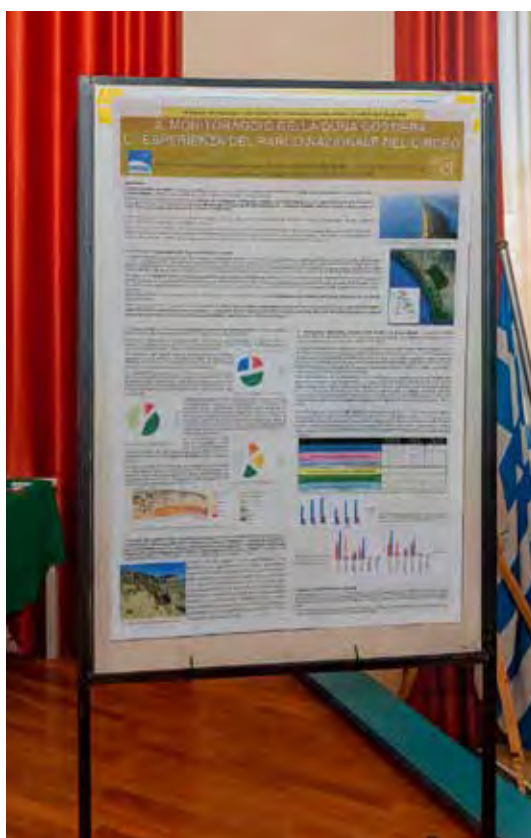
Toscana AMP Secche della Meloria



Campania AMP Regno di Nettuno



Campania AMP di Punta Campanella



Lazio Parco del Circeo



Postazione della Guardia Costiera Direzione Marittima Livorno



Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale



I progetti



Il Poster e il drone, usato per le
riprese aeree, relativi al Progetto
FreshLIFE:
*il Telerilevamento a supporto
della Gestione Forestale
Sostenibile*



Il Poster del Progetto Interreg
Mediterranean Mito Med+
sul tavolo il materiale
illustrativo



Un pranzo



La cena sociale









**Il monitoraggio meteorologico
dalle origini ai giorni d'oggi,
nella cultura occidentale**

*Meteorological monitoring
from the origins to the present day,
into Western culture*

Fabrizio Benincasa, Matteo De Vincenzi, Gianni Fasano

CNR IBIMET Firenze



L'esposizione





In breve

In questo breve percorso di storia degli strumenti per la meteorologia nel senso moderno, che possiamo fare iniziare alla fine della prima metà del XVII secolo con la scoperta della pressione atmosferica, ci siamo imposti due vincoli: parlare solamente dell'Occidente e parlare solamente di una ben precisa categoria di strumenti. Ovviamente strumenti per la meteorologia sono stati sviluppati da tutte le società umane a ogni latitudine e longitudine ma, a nostro avviso, nessuna è stata così prolifica e dinamica come quella occidentale. È a causa di questa "abbondanza" che ci siamo posti il secondo vincolo; ovvero fra le innumerevoli soluzioni tecniche per la misura dei vari parametri, prendere in considerazione solamente gli strumenti che nella loro continua evoluzione hanno percorso una strada che, sia pure in forme diverse, li ha fatti giungere fino a noi.

Ciò premesso e consapevoli che la storia non si può fare se non si conoscono le persone che la determinano, vogliamo iniziare col parlare di Aristotele ovvero di colui che per primo ha osservato, con organicità, i fenomeni meteorologici.

Dal IV secolo a. C. la meteorologia aristotelica ha condizionato per circa duemila anni l'interpretazione scientifica dei fenomeni atmosferici, avendo assunto Aristotele, nelle scienze, una autorità indiscutibile: *ipse dixit*.

Si deve giungere al XVII secolo per iniziare una nuova era, nella quale il metodo galileiano afferma il primato delle misure sperimentali sulle deduzioni apodittiche, ma è con Evangelista Torricelli che, con la scoperta sperimentale della pressione atmosferica (1644), si pongono le basi della meteorologia moderna.

Fino alla seconda metà del XVIII secolo gli strumenti meteorologici consentivano solamente letture dirette. Ben presto si passò da strumenti indicatori a strumenti registratori; questi permisero di rilevare ininterrottamente l'andamento temporale delle principali grandezze atmosferiche, consentendo così studi secondo la moderna meteorologia e dando inizio alla climatologia.

Dal XIX secolo lo studio degli strumenti meteorologici subì una accelerazione, grazie alla possibilità di realizzare la registrazione elettrica dei dati rilevati. Sul finire di detto secolo i diversi Osservatori Meteorologici iniziarono a sentire l'esigenza di usare apparecchiature e metodologie di rilevamento standardizzate: a tale scopo nel 1879 fu fondata l'Organizzazione Meteorologica Internazionale (OMI).

Nel XX secolo l'ONU sostituì l'OMI con l'OMM, Organizzazione Meteorologica Mondiale (Ginevra, 1951); scopi di questa nuova istituzione erano, e sono: promuovere un sistema mondiale di osservazioni meteorologiche, favorire lo scambio di informazioni standard, sostenere la progettazione e la realizzazione di nuovi strumenti di misura e di monitoraggio dei parametri meteorologici. In questo secolo, negli anni settanta, si ebbe un ulteriore drastico cambiamento della struttura degli strumenti: si passò da quelli elettromeccanici, con registrazione analogica dei dati, a quelli elettronici con registrazione digitale.

Oggi, grazie alla "rivoluzione elettronica", con gli strumenti per misurare le grandezze meteorologiche tradizionali, sono disponibili anche quelli che, per il nuovo rapporto uomo-ambiente, consentono di misurare e monitorare l'atmosfera, il suolo e le acque, in relazione alle attività antropiche.

Shortly

In this brief history of the instruments for meteorology in the modern sense, which we can consider that it begins at the end of the first half of the 17th century with the discovery of atmospheric pressure, we have imposed two constraints: to speak only of the Occident and to speak only of a very precise category of instruments. Obviously, meteorological instruments were developed by all human societies at every latitude and longitude but, in our opinion, none has been as prolific and dynamic as the Occidental one. It is because of this "abundance" that we placed the second constraint. That is among the innumerable technical solutions for the measuring of the various parameters, we have taken into consideration only the instruments that in their continuous evolution have traveled a road that, even though in different forms, has brought them up until today.

With these premises and with the awareness that history cannot be done unless the knowledge of the people who determine it, we want to begin by talking about Aristotle that is the one who first observed, organically, the meteorological phenomena.

From 4th century b. C. Aristotelian meteorology conditioned for about two thousand years the scientific interpretation of atmospheric phenomena, since Aristotle had assumed, in the sciences, an indisputable authority: ipse dixit.

A new scientific era begun in the 17th century, when the Galilean method affirmed the primacy of experimental measures on apodictic deductions, but it is with E. Torricelli that, with the experimental discovery of atmospheric pressure (1644), the basis of modern meteorology were set.

Until the second half of the 18th century, the meteorological instruments allowed only direct readings. Soon they went from to be indicator instruments to be record instruments. These latter instruments permitted to detect uninterruptedly the temporal trend of the main atmospheric quantities, this allowed studies according to the modern meteorology and the beginning of climatology.

Since the 19th century, the study of meteorological instruments had an acceleration, thanks to the possibility to realize the electrical recording of the measured data. At the end of that century, the various Meteorological Observatories began to feel the need to use standardized detecting devices and standardized methodologies: for this purpose in 1879 the International Meteorological Organization (IMO) was founded.

In 20th century, UN replaced the IMO with the WMO, World Meteorological Organization (Geneva 1951). WMO purposes were and are to promote a worldwide system of meteorological observations, to encourage the exchange of standard information, to support design and to carry out new instruments for measuring and monitoring meteorological parameters. In the 70s of that century, there was a further drastic change in the structure of the instruments, which by electromechanical devices, with analogic recording of data, became electronic devices, with digital recording of data.

Today, thanks to the "electronic revolution", in addition to the instruments for measuring the traditional meteorological quantities, for the new human-environment relationship, there are instruments for measuring and monitoring the atmosphere, the soil and the waters, in relation to human activities.

Con maggior dettaglio

Fino ad Aristotele (Grecia: 384 a.C - 322 a.C.), Fig. 1, la parola *μετέωρος* (meteora → meteorologico) si riferisce genericamente a *ciò che è in alto*, Fig. 2, senza distinzione fra atmosfera e spazio celeste, cioè senza distinzione tra fenomeni meteorologici e astronomici. È solo dopo Aristotele che la parola meteorologia viene applicata ai soli fenomeni che si svolgono nello spazio *sublunare* che, come tutto ciò che riguarda la Terra, sono legati ai quattro elementi della tradizione pre-socratica: terra, acqua, aria e fuoco, Fig. 3.



Figura 1 – LA SCUOLA DI ATENE (particolare), Raffaello Sanzio (1483 – 1520) [7].

A sinistra Platone, a destra Aristotele. Affresco del 1509 nella Stanza della Segnatura, Palazzi Apostolici - Musei Vaticani. Platone (428/427 a.C. – 348/347 a.C.) allievo di Socrate, nel 387 fondò ad Atene l'Accademia in cui, a 17 anni, entrò Aristotele e vi rimase fino alla morte di Platone.



Figura 2 – METEORE [8].

Meteora, dal greco dotto: *meta-* = oltre, e *aéirein* = sollevare (in aria); ovvero ciò che è sospeso in mezzo all'aria, in altre parole ciò che sta in alto nel cielo. Al bordo nord-occidentale della Tessaglia (nord della Grecia) furono chiamate meteore le formazioni monolitiche di arenaria a "torre", alte fino a 400 m con pareti ripide e cime tronche e pianeggianti. Prima rifugio di eremiti poi, dall'XI secolo, vi furono costruiti monasteri in cui si continuava la tradizione ascetica: azione rivolta alla perfezione spirituale e alla ascensione verso Dio, distaccandosi gradualmente dal mondo; in ciò aiutati dall'isolamento e dalla "vicinanza" al Cielo.

I raggi solari, sulla superficie della Terra, danno origine a due esalazioni: se cadono sulla terra secca, si genera un'esalazione calda e asciutta, molto infiammabile, formata soprattutto di parti di fuoco e di terra, questa è il fumo; se colpiscono l'acqua, si produce un'esalazione umida e fredda, formata di parti di acqua che si trasformano in aria, essa è il vapore.

La parte superiore dell'atmosfera contiene solo l'esalazione secca, la parte inferiore, le contiene entrambe. Affermazioni di fatti che chiunque poteva verificare senza la necessità di strumenti di misura, inoltre i Greci consideravano "poco nobili" le misure al punto tale che il dio di queste era Hermes (Ἑρμῆς): messaggero degli dèi, protettore degli atleti ecc. ma anche dio del commercio, dell'astuzia e protettore di ladri e bugiardi.

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .

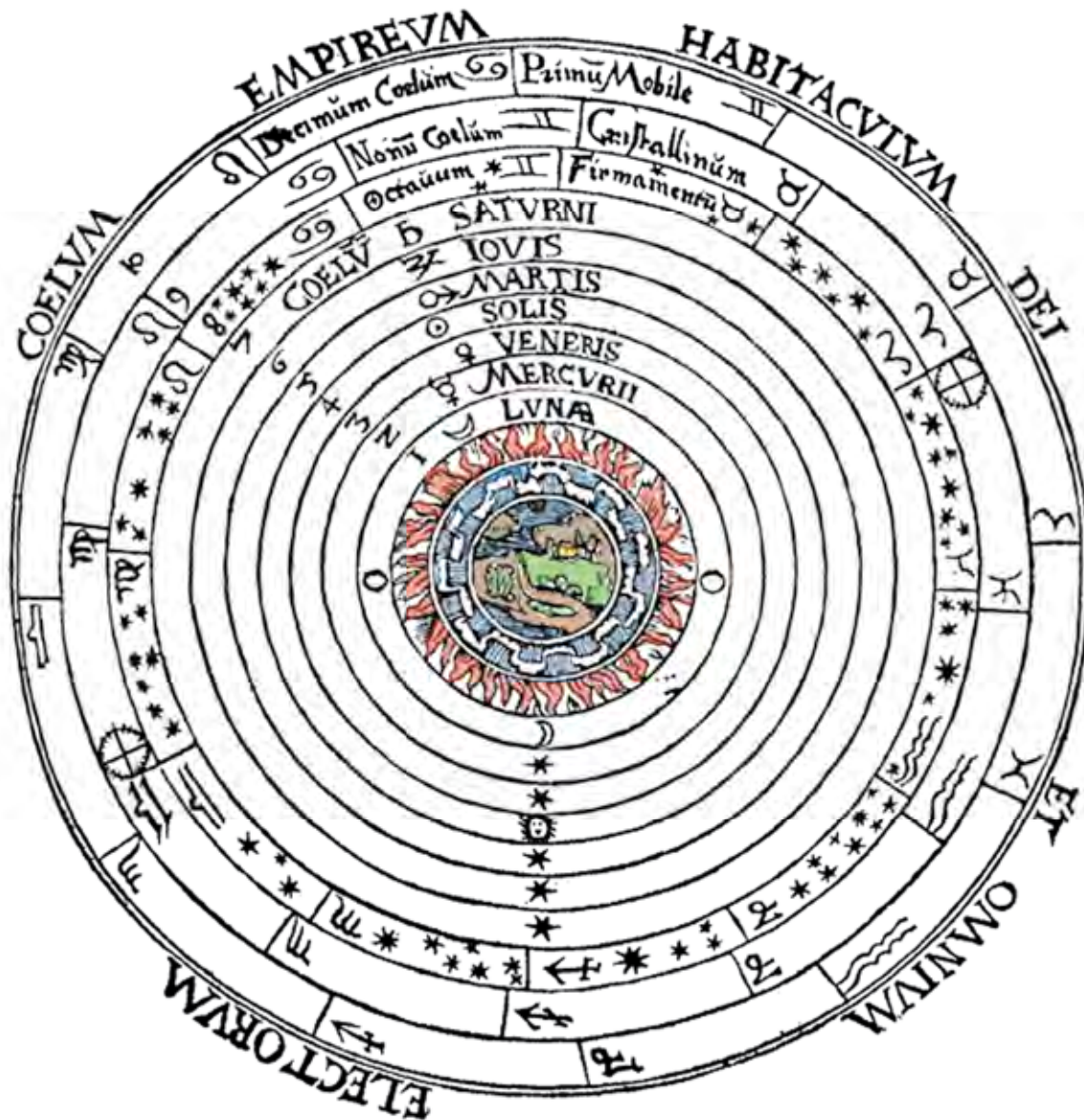


Figura 3 – LE SFERE CELESTI DI ARISTOTELE nella descrizione di Tolomeo. Rielaborazione da [9].

Il principale trattato cosmologico di Aristotele, dal titolo "Intorno al firmamento" (in greco: *Peri Oúranós*; nel senso di: a proposito del..., in merito al... firmamento), fu scritto nel 350 a.C. Questa sua visione cosmologica, a sfere concentriche, ha dominato sia la cultura antica sia quella medievale (cristiana e islamica) per quasi due millenni. In figura la visione aristotelica del firmamento (nella descrizione fatta da Claudio Tolomeo, II secolo d. C.) con al centro la Terra circondata, nella zona sublunare, dai quattro elementi costitutivi tutte le cose: terra, acqua, aria e fuoco. La sfera su cui si muove la Luna circonda la Terra con i suoi elementi. Oltre la Luna: le sfere dei pianeti fino al settimo cielo, il firmamento con tutte le stelle (ottavo cielo), la sfera cristallina (nono cielo) che trasmetteva il moto a quelle sottostanti, e infine il decimo cielo sede delle divinità.

La meteorologia aristotelica ha condizionato per circa duemila anni l'interpretazione scientifica dei fenomeni atmosferici, avendo assunto Aristotele (e non solo in questo specifico campo) una autorità indiscutibile: *ipse dixit*.

Si deve giungere al diciassettesimo secolo per iniziare una nuova era scientifica, nella quale il metodo galileiano afferma il primato della sperimentazione sulle deduzioni apodittiche. Queste vengono smontate sistematicamente dalle evidenze sperimentali, una per tutte (che forse, nel nostro caso, è la più significativa) l'aristotelica negazione del vuoto *la cui esistenza impedirebbe il moto*. Questo assunto supera indenne il Medioevo, il Rinascimento e giunge fino a Galileo Galilei (1564 - 1642), Fig. 4, che non lo confuta, ma viene rigettato da Evangelista Torricelli (1608 - 1647), Fig. 5 A-B, grande fisico e matematico che con la scoperta sperimentale della pressione atmosferica pone le basi della moderna meteorologia previsionale.

Figura 4 – GALILEO GALILEI
Galleria degli Uffizi, Firenze,
olio su tela (66 x 56 cm),
Justus Sustermans, 1636 [10].

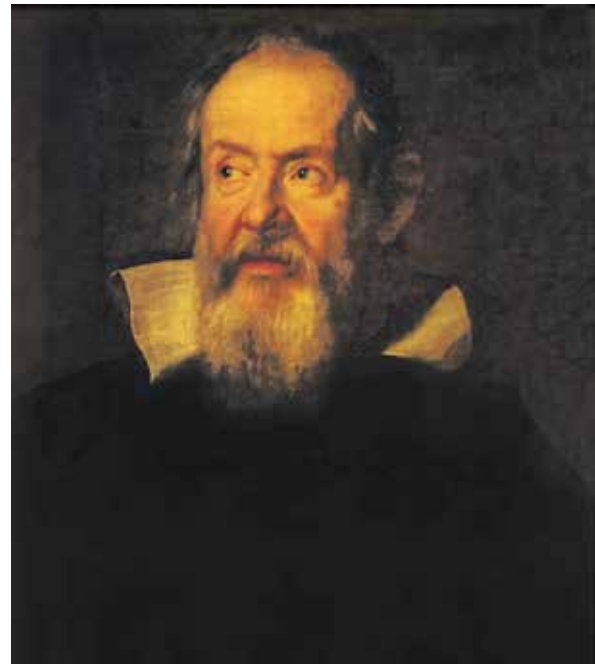


Figura 5 A – EVANGELISTA TORRICELLI
Galleria Silvano Lodi & Due, Milano,
olio su tela (47,7 x 36 cm),
Lorenzo Lippi, 1647 circa [11].

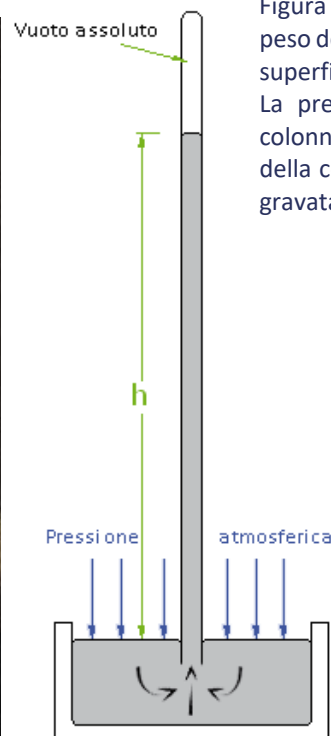


Figura 5 B – PRESSIONE ATMOSFERICA:
peso della colonna d'aria per un'unità di
superficie.

La pressione dell'aria alla base della
colonna di mercurio bilancia il peso
della colonna stessa che, in alto, non è
gravata dall'aria.

Per comprendere il grande movimento suscitato dall'esperienza torricelliana è necessario ricordare che alla fine del XV secolo aveva avuto inizio il grandioso fenomeno della socializzazione del sapere, determinato da un vivo desiderio di cooperazione e sollecitato dall'esempio delle Accademie Letterarie.

Già nel 1560 Giovanni Battista Della Porta aveva creato una associazione chiamata *Accademia Secretorum Naturae* e nel 1603 era sorta a Roma per iniziativa del principe Federico Cesi, Fig. 6, fautore del progresso delle scienze fisiche matematiche e naturali, la prima vera società scientifica che prese il nome di *Accademia dei Lincei*.

Mentre la prima svolgeva attività piuttosto misteriose, tanto da essere sospettata di volere alimentare le allora diffusissime pratiche di stregoneria, l'altra riuniva un gruppo di uomini illustri, che si proponevano di scrutare la natura con occhio più acuto di quello della lince.

A Firenze, nel 1642, il Granduca Ferdinando II de' Medici, Fig. 7, spinto dal suo interesse per la nascente scienza sperimentale fonda la Sperimentale Accademia Medicea e fa realizzare, nel giro di pochi anni, gli strumenti fondamentali per la meteorologia.



Figura 6 – FEDERICO ANGELO CESI
Palazzo Corsini,
Accademia Nazionale dei Lincei, Roma,
Pietro Fachetti (1535/9 - 1613) [12].



Figura 7 – FERDINANDO II DE' MEDICI.
Casa d'aste Bassenge,
olio su tela (90 x 74 cm), di anonimo nello
stile Justus Sustermans (1597 - 1681) [108].



Figura 8 – PLUVIOMETRO COREANO [107]. L'uso
dei pluviometri iniziò nel XV secolo, probabilmente
come ausilio nella coltivazione del riso. A partire
dal 1441, durante il regno di re Sejong, fu realizzata
una rete di pluviometri che fu usata senza
cambiamenti fino al 1907.

Fra le grandezze meteorologiche più "precocemente" misurate, in tutto il mondo, c'è sicuramente la precipitazione piovosa. Sono documentate realizzazioni di pluviometri in India (IV secolo a. C.), Palestina (II secolo a. C.), Cina (XIII secolo), Corea (XV secolo) (Fig.8).

In Europa, lo studio scientifico delle piogge inizia nel Seicento a opera di Padre Benedetto Castelli (1578 - 1643), discepolo di G. Galilei e, all'epoca, massimo studioso italiano di idraulica a cui nel 1623 Ferdinando II aveva dato l'incarico di *Sovrintendente al drenaggio generale in Toscana*. Per i suoi meriti nel 1625 ricevette da papa Urbano VIII l'incarico di studiare il drenaggio nelle zone comprese fra il Po e il Reno. Il risultato dei suoi studi è condensato nell'opera *Della misura dell'acque correnti* (1628).



In questo contesto B. Castelli, per studiare le oscillazioni di livello del lago Trasimeno, concepisce l'idea di un dispositivo per la misura della quantità di precipitato durante un evento di pioggia. È così che nel 1639 vede la luce il pluviometro. Si trattava di un semplice contenitore graduato con cui si misurava la quantità d'acqua raccolta in un determinato intervallo di tempo e la sperimentazione del quale fu oggetto di un intenso scambio di opinioni con Galileo Galilei, Fig. 9. Strumenti di questo tipo ma con la "bocca" a imbuto sono tutt'oggi utilizzati.

Figura 9 – Schema del PLUVIOMETRO TOTALIZZATORE di Benedetto Castelli (1639), da lui chiamato *orinale*. Rielaborazione da [15].

In un dato intervallo di tempo si misurava la variazione di altezza del livello dell'acqua in un contenitore cilindrico di vetro alto circa un palmo (24 cm) e mezzo palmo di diametro. Questa variazione indicava l'altezza della lama d'acqua precipitata al suolo in quell'intervallo di tempo.

Nel 1641 la messa a punto del termometro ad *acquarzente* (alcol di vino), con canna e bulbo chiusi, conclude alcuni decenni di esperienze con termoscopi¹ a partire da quelli di Galileo Galilei del 1597 (Fig. 10 A).

Nel 1646 lo strumento per la misura della temperatura assunse la forma definitiva, dando luogo a un tipo di termometro riprodotto per almeno un secolo in numerosissimi esemplari, quasi tutti a scala cinquantigrada, che si diffusero nell'intera Europa, conservando a lungo il nome di termometri fiorentini, Fig. 10 B.



Figura 10 A – TERMOSCOPIO di Galileo Galilei.

Lo strumento è una palla di vetro con un lungo collo immerso in un vaso pieno d'acqua. Riscaldando la palla, l'aria in essa contenuta si dilata e, in parte, "bollendo" fuoriesce dal vaso. Quando la palla si raffredda l'aria in essa contenuta si contrae creando una depressione che fa risalire acqua nel tubo, tanto più quanto più grande è la differenza di temperatura a cui è stata sottoposta la palla.

Riproduzione su concessione del Museo Galileo,
Firenze – Archivio Fotografico.



Figura 10 B – TERMOMETRI FIORENTINI AD ALCOL.

Il primo e il secondo sono da sospendere e hanno nell'ordine, 100 e 50 divisioni. Il terzo e il quarto sono da appoggiare, la scala del terzo è di 300 divisioni, quella del quarto non è indicata. Si noti che le scale termometriche del XVII secolo non hanno nessuna corrispondenza con le scale attuali (vedi Tavola 1).

Tratto da *Saggi di Naturali Esperienze*.

¹ Ai primordi gli strumenti, non essendo in grado di indicare un "valore", avevano il suffisso *scopio* (dal greco *skópion* osservare); quindi il termoscopio si limitava a mostrare le variazioni di temperatura senza quantificarle, come farà invece il termometro. Analogamente avremo l'igroscopio, l'anemoscopio ecc. che poi, nel tempo, evolveranno in igrometro, anemometro ecc. In altre parole il suffisso *metro* verrà riservato agli strumenti che indicano la misura della grandezza; abbiamo già visto il pluviometro di B. Castelli.



TAVOLA 1

SCALE TERMOMETRICHE NEL TEMPO

La taratura dei termometri fiorentini centigradi si faceva assegnando 20 gradi alla neve fondente e 80 gradi all'aria nei giorni più caldi e, nell'ordine, 13,5 gradi e 40 gradi nei termometri cinquantigradi. Il termometro fiorentino evidenzia l'arbitrarietà, nella scelta dei valori da attribuire ai punti fissi nella scala termometrica, che nel tempo ha portato a differenti definizioni di unità di misura della temperatura. Comparando la scala fiorentina (°FI) del termometro cinquantigrado con la scala attualmente in uso in Europa, la scala Celsius (°C), vediamo che:

neve fondente 13,5 °FI = 0 °C;

giorno più caldo circa 40 °FI, che sono compresi tra 36,96 °C e 38,16 °C;

valori che pongono lo 0 °FI fra -18,83 °C e -19,44 °C.

Dalla prima metà del Settecento vengono proposte nuove scale termometriche, le quali prendono tutte in considerazione il punto di congelamento (= ghiaccio fondente) dell'acqua distillata e il suo punto di ebollizione, alla pressione atmosferica standard. Con queste scale si definiscono "negative" le temperature sotto al valore "zero", anteponendo al valore numerico il segno – (meno):

- **1724**, il medico tedesco G. Fahrenheit come punti fissi considerò la temperatura di una miscela di ghiaccio - sale e la temperatura del sangue dell'uomo sano, e divise l'intervallo risultante in 180 gradi. Successivamente constatò che con il suo termometro la temperatura di fusione del ghiaccio era di 32 gradi e quella di ebollizione dell'acqua di 212 gradi. Di fatto questi diventarono i due punti fissi e la centottantesima parte di questo intervallo prese il nome di grado Fahrenheit (°F). Le stesse divisioni furono riportate sotto a 32 °F, anche oltre lo 0 °F, e sopra a 212 °F.
- **1732**, il fisico francese A. R. Réaumur attribuì valore di temperatura 0 al ghiaccio fondente e valore 80 al punto di ebollizione dell'acqua, ciò in conseguenza della constatazione che nei suoi termometri il volume dell'alcol pari a 1000 nel ghiaccio fondente, diventava 1080 nell'acqua in ebollizione. L'intervallo fra questi due punti venne diviso in 80 parti uguali e ogni parte prese il nome di grado Réaumur (°R), le stesse divisioni furono riportate sotto a 0 °R e sopra a 80 °R.
- **1742**, l'astronomo svedese A. Celsius attribuì valore di temperatura 100 al ghiaccio fondente e valore 0 al punto di ebollizione dell'acqua. L'intervallo fra questi due punti venne diviso in 100 parti uguali e ogni parte prese il nome di grado Celsius (°C). L'inversione della scala, quale oggi usiamo, fu fatta nel 1743 da M. Strömer, collega di Celsius. Per questa divisione fra i "valori estremi dell'acqua" la scala Celsius - Strömer venne definita centigrada. Gli stessi gradi furono utilizzati sotto a 0 °C e sopra a 100 °C.
- **1847**, il fisico irlandese W. Thomson (Lord Kelvin) attribuì valore di 273,15 alla temperatura del ghiaccio fondente e valore di 373,15 alla temperatura del punto di ebollizione dell'acqua. L'intervallo indicato (coincidente con l'intervallo stabilito da Celsius) venne diviso in 100 parti uguali (scala centigrada) ogni parte prese il nome di grado Kelvin (°K). Gli stessi gradi vennero utilizzati al di sotto di 273,15 °K e al di sopra di 373,15 °K. Lo zero di questa scala coincide con lo *zero assoluto*, che, per la legge dei gas perfetti, è il valore di temperatura cui si tende quando si raffredda una qualunque quantità di gas, a pressione costante, fino ad annullarne il volume. La scala viene chiamata anche *scala assoluta* o delle *temperature assolute*, in quanto non sono previsti valori negativi.
- **1954**, la X Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) stabilì che: le temperature si misurano secondo la scala assoluta e l'unità di misura è il grado Kelvin (°K). Si stabilisce inoltre che il punto di congelamento dell'acqua distillata (nelle condizioni di purezza e di pressione stabilite) è a 273,16 °K (ovvero lo zero assoluto viene spostato da -273,15 °C a -273,16 °C). In base a questo vengono desunti i punti di fusione e di ebollizione di molti altri elementi e di svariate sostanze: Scala Internazionale delle Temperature.
- **1967**, la XIII CGPM confermò la definizione data nel 1954 e accettata nel 1960 nell'XI CGPM che istituì il Sistema Internazionale, ma modificò il nome dell'unità da grado Kelvin (°K) a kelvin (K).



Nel 1654 il Granduca Ferdinando, proprio per coordinare tutti questi studi e tutte queste realizzazioni, inaugura il primo Servizio Meteorologico al mondo con la collaborazione del gesuita Luigi Antinori il quale fu incaricato di organizzare il Servizio che rimase attivo per circa dieci anni ma, in alcune stazioni di misura, i rilevamenti continuarono ancora per qualche anno. A ogni *gestore corrispondente* furono consegnati: due termometri fiorentini, a scala cinquantigrada, in modo tale che tutti utilizzassero strumenti dello stesso tipo, tutti tarati in modo che se *circondati*

dallo stesso ambiente camminassero sempre del pari, delle tabelle e un *diario osservativo* in modo tale che la rilevazione dei dati fosse la più omogenea possibile. I siti da cui la corte granducale riceveva i dati meteorologici, finalizzati a rilevare *a quanti gradi ascenda il massimo caldo e il massimo freddo dell'aria in diverse regioni*, erano: Firenze nel Convento di Santa Maria degli Angeli, Vallombrosa (Firenze), Cutigliano (Pistoia), Milano, Bologna, Parma, Pisa, Parigi (Francia), Varsavia (Polonia), Innsbruck (Austria).

Nel 1652 veniva fondata a Schweinfurt (oggi nel *land* della Baviera) da J. Bausch e da altri studiosi, l'*Accademia Naturae Curiosorum*, oggi *Deutsche Akademie der Wissenschaften* con sede ad Halle (Alta Sassonia, Germania).

Nel 1657 a Firenze, Leopoldo di Toscana, Fig. 11, fratello di Ferdinando II de' Medici, costituiva una nuova società scientifica con il nome di *Accademia Fiorentina del Cimento* che con il suo simbolo Fig. 12, formato da un *fornello con tre crogiuoli*, e con il suo motto *provando e riprovando*, voleva sottolineare che il suo scopo primario era lo sviluppo e la diffusione, nel campo delle scienze naturali, della metodologia sperimentale galileiana.



Figura 11 - LEOPOLDO DE' MEDICI
Eletto cardinale nel 1667
(tratto da *Saggi di Naturali Esperienze*).



Figura 12 - Frontespizio dei SAGGI DI
NATURALI ESPERIENZE,
stampa del 1667.

Una delle maggiori opere prodotte dal Cimento fu il volume *Saggi di Naturali Esperienze*² (1667); oggetto di questa straordinaria attività di ricerca sperimentale fu l'aria atmosferica e gli strumenti maggiormente utilizzati, studiati e descritti, furono quelli meteorologici. I *Saggi* proponevano una scelta delle esperienze accademiche *per conoscere le alterazioni dell'aria derivanti dal caldo e dal freddo*, sulla *natural pressione dell'aria* e sul vuoto, sugli *artificiali agghiacciamenti*, sulla incompressibilità dei liquidi, sulle calamite e sulle *virtù elettriche dell'ambra*, sulla propagazione del suono e della luce, oltre a un'ampia serie di altri fenomeni naturali. Il volume ospitava solo una piccolissima porzione delle ricerche del Cimento, rispetto alle molte centinaia di esperienze registrate nei *Diari* manoscritti dell'Accademia.

Per timore di suscitare le reazioni delle autorità ecclesiastiche, dai *Saggi* furono escluse le riflessioni sulla vera configurazione di Saturno, un tema delicato perché gravido di implicazioni copernicane. La pubblicazione di questo elegante volume sontuosamente illustrato, segnò la fine dell'attività dell'Accademia del Cimento (5 marzo 1667) per varie cause: acri discordie interne, partenza da Firenze di alcuni dei soci più attivi e autorevoli, assenza del suo capo e guida, il Principe Leopoldo eletto Cardinale.

Per risolvere alcuni problemi dei termometri ad alcol di vino, evidenziati dagli accademici, nel 1688 l'astronomo Edmond Halley per primo utilizzò il mercurio come liquido termometrico. Esso infatti si dilata più facilmente e si raffredda più rapidamente, inoltre difficilmente solidifica anche se posto a temperature ambientali molto basse.

Nel 1663 veniva fondata in Inghilterra, da un gruppo di scienziati, a somiglianza del Cimento, su impulso iniziale di Robert Boyle la *The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge*. L'Accademia si poneva il fine di

² Provando e Riprovando prende spunto dal metodo sperimentale galileiano che a sua volta aveva preso ispirazione dai dettami aristotelici. Il motto del Cimento non ha nulla a che vedere con il *provando e riprovando* della prima terzina del Paradiso dantesco dove vale *approvando e disapprovando*.

promuovere la scienza matematico-sperimentale seguendo l'insegnamento di Francesco Bacone. L'istituzione è ancora attiva a Londra.

Nel 1666 Jean-Baptiste Colbert fondava, a Parigi, l'*Académie des Sciences*, per sviluppare sia la ricerca teorica sia l'avanzamento delle arti e dei mestieri. A differenza della *Royal Society* l'*Académie*, per i finanziamenti e per l'organizzazione, dipendeva dalla Corona. L'istituzione è ancora attiva a Parigi.

Nel 1700 su progetto di Gottfried Wilhelm Leibniz, nacque a Berlino la *Kurfürstlich-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften*, sostenuta dal principe elettore Federico III di Brandeburgo. Non appena Federico fu incoronato re di Prussia, nel 1701 con il nome di Federico I, l'Accademia cambiò nome in *Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften*. Nel 1740 salì al trono di Federico II che nel 1746 chiamò a dirigere l'Accademia Pierre-Louis Moreau de Maupertuis e l'Accademia prese il nome di *Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften*; oggi *Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften*.

Negli anni centrali del Seicento, in piena Rivoluzione Scientifica, il dibattito sul vuoto e sulla pressione atmosferica rappresentò un punto fondamentale sulla costituzione della materia e sulla natura dell'Universo. Si cimentarono su questi concetti molti studiosi, da Galileo Galilei a Isaac Newton (1642 - 1727).

L'analisi e la verifica sperimentale del vuoto impegnarono fortemente gli accademici del Cimento che, oltre a replicare in vari modi l'esperienza torricelliana, analizzarono il comportamento di vari oggetti e animali vivi (almeno per un po') "sotto vuoto". Evangelista Torricelli chiarì, per primo, che i fenomeni ascrivibili all'*horror vacui* della natura erano da attribuire al peso dell'aria ovvero alla sua pressione. Per dimostrare ciò nel 1644 propose all'amico Vincenzo Viviani di eseguire un esperimento con il quale si dimostrava che la colonna di mercurio contenuto in un tubo di vetro, di circa 100 cm, chiuso a una estremità, quando veniva capovolta in una vaschetta contenente mercurio non scendeva completamente nella vaschetta, ma rimaneva, dall'estremità aperta, a una altezza di circa 76 cm, lasciando sopra di sé un ambiente privo di aria e quindi "vuoto". Torricelli attribuiva correttamente il fenomeno agli effetti della pressione atmosferica che agiva sul mercurio della vaschetta ma non su quello della colonna sulla quale era presente il vuoto. In altre parole la pressione dell'aria, agente sulla vaschetta, si propagava alla base della colonna di mercurio, nel tubo, bilanciandone il peso. Gli esperimenti compiuti successivamente in tutta Europa permisero di stabilire che il livello della colonna di mercurio variava in relazione alle modificazioni della pressione atmosferica conseguente alle variazioni altimetriche. Ma anche rimanendo a una stessa quota la pressione, durante il giorno, variava sia pure in modo minore (inventore tedesco Otto von Guericke, 1602 - 1686). Ci si accorse inoltre che i rapidi abbassamenti di pressione precedevano l'arrivo di "tempo brutto"; ciò indusse a mettere a punto un nuovo strumento, il barometro (dal greco *báros*, peso e *métron*, misura), che fu presto impiegato, insieme ad altri strumenti, per le previsioni meteorologiche. Il barometro subì, nel tempo, numerose correzioni che ne migliorarono la sensibilità, ne agevolarono la lettura, e lo resero facilmente trasportabile.

Una interessante modifica si ebbe, sul finire del secolo XVIII, a opera dell'ingegnere francese Jean Nicolas Fortin, il quale per ovviare alle imprecisioni nelle letture barometriche, a causa delle variazioni di livello del mercurio nella vaschetta al variare della altezza nella canna di vetro, rese regolabile la vaschetta stessa applicandovi un dispositivo a vite che consentiva di variarne il volume per portare il livello del mercurio a un punto fisso di riferimento Figura 13.

A partire dal XIX secolo il barometro divenne comunissimo, sia nelle case borghesi sia nelle pubbliche piazze, per "prevedere" il tempo.

Intorno al 1850 si imposero su scala internazionale i barometri aneroidi (dal greco *a-* senza *néros* liquido), compatti, solidi e facilmente trasportabili. In questi strumenti la parte sensibile alla pressione è una capsula metallica cilindrica con le basi ondulate per aumentarne l'ampiezza di deformazione. Dalla capsula viene tolta tutta l'aria, in modo che sotto l'azione della pressione atmosferica si schiaccerebbe se una molla antagonista, o l'elasticità stessa delle pareti, non imponesse un equilibrio. La capsula si dilata o si contrae in conseguenza dei cambiamenti della pressione esterna. I movimenti della capsula sono trasmessi meccanicamente o a una lancetta, che indica su una scala la pressione, o a un dispositivo scrivente che ne traccia l'andamento temporale. Impilando più capsule si possono amplificare gli spostamenti, Fig. 14.

Barometri di questo tipo erano già stati proposti nel Settecento, ma il barometro aneroidale, nella forma ancora oggi utilizzata, fu messo a punto dal francese Lucien Vidi negli anni quaranta dell'Ottocento.

Anche se i barometri sono stati utilizzati fin dal 1670, è solo dal 1860 circa che, grazie al famoso ammiraglio inglese Robert Fitzroy, ex comandante della nave Beagle utilizzata per le esplorazioni di Darwin, abbiamo previsioni del tempo dettagliate sulla base di informazioni barometriche. Fitzroy è stato il primo a diffondere in tutto il mondo le previsioni meteorologiche, su piccola scala e a breve termine, spiegando in dettaglio quale significato attribuire alle variazioni di pressione dell'aria.

Gli strumenti di misura progettati e realizzati fino alla seconda metà del '700 erano idonei per letture dirette e misure estemporanee. Ben presto però si fece strada l'idea di trasformare i dispositivi per misure meteorologiche da semplici strumenti indicatori in strumenti registratori, ovvero in apparati capaci di memorizzare almeno alcuni valori misurati. Fra i primi strumenti registratori ricordiamo i termometri di massima e di minima ideati e realizzati dal chimico e fisico inglese Lord Charles Cavendish (1704 - 1783) e perfezionati dal figlio Henry (1731 - 1810) Fig. 15.

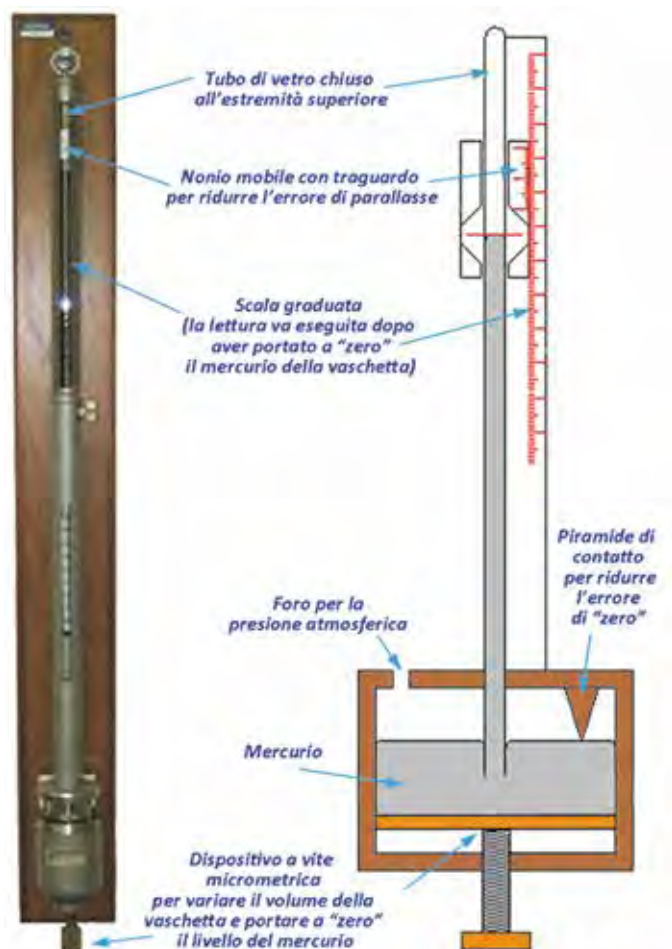


Figura 13 - A sinistra BAROMETRO FORTIN, a destra il principio di funzionamento (vedi testo). Foto e disegno di Gianni Fasano.



Figura 14 - In basso un moderno BAROMETRO A CAPSULA ANEROIDE (visibile al centro), collegata a una lancetta. In alto un barografo del 1930 in cui sono ben evidenziati il dispositivo aneroido, formato da più capsule, e il sistema di trasmissione dei movimenti collegato a un pennino scrivente. I due strumenti sono tutt'ora in uso. Foto di Gianni Fasano

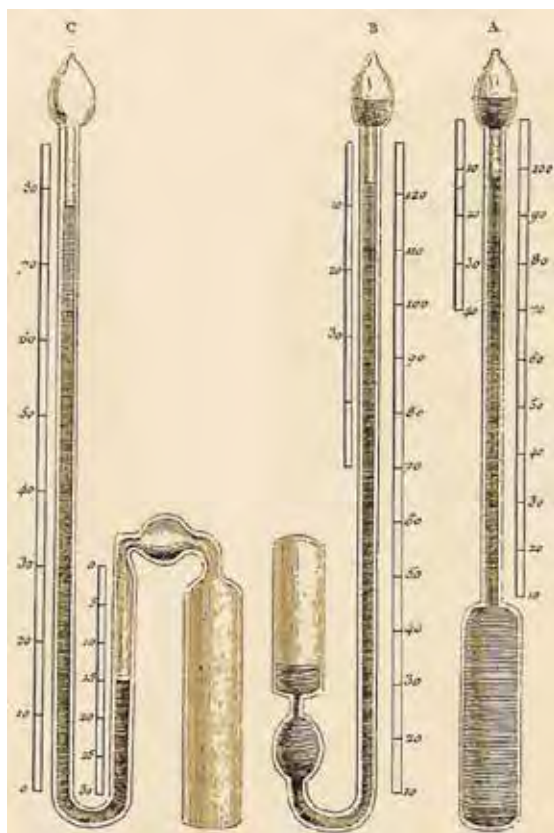


Figura 15 - TERMOMETRI REGISTRATORI di Cavendish da [5]
 A - Termometro di massima a mercurio (in figura la zona scura). La parte superiore del tubo verticale terminava, con una "strozzatura", dentro una bolla contenente del mercurio sopra il quale galleggiava un po' di alcol (in figura la zona chiara). Quando il mercurio saliva lungo il tubo per effetto di un aumento della temperatura, una parte dell'alcol veniva spinta dentro la bolla sopra al mercurio, in essa contenuto, che ne impediva il ritorno nel tubo. Due scale graduate erano poste accanto al tubo: la prima per tutta la sua lunghezza su cui il menisco del mercurio indicava la temperatura del momento; una seconda era limitata alla zona del tubo in cui si trovava l'alcol. Dopo aver raggiunto una temperatura massima, col ritirarsi del mercurio la colonna di alcol presente sul suo menisco era ridotta della quantità di alcol rimasto dentro la bolla. In qualsiasi momento, l'altezza del mercurio, misurata sulla prima scala, più l'altezza della colonna di alcol rimasto, misurata sulla seconda, indicava la massima temperatura raggiunta. Il termometro veniva ripristinato inclinandolo per far tornare tutto l'alcol dalla bolla nel tubo.
 B - Per alleggerire il precedente termometro, che richiedeva molto mercurio, Cavendish lo modificò come in figura B, dove una gran parte del mercurio fu sostituita da alcol a cui veniva impedito di risalire sul mercurio con una piegatura a U del tubo e "strozzando" il capillare. Vari studiosi dell'epoca contestarono l'uso di due materiali come liquido termometrico poiché ciò, a loro dire, riduceva la precisione dello strumento. (Continua nella pag. seg.)

C - Termometro di minima, il liquido termometrico era costituito da alcol contenuto in un cilindro di vetro (in figura la zona chiara). Questo serbatoio dopo un ingrossamento e una successiva strozzatura proseguiva con una piegatura ad U nella quale per un certo tratto era inserito del mercurio; il tubo terminava con una bolla. Due scale graduate erano poste accanto al tubo: la prima per tutta la sua lunghezza su cui il menisco del mercurio indicava la temperatura del momento; una seconda era limitata alla zona del tubo in cui si trovava l'alcol. A causa della contrazione dell'alcol il mercurio scendeva lungo il tubo e, attraverso la strozzatura, entrava nella parte inferiore del rigonfiamento rimanendovi anche quando il mercurio risaliva entro il tubo per effetto della dilatazione dell'alcol. La seconda scala indicava la quantità di mercurio rimasto nella bolla, ovvero la temperatura minima alla quale era stato sottoposto lo strumento. Il termometro veniva ripristinato inclinandolo per far tornare tutto il mercurio dal rigonfiamento nel tubo.

Nel 1798 il fisico scozzese Alexander Keith realizzò un altro tipo di termometro che in un primo momento era in grado di registrare soltanto i due valori estremi, Fig. 16; solo in seguito si poté ottenere la registrazione di un tracciato ininterrotto il cui andamento temporale rappresentava l'andamento temporale della temperatura. Successivamente a questo strumento Keith ideò anche un barometro registratore dei valori di pressione minima e massima.

L'importanza di questi strumenti meteorologici registratori³ fu formidabile poiché, con il loro funzionamento meccanico, permisero di rilevare ininterrottamente l'andamento giornaliero delle principali grandezze atmosferiche, consentendo così studi secondo la moderna meteorologia e dando inizio alla climatologia.

Fra i vari strumenti realizzati da Felice Fontana chimico e fisico (1730 - 1805), spicca un barometrografo che registrava con continuità i valori della pressione, Fig. 17. Al Fontana si deve anche uno strumento meteorologico multiparametrico che raggruppava: un piccolo barometro, due termometri, un igrometro e una *bussola dei venti* ad ago magnetico. Fra le molteplici attività di F. Fontana c'è stata anche quella di direttore del Museo di Fisica e Storia Naturale voluto dal Granduca Pietro Leopoldo e fondato nel 1775 a Firenze.

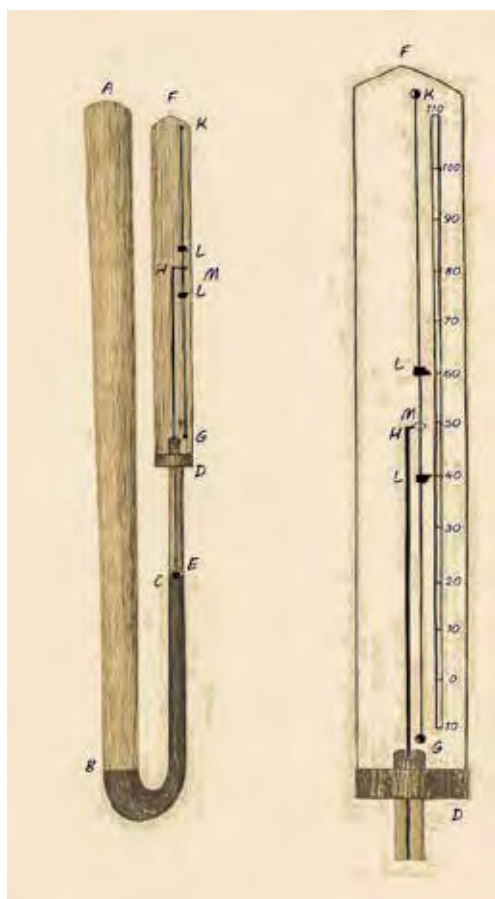


Figura 16 - TERMOMETRO DI MASSIMO E MINIMO di Alexander Keith (vedi testo). Rielaborazione da [1] [5].



Figura 17 - BAROMETROGRAFO di Felice Fontana (vedi testo). Attualmente esposto nel Museo Galileo, Firenze, che ha concesso la riproduzione.

³ Con l'inizio della registrazione dei dati la nomenclatura degli strumenti cambiò nuovamente (vedi nota 1): quelli a lettura diretta mantennero il suffisso *metro* (es. termometro), quelli che registravano i dati in forma di grafico presero il suffisso *grafo* (es. termografo). Da allora si cominciò a usare il termine *meteorografo* per indicare uno strumento meteorologico scrivente senza precisare le grandezze rilevate, in particolare se queste erano più di una. La registrazione in cui l'andamento del grafico si evolveva sul supporto di scrittura in analogia all'andamento nel tempo della grandezza rilevata prese il nome di registrazione analogica.

Il TERMOMETRO DI MASSIMO E MINIMO, di A. Keith Fig. 16, utilizza come fluido termometrico l'alcol. A sinistra della figura 16, lo strumento completo, a destra il particolare, ingrandito, della scala termometrica. Il tratto A B è un tubo di vetro chiuso alla sommità e collegato, sotto, a un tubo, B D, aperto in alto, dove è vincolato un supporto metallico D che sostiene la scala termometrica (in avorio). Da A a B il tubo è riempito con alcol, da B a C con mercurio. In C'è posizionato un cono di avorio, o di vetro, galleggiante sulla superficie del mercurio supportante il filo rigido E H piegato ad angolo retto in H, dove termina con un occhio M, che circonda il sottile filo d'oro G K, preposto a muovere i due indici di seta nera, oliata, L L che possono scorrere lungo G K. Per predisporre lo strumento a una nuova misurazione è necessario sfilare il tubo in vetro F D di protezione della scala termometrica e posizionare i due indici L L a contatto con M e riposizionare la protezione F D. All'aumentare della temperatura, con la dilatazione dell'alcol, il mercurio spingerà verso l'alto il galleggiante E e, tramite il filo E H, l'occhio M spingerà verso l'alto l'indice L superiore. Se la temperatura si abbassa L superiore rimarrà nella posizione raggiunta, mentre con la contrazione dell'alcol, il mercurio si ritirerà abbassando E e con esso il filo EH che tramite M spingerà verso il basso l'indice L inferiore. In qualsiasi momento nell'intervallo di tempo considerato, si potrà leggere la temperatura in quel momento indicata da M e le temperature massime e minime raggiunte nell'intervallo indicate da L e L.

Il BAROMETROGRAFO di F. Fontana, Fig. 17, fu costruito a Firenze nel Museo di Fisica e Storia Naturale. Un tubo barometrico a sifone in ferro e vetro è montato su una base di marmo. Un galleggiante che penetra nel braccio più corto del sifone è collegato a un bilanciere di ottone munito di contrappesi e montato su ruote antifrizione. Sul bilanciere, che reca la scala barometrica in pollici parigini⁴, è tesa una striscia di carta. Un orologio, fissato mediante un supporto alla base di marmo, è collocato sopra il bilanciere. Il meccanismo a orologeria, a intervalli di tempi regolari, provoca la fuoriuscita di una punta metallica che fora il nastro di carta. Il movimento trasversale con il quale è mossa la punta, impedisce che essa perfori lo stesso punto, anche in assenza di cambiamenti di pressione. La serie delle perforazioni fornisce così la registrazione delle variazioni di pressione nel tempo.

È del 1860 il barografo aerometrico a bilancia realizzato da padre Filippo Cecchi, Fig. 18, che fu direttore dell'Osservatorio Ximeniano, di Firenze, dal 1872 al 1887.



Figura 18 - GRANDE BAROMETRO PUBBLICO. Fu progettato da Filippo Cecchi in collaborazione con Giovanni Antonelli e costruito, a Firenze nel 1860, dal meccanico Niccolò Masini. Per volontà del Ministro nazionale dell'educazione, Cosimo Ridolfi, il barometro fu collocato nella Loggia dei Lanzi in Piazza della Signoria. Lo strumento è del tipo a bilancia: ciò che viene rilevato non è il livello del mercurio, ma il suo "peso". Infatti il tubo barometrico con un manicotto è appeso ad un bilanciere munito di contrappeso. Le variazioni di pressione influiscono sul livello del mercurio nel tubo e le conseguenti variazioni di peso modificano la posizione del bilanciere che è collegato meccanicamente a una lancetta indicatrice. Lo strumento, che era accompagnato da un grande termometro metallico (oggi scomparso), cessò di funzionare come barometro pubblico intorno al 1930. Il vano che conserva il meccanismo fu murato. Esso fu casualmente ritrovato nel 1993. Il quadrante in vetro è un rifacimento moderno. Lo strumento (dimensioni 117 cm x 232 cm) è attualmente esposto nella sala XI del Museo Galileo, Firenze. Riproduzione su concessione del Museo Galileo, Firenze.

⁴ Un pollice parigino = 1/12 di piede parigino = 27,07 mm

Lunga e complessa è anche la storia degli strumenti misuratori della quantità di vapore acqueo presente nell'atmosfera. I primi realizzati sfruttavano le proprietà di sostanze igroscopiche che assorbono e rilasciano l'acqua presente nell'aria con alterazioni delle loro dimensioni e del loro peso.

Intorno al 1430, Niccolò Cusano propose di misurare l'umidità dell'aria mediante la variazione di peso di una balla di lana. Intorno al 1500 Leonardo da Vinci costruì un igroscopio a bilancia col quale si confrontava il peso di un materiale igroscopico (per esempio bambagia) con quello di uno non igroscopico (per esempio cera) di ugual peso in condizioni di aria anidra, ma di peso diverso in condizioni di aria umida. Nel 1664 Francesco Folli propose un proprio modello, basato sulle capacità igroscopiche della corda o della carta, Fig. 19.



Figura 19 - IGROMETRO di Francesco Folli.

È un'asta di legno reca alle estremità due piccoli rulli sui quali si avvolgono i capi di un nastro di carta che funge da sostanza igroscopica. Al centro dell'asta, su un supporto, è fissato un disco di ottone decorato e munito di scala graduata. Al centro di questo quadrante è imperniata una lancetta, che, con un semplice sistema meccanico, indica le variazioni di lunghezza della carta provocate dalle variazioni dell'umidità atmosferica. Lo strumento (dimensioni 71 cm x 24 cm). Attualmente esposto nel Museo Galileo, Firenze, che ha concesso la riproduzione.



Nel 1780 Horace de Saussure costruì l'igrometro a capello, Fig. 20, che, sia pure in forme diverse, è ancora utilizzato.

Nell'Ottocento ebbero larga fortuna gli igrometri a condensazione che funzionavano sulla base della relazione tra la temperatura di rugiada⁵ e l'umidità atmosferica. Il primo strumento di questo tipo, di fatto un igroscopio, fu ideato dal Granduca Ferdinando II de' Medici a metà Seicento, Fig. 21.

Figura 20 - IGROMETRO di Horace-Bénédict de Saussure. È formato da un telaio di ottone sul quale è teso un fascio di capelli (in origine avrebbe dovuto essere uno solo), trattenuto da una piccola ganascia e passante su una puleggia munita di lancetta. Un contrappeso, collegato alla puleggia, mantiene il fascio in tensione. I capelli, che fungono da sostanza igroscopica, variano di lunghezza a seconda dello stato igrometrico dell'aria. Le variazioni possono essere lette su una scala argentata semicircolare posta in corrispondenza della lancetta. Attualmente esposto nel Museo Galileo, Firenze, che ha concesso la riproduzione.

⁵ La temperatura di rugiada è la temperatura a cui bisogna raffreddare un volume d'aria, senza alterarne la pressione, per fare iniziare la condensazione del vapor d'acqua in esso contenuto.



Egli è vn tronco di cono formato di sughero, per di dentro voto, e impeciato, e per di fuori foppannato di latta. Dalla parte piu stretta va inferito in vna come lampada di cristallo, prodotta ancor' essa a foggia di cono, con punta allai aguzza, e ferrata. Preparato in questa forma lo strumento, e collocato sul suo sostegno, s'incomincia ad empier per di sopra di neve, o di ghiaccio minutissimamente tritato, l'acqua del quale auera' l' suo feolo per vn canaletto fatto nella parte piu alta del cristallo, com' apparisce nella figura. Quiui adunque il sottilissimo vmido, che è per l'aria, inuiscchiandosi a poco a poco al freddo del vetro, prima a modo di sottil panno lo vela, indi per l' auuenimento di nouo vmido, in piu grosse goccioline rannassato fluisce, e giu per lo desso sfoggeuole del cristallo sdruciolando, a mano a mano distilla. Siaui per tanto vn bicchiere alto, a foggia di cilindro, spartito in gradi doue si riceua quell' acqua, che geme dallo strumento.

Ora euidentissima cosa è, che secondo che l'aria sarà piu, o meno incorporata d' vmido la virtù del freddo maggiore, o minor copia d'acqua ne distillerà, la quale in piu spesse, o in piu rade goccioline cadendo, penerà piu, o meno a riempire il luogo medesimo.

Figura 21 - IGROSCOPIO A RUGIADA di Ferdinando II de' Medici.

Rielaborazione da *Saggi di Naturali Esperienze* fatte dall'Accademia del Cimento.

L'ultimo periodo della descrizione, evidenziato in rosa, chiarisce che lo strumento non misura l'umidità dell'aria in un ambiente ma mostra se questo è più o meno umido di un altro (alla stessa temperatura); si tratta quindi di un igroscopio.

Fra gli strumenti a condensazione più utilizzati nell'Ottocento si ricorda quello ideato nel 1820 dal professore di chimica londinese John Frederic Daniell, inventore dell'omonima pila, Fig. 22, successivamente perfezionato dal chimico Henri Victor Régnauld nel 1845. Lo strumento dalla misura della temperatura dell'aria e della temperatura di rugiada, di questa, permette di risalire all'umidità relativa⁶ dell'ambiente: definita come rapporto fra la quantità di vapore presente nell'ambiente considerato e la quantità di vapore che vi potrebbe stare senza provocare la condensazione di parte del vapore.



Figura 22 - IGROMETRO A PUNTO DI RUGIADA di Daniell.

Per la descrizione vedi testo

Quella in figura è una realizzazione di fine Ottocento, attualmente esposta nel Museo dell'Innovazione e della Tecnica Industriale di Fermo (foto di Claudio Profumieri).

⁶ Si osservi che gli studiosi, dal Seicento alla fine del Settecento, parlavano *tout court* di umidità dell'aria o dell'atmosfera senza distinguere i termini in cui questa viene oggi espressa, ovvero: umidità assoluta, relativa, rapporto di mescolanza, temperatura di rugiada, ecc. Tutti termini differenziabili solo in riferimento alle modalità di misura, ma riconducibili analiticamente l'uno all'altro. È solo dal XIX secolo che questa distinzione viene introdotta prima concettualmente e poi operativamente.

Lo strumento si compone di due bolle di vetro sottile situate all'estremità di un tubo di vetro piegato per due volte ad angolo retto. Le due sfere e il tubo sono completamente privi di aria. La bolla di sinistra ha una fascia dorata e contiene etere per circa 3/4 del suo volume in cui è immerso il bulbo di un termometro. La bolla a destra è ricoperta da una camicia di mussolina. Per la misura si procede nel modo seguente: si capovolge il tutto e si fa scorrere l'etere nella bolla dorata; poi dopo aver rimesso in posizione normale lo strumento, si bagna la mussolina con etere che, evaporando, raffredda la bolla di destra. A causa della differenza di temperatura tra le due bolle, l'etere contenuto in quella dorata evapora e va a condensarsi nella bolla più alta. Questo provoca un raffreddamento della bolla dorata. Si procede in tal modo fino a che compare un velo di rugiada sulla doratura, si legge ora il termometro della bolla dorata che indica la temperatura del punto di rugiada e il termometro esterno, al centro, che indica la temperatura dell'aria. Tramite le tabelle della tensione di vapore saturo si determina, infine, l'umidità relativa dell'ambiente.

Nel 1825 Ernst Ferdinand August, studioso tedesco, realizzò un igrometro utilizzando un termometro col bulbo asciutto e uno col bulbo costantemente inumidito da una garza bagnata; l'evaporazione dell'acqua provocava il raffreddamento del bulbo umido tanto più intensamente quanto minore era la quantità di vapore presente nell'aria; fenomeno ben noto fin dalla prima metà del Settecento. Conoscendo le due temperature è possibile, tramite una tabella igrometrica, determinare l'umidità relativa dell'aria. Allo strumento fu dato il nome di psicrometro (dal greco *psykhros*, freddo, e *métron*, misura) (Figura 23 A). La precisione con cui poteva essere valutata l'umidità relativa dell'aria era, sia per lo strumento in sé sia per la formula utilizzata nel calcolo, inadeguata.

Nel 1887 il fisico tedesco R. Assmann perfezionò lo strumento (Figura 23 B) ventilando, manualmente o con un piccolo ventilatore meccanico, i due termometri per favorire l'evaporazione dell'acqua e accelerare la stabilizzazione delle temperature. Questa innovazione e l'uso delle tavole psicrometriche (1886) di W. Ferrel, o del diagramma psicrometrico (1911) di W. H. Carrier hanno consentito misure di umidità relativa molto più precise.



Figura 23 A – PSICROMETRO di August.
A sinistra il termometro a *bulbo asciutto* a destra quello a *bulbo bagnato*. È ben visibile la garza, che con un estremo avvolge il bulbo termometrico mentre l'altro va inserito nel contenitore dell'acqua (al centro fra le scale termometriche) in modo da mantenere il bulbo sempre umido.
Lo strumento (dimensioni 44 cm x 11,6 cm) è attualmente esposto alla sala XIV del Museo Galileo, Firenze, (costruttore sconosciuto). Riproduzione su concessione del Museo Galileo, Firenze – Archivio Fotografico



Figura 23 B – PSICROMETRO ASPIRATO MECCANICAMENTE di Assmann.
In alto il coperchio è sfilato per mostrare gli ingranaggi e la chiavetta per caricare la molla. In basso sono sfilati i due cilindri che proteggono i bulbi termometrici, quello di destra, bulbo umido, è avvolto dalla garza bagnata. Lo strumento è ancora in uso. Foto di Gianni Fasano.

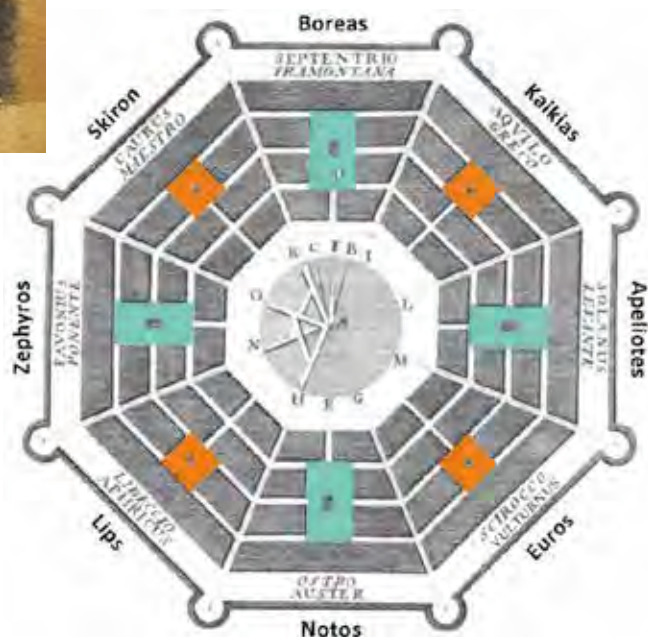
Del vento, cioè dello spostamento prevalentemente orizzontale dell'aria, si richiede la misura della velocità⁷ sia in termini di intensità (anemometro) sia di direzione e verso (banderuola o più correttamente gonioanemometro⁸). Il problema della misura del vento fu studiato fin dall'antichità. È celebre la *Torre dei Venti*, Fig. 24 e Fig. 25, costruita ad Atene fra il 100 e il 50 a.C. da Andronico di Cirro (Siria).



Figura 24 - TORRE DEI VENTI di Atene [16].

La torre era a base ottagonale (diametro circa 8 m, altezza circa 12 m) e aveva sul culmine del tetto una banderuola a forma di Tritone che è andata distrutta, ma nella figura è stata da noi aggiunta riprendendola da un libro del 1762. La banderuola indicava la direzione del vento e il suo nome, suggerito dalle personificazioni mitologiche dei venti (*ánemoi* in greco) rappresentate sulla sommità del perimetro esterno. Al di sotto del fregio otto *solaria* verticali indicavano l'ora del giorno in ogni stagione. Un orologio idraulico al suo interno era alimentato dall'acqua proveniente dalla sorgente *Clepsydra* situata sulle pendici nord della Acropoli.

Figura 25 – PIANTA DELLA TORRE DEI VENTI con gli otto venti fondamentali: fuori i nomi in greco degli *ánemoi*, dentro in latino (dritto maiuscolo) e in italiano (corsivo maiuscolo). Rielaborazione da ([6], Tav. II, fig. II).



⁷ La velocità (in inglese *velocity*) è una grandezza *vettoriale* ovvero è compiutamente definita quando di essa se ne conosca la direzione, il verso e l'intensità (detta anche modulo, in inglese *speed*); è comune, sia pure erroneamente, utilizzare la parola velocità per indicare l'intensità.

⁸ Per gli strumenti anemometrici utilizzati oggi si preferisce parlare di gonioanemometro, poiché come indicazione di *direzione* e *verso*, ovvero di *direzione di provenienza*, viene rilevato l'angolo misurato in senso orario a partire da nord preso come zero. Il termine *anemoscopio* viene usato o per indicare le banderuole più elementari (cioè che non misurano l'angolo di provenienza rispetto al nord) o per sistemi di indicazione grossolana ma ben visibile come la *manica a vento* negli aeroporti.

Una ampia descrizione della Torre dei Venti e della direzione prevalente di questi è data da Marco Vitruvio Pollione (80 a.C. circa - 15 a.C. circa) nel Libro I Capitolo VI del *De Architectura*.

Parlando del rilevamento dei venti possiamo tornare indietro nel tempo fino alla Grecia classica; cosa non possibile per gli altri parametri atmosferici poiché i Greci, come grandezze meteorologiche di uso pratico, consideravano solo la pioggia (che non misuravano) e il vento di cui rilevavano solo la direzione di provenienza e “descrivevano” l'intensità con una sorta di scala Beaufort (Tavola 2). Il motivo principale è evidente: pioggia e vento condizionavano la navigazione, le altre grandezze non avevano applicazioni pratiche.

Ignazio Danti (1536 - 1586) vescovo domenicano, matematico, astronomo e cosmografo, concepì un *Instrumento mostratore de' venti, costruito sul modello dell'antica Torre dei Venti*, il cui principio di funzionamento è schematizzato in Fig. 26.

Nel XVIII secolo furono realizzati diversi tipi di banderuole, fra queste si ricorda quella proposta da Christopher Wren (1632 - 1723), architetto, fisico e matematico inglese ideatore, come vedremo, di molti altri strumenti meteorologici.

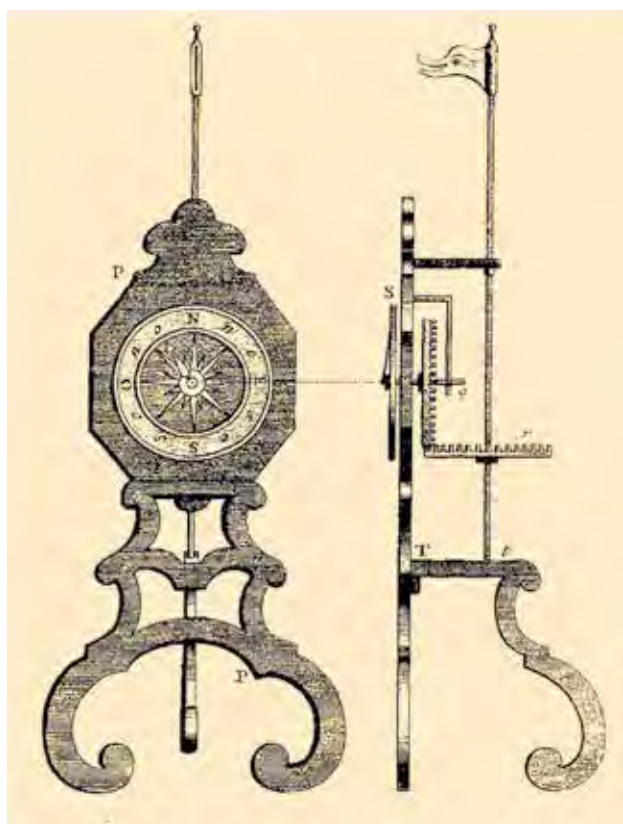


Figura 26 - ANEMOSCOPIO A BANDERUOLA del XVIII secolo (progetto realizzativo).

Il sostegno di legno, P, sul quale è montato l'anemoscopio, ha un quadrante ottagonale, p, con disegnata una rosa dei venti. Dietro al quadrante T è imperniata verticalmente un'asta, t, recante superiormente una banderuola e inferiormente una ruota dentata a corona, r, che gira sul piano orizzontale. Quest'ultima aziona una seconda ruota dentata, q, che gira sul piano verticale, al quale è fissata una lancetta, s, imperniata al centro del quadrante. La rotazione della banderuola è così riprodotta dalla lancetta sulla rosa dei venti dove si può leggere la direzione di provenienza del vento.

Rielaborazione da [2].

Il primo tipo di anemometro, strumento per misurare l'intensità della velocità del vento, fu descritto, nel 1450, da Leon Battista Alberti e ripreso poi da Leonardo da Vinci, Fig. 27 A-B. Lo strumento era munito di una tavoletta, *paletta*, ruotabile intorno ad un asse orizzontale, la spinta del vento, in relazione alla sua velocità, spostava più o meno dalla verticale la paletta in modo che sull'arco graduato si poteva leggere un numero rappresentante la velocità del vento.

Altri anemometri, ispirati ai mulini a vento, prevedevano una elica rotante, su questi lavorò Robert Hooke intorno al 1670.

Numerosissimi furono poi a partire dal Settecento gli apparecchi di questo tipo; fra i più notevoli si ricorda un anemometro registratore ideato dal francese Louis Léon Pajot d'Ons en Bray nel 1734, Fig. 28. Furono anche proposti anemometri in cui la pressione del vento agiva su una colonna liquida che così saliva più o meno in un tubo.

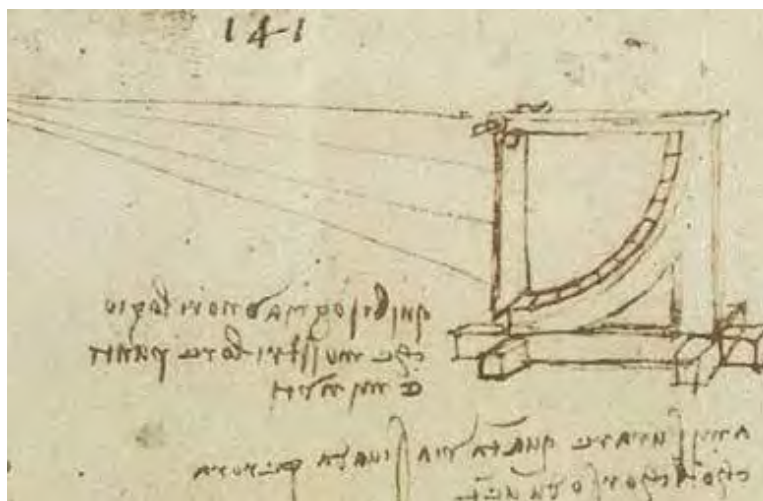


Figura 27 - MISURATORE A PALETTA DELL'INTENSITÀ DEL VENTO nella versione di Leonardo da Vinci
A) Il modello riportato in figura, realizzato in legno, è una paletta che, sotto la spinta del vento, si sposta lungo un arco di cerchio graduato indicando l'intensità della velocità. A questa è associato un anemoscopio a banderuola per indicare la direzione del vento. Rielaborazione da [17]. B) Disegno originale, databile tra il 1483 e il 1486, tratto dal Codice Atlantico di Leonardo da Vinci, conservato nella Veneranda Biblioteca Ambrosiana di Milano. [18].

TAVOLA 2 SCALA ANEMOSCOPICA di Francis Beaufort (1774 - 1857)

N.	Vento Velocità { km/h }	Effetti sul mare -Stato del Mare { altezza media delle onde, metri }	Effetti sulla terra
0	Calm { < 1 }	Piatto — Calmo. — { 0 }	Il fumo sale verticalmente.
1	Bava di vento { 1 ÷ 5 }	Leggere increspature sulla superficie simili a squame di pesce. Ancora non si formano creste bianche di schiuma — Quasi Calmo. — { 0,1 }	Movimento del vento visibile dal fumo.
2	Brezza leggera { 6 ÷ 11 }	Onde minute, molto corte ma ben evidenziate. Le creste non si rompono ancora, ma hanno aspetto vitreo — Poco Mosso. — { 0,2 }	Il vento si sente sulla faccia. Le foglie frusciano.
3	Brezza Tesa { 12 ÷ 19 }	Le creste delle onde cominciano a rompersi. La schiuma ha aspetto vitreo, si notano pecorelle con cresta bianca — Mosso. — { 0,6 }	Foglie e rami più piccoli in movimento costante.
4	Vento moderato { 20 ÷ 28 }	Onde con tendenza ad allungarsi. Le pecorelle sono più frequenti — Mosso. — { 1 }	Sollevamento di polveri e carte. I rami più piccoli sono agitati.
5	Vento Teso { 29 ÷ 38 }	Onde moderate dalla forma che si allunga. Le pecorelle sono abbondanti e c'è possibilità di spruzzi — Molto Mosso. — { 2 }	Oscillano gli arbusti con foglie. Si formano piccole onde nelle acque interne.
6	Vento fresco { 39 ÷ 49 }	Onde grosse (cavalloni), creste imbiancate di schiuma. Gli spruzzi sono probabili — Agitato. — { 3 }	Movimento di grossi rami. Difficoltà a usare l'ombrello.
7	Vento Forte { 50 ÷ 61 }	I cavalloni si ingrossano. La schiuma formata dal rompersi delle onde è soffiata in strisce nella direzione del vento — Agitato. — { 4 }	Interi alberi agitati. Difficoltà a camminare contro vento.
8	Burrasca { 62 ÷ 74 }	Onde alte. Le creste si rompono e formano spruzzi vorticosi risucchiati dal vento — Molto Agitato. — { 5,5 }	Rametti strappati dagli alberi. Generalmente non è possibile camminare contro vento.
9	Burrasca forte { 75 ÷ 88 }	Onde alte, le creste iniziano ad arrotolarsi. Le strisce di schiuma si fanno più dense — Grosso. — { 7 }	Leggeri danni alle strutture (es. camini e tegole asportati).
10	Tempesta { 89 ÷ 102 }	Onde molto alte sormontate da creste (marosi) molto lunghe. Le strisce di schiuma tendono a compattarsi e il mare ha un aspetto biancastro. I frangenti sono molto più intensi e la visibilità è ridotta — Molto Grosso. — { 9 }	Rara in terraferma. Sradicamento di alberi. Considerevoli danni strutturali.
11	Tempesta violenta { 103 ÷ 117 }	Onde enormi che potrebbero anche nascondere alla vista navi di media stazza. Il mare è tutto coperto da banchi di schiuma. Il vento nebulizza la sommità delle creste e la visibilità è ridotta — Molto Grosso. — { 11,5 }	Rarissima in terraferma. Vasti danni strutturali.
12	Uragano { > 118 }	Onde altissime; aria piena di spruzzi e schiuma, mare completamente bianco — Tempestoso. — { > 14 }	Estremamente rara. Danni ingenti ed estesi alle strutture.



Figura 28 - ANEMOMETRO REGISTRATORE di Louis-Léon Pajot d'Ons en Bray (1734)

È il più antico strumento scientifico con un sistema di registrazione, nel senso attuale, dei dati. L'anemometro visualizzava costantemente, su due quadranti (al centro), l'intensità (a sinistra il rotore a palette) e la direzione (a destra la banderuola) del vento. Su nastri di carta cosparsi con una sorta di impasto annerito con polvere di corno bruciato, si memorizzavano gli andamenti temporali delle due grandezze tramite la traccia lasciata sul nastro, da due stili che graffiandolo ne asportavano il colorante. L'autonomia della memorizzazione era di circa 30 ore. Il meccanismo di registrazione era azionato da un orologio a pendolo, da ciò anche il nome di anemometro a pendolo dato allo strumento.

Lo strumento è attualmente conservato al *Musée des arts et métiers* – Le Cnam, Parigi; da [19].

Un tipo di anemometro fu proposto nel 1845 dall'astronomo irlandese Thomas Robinson, Fig. 29.

L'apparecchio era munito di un albero rotore con quattro bracci alle cui estremità erano fissate delle coppette metalliche che, sotto l'azione del vento, lo facevano girare. La rotazione agiva su un contatore: dal numero di giri per unità di tempo si risaliva all'intensità della velocità del vento.

Questa tipologia di strumento viene ancora utilizzata per misurare una grandezza anemometrica che prende il nome di vento sfilato, ovvero la distanza percorsa dal vento in un determinato intervallo di tempo. Ovviamente il rapporto fra queste due grandezze fornisce la velocità media del vento in quell'intervallo.

Figura 29 - ANEMOMETRO A COPPE di Thomas Robinson (1845) [20].

Nel tempo i bracci del mulinello sono stati ridotti a tre per ottenere, durante le fluttuazioni del vento, un moto più regolare della girante (vedi Fig 30).



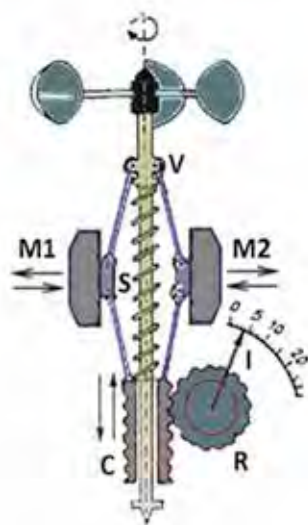
Il problema di questi anemometri era la loro incapacità a dare una indicazione immediata dell'intensità della velocità, ovvero arrestare l'indice in una posizione corrispondente al numero dei giri compiuti, in ogni istante, dal mulinello.

Per risolvere il problema sono stati escogitati vari metodi. Il primo, completamente meccanico (Fig. 30 in basso a sinistra), si basa sul regolatore ideato dall'ingegnere scozzese James Watt nel 1788. Il mulinello mette in rotazione le masse M1 e M2 del regolatore, vincolato in V. Aumentando la velocità, fino a un certo valore, le masse si allontanano fra di loro vincendo l'azione della molla a spirale S che si comprime, fino a contrastare un ulteriore allontanamento delle masse, e solleva il cilindro scanalato C, il quale aziona la ruota dentata R che posiziona l'indice I al valore corrispondente all'intensità del vento in quel momento. Viceversa quando la velocità del vento si riduce.

Nell'anemometro elettrico (Fig. 30 in basso a destra) il mulinello è calettato sul rotore di una dinamo⁹ tachimetrica D, ovvero un generatore rotante di elettricità, che produce una tensione elettrica continua di valore tanto più elevato quanto maggiore è il numero di giri del rotore nell'unità di tempo. La dinamo collegata a un voltmetro V, con la scala calibrata in metri al secondo, indicherà allora la velocità del vento istante per istante.

Figura 30 - ANEMOMETRO A COPPE.

In esso può essere alloggiato o il dispositivo meccanico con regolatore di Watt (in basso a sinistra) o la dinamo tachimetrica con il proprio indicatore elettrico (in basso a destra).



Oltre gli anemometri utilizzando l'energia cinetica del vento, nel tempo sono stati realizzati anemometri che utilizzano: la pressione esercitata dal vento su un trasduttore stazionario (ad esempio applicando alle misure meteorologiche il "tubo" realizzato da H. Pitot nel 1732 e quello di G. B. Venturi nel 1797), la modificazione degli scambi termici di un corpo caldo in relazione al movimento dell'aria, la variazione della velocità di un'onda sonora (o ultrasonica) in relazione al movimento dell'aria.

⁹ La dinamo fu inventata da Antonio Pacinotti (1841 - 1912), fisico italiano docente all'Università di Pisa.

Nella sua attività di strumentista Christopher Wren, già incontrato nelle misure anemoscopiche, si rivolse anche ad altre grandezze, ad esempio introdusse, a fine '600, una significativa modifica nel pluviometro di B. Castelli, che aveva



Figura 31 - PLUVIOMETRO A SINGOLA VASCHETTA OSCILLANTE.

È qui riportata una versione schematica e "modernizzata" del pluviometro di Wren: un imbuto convoglia l'acqua piovana nella vaschetta, mantenuta in posizione orizzontale A da un contrappeso P. Quando la vaschetta avrà raccolto la quantità di acqua sufficiente, il suo peso la farà ruotare fino alla posizione B e la vaschetta potrà vuotarsi, successivamente il contrappeso la riporterà in posizione A. Un contatore (meccanico o elettrico) registrando il numero di svuotamenti, in un dato intervallo di tempo, dà il volume di acqua piovana raccolto. Il volume diviso per la superficie della bocca dell'imbuto dà lo spessore della lama d'acqua che, in quell'intervallo, ha raggiunto il suolo. Rielaborazione da [21].

dominato la pluviometria fino ad allora. Nel pluviometro di Wren l'acqua raccolta da un imbuto passava in una vaschetta che quando raggiungeva una prestabilita quantità si ribaltava svuotandosi quindi un meccanismo la riportava nella posizione originaria, pronta a raccogliere altra acqua (Fig. 31). La registrazione dei valori di quantità di pioggia avveniva su di un nastro di carta tramite un punzone che forava il nastro a ogni svuotamento.



Figura 32 - "Spaccato" di un moderno PLUVIOMETRO A DOPPIA VASCHETTA OSCILLANTE.

Nell'immagine l'imbuto raccogliitore sta riempiendo la parte destra della doppia vaschetta, mentre si sta vuotando la parte sinistra. Quando la vaschetta di destra avrà raccolto la quantità d'acqua sufficiente, il suo peso la farà ruotare, su un asse orizzontale, sollevando quella, vuota, di sinistra. Rielaborazione da [21].

Una evoluzione del pluviometro di Wren la propose l'inventore inglese Samuel Crossley nel 1829, quando integrò il sistema con una seconda vaschetta che si riempiva di pioggia mentre la prima si svuotava (Fig. 32).

Il pluviometro a doppia vaschetta oscillante è ancora oggi ampiamente utilizzato, anche se negli anni è stato un proliferare di pluviometri con "soluzioni" tecnologiche diverse (a pesata, a sifone, ecc.).

Dalla seconda metà del '700 la ricerca di metodologie e strumenti, per misurare le grandezze atmosferiche, assunse un ritmo febbrile ma a causa della eterogeneità degli strumenti e dei metodi di osservazione, una gran parte dei dati rilevati non poté essere utilizzata per studi meteorologici. Ciò non tanto per inadeguatezze funzionali degli strumenti quanto per la disomogeneità nelle procedure di rilevamento dei dati, nella loro raccolta e nella loro presentazione. Ottenere che tutti gli osservatori usassero apparecchiature standardizzate e metodi uniformi fu un'impresa lenta e difficile, che soltanto nella seconda metà dell'800 cominciò ad avere soluzioni, sia pure parziali, perché i «se» e i «distinguo» degli studiosi, chiamati a dipanare i dubbi sul tipo di strumenti e sul loro impiego, furono moltissimi. Ciò era dovuto al fatto che le complicazioni aumentavano rapidamente sia per la maggiore precisione che agli strumenti si richiedeva sia per l'aumentato numero di grandezze da misurare.

Fra le nuove grandezze da misurare c'era sicuramente la radiazione solare che era stata, da sempre, oggetto di studio esclusivo dell'astronomia: è celebre l'attinometro, misuratore di radiazione (dal greco *aktis*=raggio), realizzato nel 1825 dall'astronomo John Herschel.

Nel 1837 Claude Pouillet, fisico astronomo francese, progettò e costruì il primo strumento specifico per la misura della radiazione solare che chiamò pireliometro¹⁰, Fig. 33, basato su un calorimetro ad acqua.



Figura 33 - PIRELIOMETRO DI POUILLET.

A) Calorimetro, con la superficie ricevente annerita, realizzato con una lamina di argento e riempito di acqua, T) bulbo termometrico,

C, D) sistema di allineamento

Il bulbo del termometro penetra all'interno del recipiente che quindi funge da calorimetro. All'altra estremità del tubo è fissato un disco C, dello stesso diametro delle basi del recipiente, ciò permette di controllare l'ortogonalità dei raggi solari rispetto alla superficie annerita del calorimetro. Questa condizione è soddisfatta quando l'ombra del recipiente ricopre interamente la superficie del disco. Grazie a un supporto snodabile la superficie annerita può assumere tutte le possibili orientazioni. La differenza fra la temperatura rilevata all'interno del calorimetro e la temperatura ambiente è un indice dell'energia radiante incidente perpendicolarmente, nell'unità di tempo, sull'unità di superficie; da [3].

A questo si aggiunsero altri pireliometri, ad esempio quello del 1896 del fisico russo Vladimir A. Michelson, molto più accurato del precedente poiché utilizzava un calorimetro a ghiaccio invece che ad acqua.

Al pireliometro, che di fatto misurava solo la radiazione proveniente esclusivamente dal disco solare (radiazione diretta), furono associati, in rapida successione, altre tipologie di radiometri per la misura di: radiazione globale, ovvero proveniente dal disco solare e dalla volta celeste (piranografo Figura 34 A-B e piranometro Figura 35 A), radiazione diffusa ovvero proveniente dalla sola volta celeste (Figura 35 B), ecc.

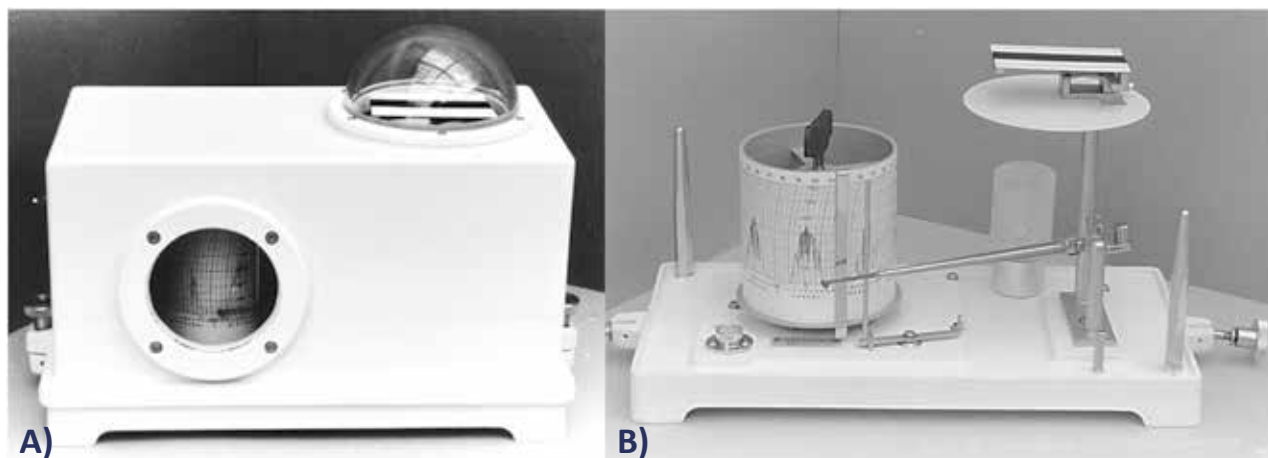


Figura 34 - PIRANOGRFAO BIMETALLICO di Robitzsch (1887-1952).

A) Lo strumento all'interno del suo contenitore che ne consente l'esposizione in campo.

B) Lo strumento (vista interna) registra l'intensità della radiazione globale cioè la radiazione proveniente da tutta la volta celeste e incidente su una superficie orizzontale. L'elemento sensibile è formato da tre lame bimetalliche affiancate di cui quella centrale annerita e quelle laterali imbiancate. Esse sono disposte in modo che le deformazioni termiche (dovute al riscaldamento solare) delle lame bianche agiscano, sugli spostamenti della penna, in senso opposto all'azione della lama nera. La registrazione avviene su carta (in versione: giornaliera, settimanale, mensile) ed è tracciata da un pennino a inchiostro. Lo strumento, come tutti gli strumenti non elettrici, è provvisto di orologeria caricata a molla.

Foto di Gianni Fasano.

¹⁰ Il termine pir/piro-eliometro è formato da tre parole greche *pȳr/pȳrós* = fuoco-calore, *hēlios* = sole, e *mētron* = misura, ovvero misuratore di riscaldamento prodotto dal Sole (sulla Terra).



Figura 35 A/B - PIRANOMETRO o solarimetro in versione attuale.

Foto di Gianni Fasano.

In A lo strumento misura l'intensità della radiazione solare tramite la tensione elettrica prodotta da una termopila (sottostante la cupoletta in vetro) esposta alla radiazione del disco solare e della volta celeste: radiazione globale.

In B lo stesso strumento della figura precedente ha il sensore ombreggiato da una fascia che va regolata ogni due-tre giorni. La fascia occulta il disco solare dall'alba al tramonto e, così facendo, consente di misurare la sola radiazione diffusa dalla volta celeste.



È del 1853 la *Prima Conferenza Meteorologica Internazionale* che si tenne a Bruxelles per sollecitare i Paesi marittimi a cooperare nell'unificazione delle osservazioni meteorologiche marine al fine di «rendere sempre più sicura la navigazione», come ebbe a dire Matthew Fontaine Maury (1806 - 1873), illustre oceanografo statunitense, promotore della Conferenza.

Nel XIX secolo è sempre più sentita l'esigenza di una organizzazione internazionale permanente per unificare e coordinare le attività meteorologiche internazionali, come proposto nel 1863 da H. W. Dove e nel 1868 da E. Renou e H. Marié-Davy.

Dopo 19 anni dalla prima, nel 1872 si riunisce a Lipsia la *Seconda Conferenza Meteorologica Internazionale* che si accorda su talune unificazioni e indice, per l'anno seguente a Vienna, il *Primo*

Congresso Meteorologico Internazionale. Qui si compiono nuovi progressi in materia di unificazione, si elegge un *Comitato Permanente per la Meteorologia* e si propone di costituire un fondo internazionale per la realizzazione di *Osservatori meteorologici* in località remote. Su quest'ultimo argomento il meteorologo W. Köppen (1846 - 1940) presenta una particolareggiata proposta.

Il *Comitato Permanente per la Meteorologia* tiene quattro sessioni, tutte finalizzate ad estendere l'unificazione meteorologica e metrologica: a Vienna, subito dopo la chiusura del Congresso, a Utrecht nel 1874, a Londra nel 1876, di nuovo a Utrecht nel 1878 dove viene convocato, per il 1879 a Roma, il *Secondo Congresso Meteorologico Internazionale*. È in questo contesto che a Roma, nel 1879, il *Comitato Permanente per la Meteorologia* fu sostituito dall'*Organizzazione Meteorologica Internazionale* (OMI), con i seguenti fini istituzionali: promuovere la cooperazione internazionale nell'ambito meteorologico, sostenere la ricerca meteorologica e stabilire criteri di uniformità nelle pratiche operative, con particolare riguardo sia al rilevamento e alla registrazione dei parametri meteorologici, sia alla pubblicazione e agli scambi dei dati rilevati.

A riguardo della solarimetria, il Congresso di Roma stabilì che «le ricerche sulla radiazione solare non sono ancora sufficientemente approfondite per poter proporre adeguate metodologie di osservazione», e si rinviò ogni decisione in merito al successivo congresso. Questo si tenne a Parigi nel 1896 ma si limitò a nominare una *Commissione per la Radiazione Solare* col compito di stabilire uno standard per gli strumenti e per le procedure di misura. Ma nessuna

decisione operativa fu presa nei successivi congressi: Pietroburgo 1899, e Southport 1903. Finalmente nel Congresso di Innsbruck del 1905 fu deciso di prendere come strumento di riferimento il pireliometro realizzato nel 1893 dal fisico svedese Knut Johan Ångström, in Fig. 36 la versione che ancora oggi è utilizzata (nella figura non è visibile il sistema elettrico per la gestione dello strumento).

Figura 36 - PIRELIOMETRO di Ångström.

Lo strumento attuale è un tubo di circa 25 cm di lunghezza con una estremità, A, aperta e una, B, chiusa. L'apertura dello strumento è all'incirca pari all'angolo solido entro cui dalla Terra si vede il Sole con il suo alone. Tramite due ingranaggi, C e D, lo strumento viene orientato in modo che l'estremità A sia ortogonale alla radiazione solare (nella figura l'orientamento è manuale, ma lo strumento può essere dotato di inseguitore solare per rendere automatico il suo continuo allineamento con il Sole). La radiazione solare entra nello strumento e va a colpire una piastrina P1 di platino annerito posta all'estremità B, a fianco di una identica piastrina P2 che però rimane in ombra. P1 si scalda per effetto della radiazione solare mentre P2 viene riscaldata inviando in essa una corrente elettrica. La corrente è regolata in modo da rendere la temperatura di P2 uguale a quella di P1; ciò viene indicato da un termometro a termocoppia che esegue la misura della differenza tra le due temperature, la quale si annulla quando queste sono uguali. Questa condizione di equilibrio ci dice che la potenza termica inviata dal Sole a P1 è uguale a quella elettrica che stiamo inviando a P2; questa seconda è facilmente calcolabile dal valore di corrente che stiamo erogando e da quello della tensione elettrica che la produce. Ne consegue che, all'equilibrio, nota P2 è nota la potenza che, in quelle condizioni, il Sole sta inviando allo strumento. Foto di Gianni Fasano.



Ovviamente il passaggio dalla meteorologia teorica a quella previsionale, su vasta scala, non poteva attuarsi senza una capillare diffusione dei dati rilevati anche nelle stazioni più remote. Il problema era allora come reperire velocemente i dati meteorologici delle diverse stazioni.

Un primo tentativo fu fatto nel 1794 con l'utilizzo del telegrafo (grafo = scritto, tele = da lontano) ottico dell'inventore francese Claude Chappe, questo, mediante una catena di aste mobili, consentiva la trasmissione ripetuta di segnali osservabili col cannocchiale a diversi chilometri di distanza. Il telegrafo di Chappe non ebbe però un grande risultato, in generale e in meteorologia in particolare, poiché in quello stesso periodo veniva realizzato il molto più versatile telegrafo elettrico.

Nel 1837 il fisico inglese Charles Wheatstone si dedicò a migliorare i dispositivi elettromagnetici utilizzati nel telegrafo, e contemporaneamente studiò la possibilità di applicare la trasmissione telegrafica ai sensori meteorologici. Nel 1843 realizzò un dispositivo che, tramite la linea telegrafica, trasmetteva i segnali rilevati da sensori elettrici di pressione e di temperatura a una stazione ricevente distante alcuni chilometri.

Nel 1868, in Belgio, il fisico François van Rysselberghe sviluppò un meteorografo applicando i più recenti risultati di Wheatstone per convertire le misure di pressione, temperatura e velocità del vento, in un tracciato, del loro andamento temporale, su un tamburo rotante. Questo dispositivo fu presentato da van Rysselberghe, nel 1875, all'Accademia di Bruxelles e nel 1881 al Congresso sull'elettricità di Parigi.

Nel 1874 il fisico olandese, E. H. von Baumhauer, pubblicò il progetto di un telemeteorografo, simile a quello di van Rysselberghe, scrivente contemporaneamente su un tamburo rotante in situ e su uno remoto. La trasmissione di tracciati analogici dal primo al secondo tamburo richiedeva una assoluta certezza di sincronizzazione e von Baumhauer, a questo scopo, propose l'uso di un segnale, da inviare su una linea telegrafica, per far partire contemporaneamente i due tamburi rotanti. Ma oltre alla sincronizzazione si doveva imporre ai due tamburi una velocità di rotazione costante e identica. Questo fu il limite del telemeteorografo di von Baumhauer nel quale, data la tecnologia dell'epoca, la velocità di rotazione dei tamburi non era sempre identica.

Il costruttore di strumenti olandese H. Olland, di Utrecht, si dedicò a questo problema e realizzò, nel 1877, un complesso sistema usando come base il telemeteorografo di von Baumhauer e includendo in esso un *pendolo di sincronismo*, sul principio di quello realizzato dal fisico scozzese Alexander Bain nel 1842.

Questa versione del telemeteorografo acquistò notevole importanza poiché Olland la adottò per i numerosi meteorografi elettrici, in grado di registrare anche altre grandezze, da lui realizzati fra il 1875 e il 1895; strumenti che funzionando per anni acquistarono grande rinomanza.

Strumenti registratori multiparametrici meccanici erano già stati proposti: nel 1663 Christopher Wren presentò alla *Royal Society* il suo *weather clock* (orologio meteorologico), col quale si potevano apprezzare le variazioni, nel tempo, di: pressione, temperatura, umidità, quantità di pioggia, vento. Lo strumento fu perfezionato da Robert Hooke che ne presentò una nuova versione nel 1679.

Del XVIII secolo è il già citato strumento meteorologico multiplo di Felice Fontana e del 1780 è un meteorografo, molto complesso, realizzato dal medico milanese Pietro Moscati che fu installato nel suo Osservatorio astronomico e geomagnetico. Nel meteorografo, Fig. 37, il Moscati aveva inserito più strumenti meteorologici, alcuni ideati in precedenza da altri autori: pluviometro e barometro di Marsilio Landriani, igrometro a capello di Horace-Bénédict de Saussure, termometro a mercurio di Daniel Gabriel Fahrenheit, elettrografo "per evidenziare lo scoppio" dei fulmini di Giovanni Battista Beccaria, in Fig. 37 il particolare indicato con Fig. 3^a; altri erano sue rielaborazioni di strumenti già esistenti come l'anemometro a quattro palette e contrappesi di Benjamin Martin e John Smeaton, in Fig. 37 il particolare indicato con Fig. 1^a; infine erano di sua progettazione l'anemoscopio a otto direzioni, in Fig. 37 il particolare indicato con Fig. 2^a, e l'evaporimetro. Nell'Osservatorio erano presenti anche strumenti per la registrazione giornaliera della declinazione e dell'inclinazione del campo magnetico terrestre, ma l'autore arrivò alla conclusione che queste grandezze non avevano «visibile relazione con alcuna delle atmosferiche variazioni».

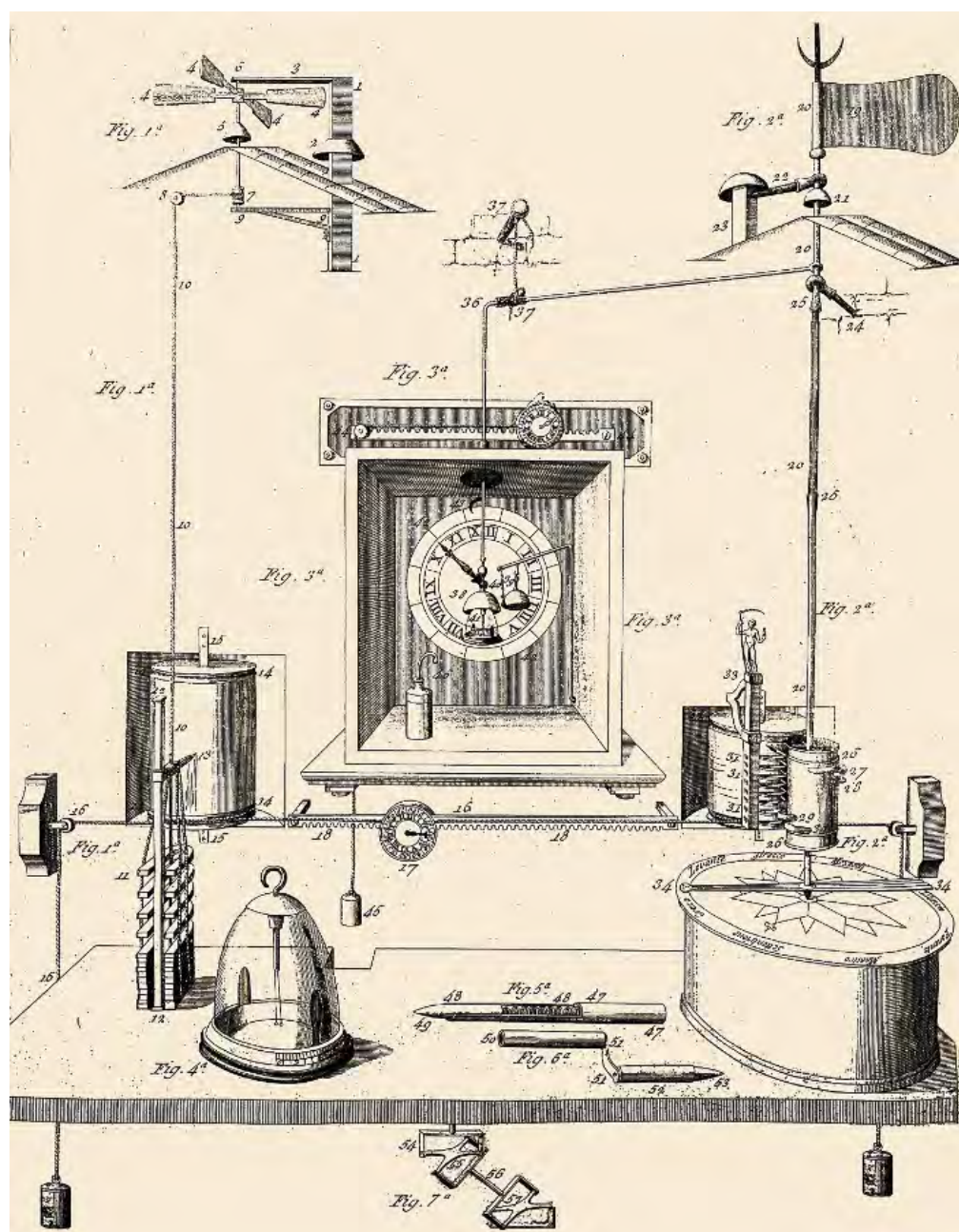


Figura 37 - Schema del Meteorografo di Pietro Moscati (1780). I particolari indicati con Fig. 1^a, Fig. 2^a, Fig. 3^a rappresentano nell'ordine: Anemometro, Anemoscopio, Elettrografo. Rielaborazione da [4]

Per un meteorografo multi-parametrico, sintesi di aspetti meccanici ed elettrici, bisogna arrivare al 1867 quando Padre Pietro Angelo Secchi, gesuita, direttore dell'Osservatorio Astronomico del Collegio Romano, presenta alla Esposizione Universale di Parigi il suo meteorografo, Fig. 38.

Nel meteorografo di Secchi un fascio di cavi elettrici trasmetteva i segnali dei sensori, installati sulla Torre Calandrelli prospiciente all'osservatorio principale, in un locale nel quale era ubicato il sistema di registrazione. Per questo strumento che consentiva la registrazione di: direzione e intensità del vento, temperatura, umidità, pressione e quantità di pioggia, fu conferito ad Angelo Secchi, da Napoleone III in persona, un premio in denaro e la nomina di Ufficiale della Legion d'Onore.

La complessità meccanica dei sistemi di trasmissione e registrazione dei dati non consentirono un "lungo futuro" ai meteorografi.



Figura 38 – Meteorografo dell'osservatorio astronomico del Collegio Romano di Padre Angelo Secchi (1867); strumento attualmente esposto al Museo Astronomico Copernicano di Monte Porzio Catone (Roma) (Riproduzione su concessione di ©INAF Museo Astronomico e Copernicano).

«[...] Essa [macchina] in una faccia disegna le indicazioni della direzione del vento, dell'ora della pioggia, la curva barometrica, quella della velocità del vento e del termografo metallico. Sopra un secondo quadro nella seconda facciata dà in iscala più grande il barometro, il termometro secco e il bagnato per il psicometro, e l'ora della pioggia, e anche può dare la quantità di essa. [...] Ogni quadro contiene una decade e alla fine del mese nello spazio di questo quadro che resta tra una curva meteorologica e l'altra, si disegnano le tre curve delle variazioni magnetiche cioè del Declinometro, del Bifilare e del Verticale. Avendo così su questi quadri a fronte i fenomeni meteorici e i magnetici è stato facile rilevare se fra essi vi era relazione. E questa sorse immediata. Benché la legge di relazione non sia semplice, si provò però che non accade burrasca grande che non sia accompagnata da cambiamenti magnetici. Anzi questi possono benissimo servire a preannunciare l'avviso della burrasca stessa. Sono ormai 18 anni che si osserva tale coincidenza, onde non può dirsi esser essa cosa fortuita od accidentale».

La piena applicazione del telegrafo elettrico nella pratica meteorologica si ebbe con Samuel Morse che nel 1837 propose una codificazione simbolica di lettere e numeri tramite un codice "binario" (punti e linee) da usarsi come segnali telegrafici. Ovviamente il telegrafo Morse non permetteva la trasmissione dell'immagine della registrazione analogica prodotta dal meteorografo su carta. Il grafico andava tradotto manualmente, da un operatore, in forma numerica e ciò richiedeva sia di selezionare i valori più significativi (es. massimi e minimi) e quelli rilevati ad ore prestabilite, sia di eseguire delle pre-elaborazioni (es. valori medi), per ridurre la quantità di dati trasmessi.

Una volta stabilita una convenzione sui dati da trasmettere e sul protocollo di trasmissione, il telegrafo consentì alla meteorologia previsionale di accentrare rapidissimamente e simultaneamente i bollettini meteorologici provenienti dai luoghi più lontani; realizzando di fatto reti nazionali e internazionali per la meteorologia sinottica.

Nel 1855 Napoleone III per i risultati ottenuti dall'astronomo e meteorologo Urbain Le Verrier, direttore dell'Osservatorio di Parigi, nell'analisi della tempesta che il 14 novembre 1854 a Balaklava nel Mar Nero, durante la guerra di Crimea, aveva danneggiato la flotta franco-inglese, lo incaricò di realizzare una rete meteorologica sinottica che fu conclusa nel 1857; essa collegava fra loro, via telegrafo, numerose città europee e la Tunisia. Lo straordinario successo dell'iniziativa mutò il corso della meteorologia; fu universalmente riconosciuto che estrapolando lo spostamento degli elementi meteorologici e principalmente delle configurazioni isobariche e anemometriche si poteva prevedere il tempo con buona attendibilità spaziale e temporale: la meteorologia pratica prese il sopravvento sulla meteorologia teorica. La rete sinottica globale odierna si è sviluppata da quella di Le Verrier senza soluzione di continuità.

Con l'ingresso dei solarimetri nell'*armamentario strumentale* dei meteorologi fu chiaro che tutte le grandezze meteorologiche erano, in estrema sintesi, effetto del soleggiamento.

Stabilito questo principio si iniziò a studiare l'effetto della radiazione solare sulla Terra, ovvero la sua interazione con l'orografia, l'oceanografia, l'idrografia, e come queste interazioni condizionavano flora, fauna e popolazioni umane. In altre parole prendevano sempre più consistenza gli studi di climatologia.

Nel 1947 a Washington, durante la *Nona Conferenza Meteorologica Internazionale*, si stabilì una Convenzione che trasformava l'OMI in *Organizzazione Meteorologica Mondiale* (OMM / WMO - *World Meteorological Organization*), con sede a Ginevra, e l'affiliava all'ONU. Il 17 marzo 1951, a Parigi, l'Organizzazione delle Nazioni Unite, con la ratifica della Convenzione di Washington, sostituì l'OMI con l'OMM. Lo scopo di questa nuova istituzione fu quello di promuovere un sistema mondiale di osservazioni meteorologiche e al contempo di favorire lo scambio di informazioni standard e di sostenere la progettazione e la realizzazione di nuovi specifici strumenti di misura e di monitoraggio dei parametri meteorologici.

Con la nascita dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale e con l'istituzione, al suo interno, della Commissione per gli Strumenti e per i Metodi di Osservazione (*Commission for Instruments and Methods of Observation* - CIMO) inizia l'era moderna della meteorologia, ovvero si cominciano a realizzare, su scala industriale, strumenti elettro-meccanici, almeno nella parte preposta alla registrazione dei dati. In altre parole le "pile elettriche" cominciano a sostituire la "carica a molla" dei motori che azionavano i registratori. Con questi strumenti vengono realizzate vere e proprie stazioni di misura standard secondo le indicazioni dell'OMM, in cui le tipologie degli strumenti e le loro caratteristiche metrologiche sono stabilite in relazione alle finalità delle misure (meteorologia: sinottica, agricola, marittima, alpina, ecc.).

Per quanto riguarda invece la parte sensibile alle grandezze fisiche, degli strumenti, non si hanno sostanziali cambiamenti fino agli anni '70 del Novecento quando con i sensori tradizionali (capelli per gli igrometri, alcol per i termometri, mercurio per i barometri, ecc.) si cominciano a vedere sensori di nuova generazione: condensatori, resistori, celle piezoelettriche, ecc., nell'ordine, negli igrometri, nei termometri, nei barometri, ecc.

Da questo momento il passaggio dai sistemi elettromeccanici a quelli elettronici è rapidissimo, già nei primi anni '80 fu proposto dal CNR IATA (oggi CNR IBIMET) un *data logger*, utilizzabile in campo aperto, per l'acquisizione di dati meteorologici provenienti da sensori elettronici.

Abbiamo già detto che con la nascita dell'OMM inizia l'era moderna della meteorologia. Si può osservare che gli strumenti per misure meteorologiche realizzati successivamente a questo momento non sono più associabili a un singolo studioso o a un singolo inventore, come è stato per tutto il periodo precedente. Ora la produzione industriale diventa dominante sugli aspetti, fisici e tecnologici legabili al nome dello scopritore o dell'inventore. È l'anonima ingegnerizzazione e produzione degli strumenti e la loro rapida obsolescenza che rende irrilevante, se non impossibile, cercare di tracciare un percorso storico-culturale delle nuove produzioni.

Contemporaneamente alla sensoristica dagli anni '70 del Novecento, si sono ampiamente modificati sia i dispositivi di memorizzazione e di trasmissione dei dati, sia i sistemi di alimentazione degli apparati. Per quanto riguarda i primi siamo passati dalla registrazione in forma analogica su carta a quella numerica ancora su carta, per poi passare alla memorizzazione dei dati in forma digitale (numerica) su memorie a nastro magnetico, soppiantate poi da memorie allo "stato solido" che negli anni hanno aumentato a dismisura le loro capacità di immagazzinare informazioni e al contempo hanno diminuito le necessità di alimentazione elettrica.

Per rendere più agevole l'estrazione delle memorie allo stato solido, nei sistemi di acquisizione dati, queste sono state strutturate come carte di credito: *memory card* la cui lettura può essere effettuata sia dal sistema di acquisizione, *in situ*, sia da un computer remoto, con un adeguato software. La corsa alla miniaturizzazione, legata alla necessità di utilizzare i sistemi di misura anche su aeroplani e satelliti, ha portato alla realizzazione di *memory card* delle dimensioni

di una *sim* telefonica senza ridurne la capacità.

La figura 39 A-B e la figura 40 mostrano, rispettivamente, una stazione agrometeorologica elettromeccanica e una stazione meteorologica elettronica entrambe realizzate dal CNR IBIMET.



Figura 39 A/B – STAZIONE AGROMETEOROLOGICA ELETTROMECCANICA

Nella figura si mostrano alcuni strumenti, altri non sono visibili, pur essendo presenti: anemometro e gonioanemometro, vasca evaporimetrica, termometro del suolo. Foto di Gianni Fasano.

A) Su un tavolino sono piazzati un eliofanografo di Campell-Stokes (registratore del tempo di “presenza” di Sole durante il dì e un piranografo di Robitzsch. Sotto la capannina è montato il pluviografo il cui imbuto raccoglitore è vincolato alla capannina in alto a destra. B) Dentro la capannina, si vedono: il tubo che collega l’imbuto al pluviografo e un termoigrografo, a destra e un barografo, a sinistra. Sulla parete di fondo, a destra, un termometro di massima e minima, a sinistra, un igrometro a capelli.

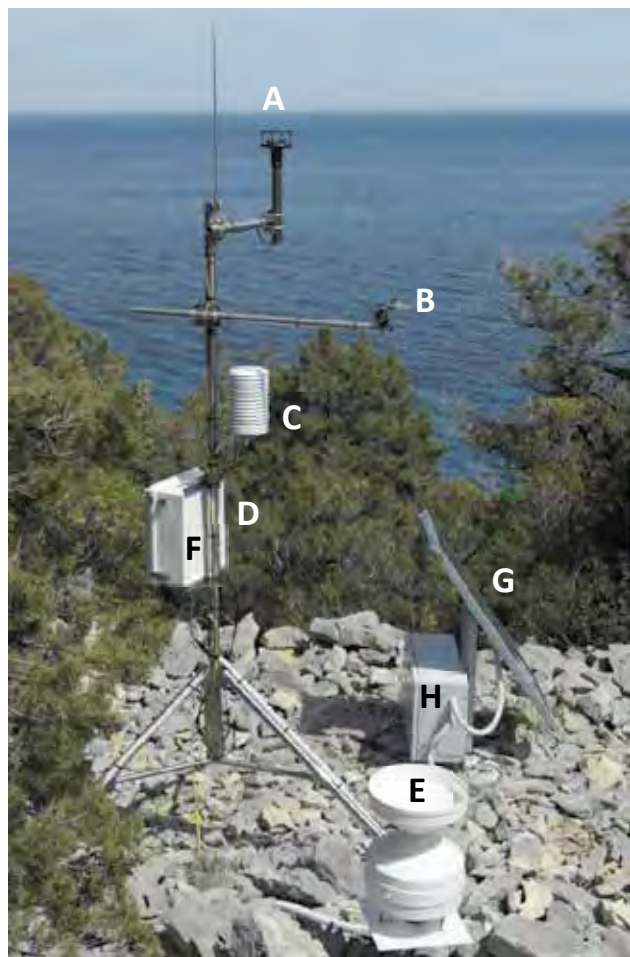


Figura 40 - Una moderna STAZIONE METEOROLOGICA installata dal CNR-IBIMET sulla falesia del Bue Marino (Dorgali-NU; foto di Gianni Fasano), dove si misurano:

- A) Intensità, direzione e verso del vento (anemometro a ultrasuoni)
- B) Radiazione solare globale (solarimetro a fotocella)
- C) Temperatura, umidità e tasso di CO₂, dell’aria (nell’ordine termoresistenza, sensore capacitivo, NDIR - Non Dispersive InfraRed - con sensore al silicio)
- D) Pressione atmosferica (sensore piezoelettrico, all’interno di F, contenitore del Data Logger)
- E) Intensità della pioggia (pluviometro a doppia vaschetta oscillante)
- F) Data Logger (sistema di acquisizione e memorizzazione dei dati su memoria interna e su memoria rimovibile – Compact Flash)
- G) Pannello fotovoltaico per l’alimentazione elettrica del sistema
- H) Batterie di accumulatori in tampone, per l’alimentazione in assenza di radiazione solare.

Con la diffusione sempre più capillare delle stazioni meteorologiche, raggiungendo anche i siti più remoti, è diventata sempre più importante la trasmissione dei dati ai centri di elaborazione. Si è passati così dalle linee telegrafiche a quelle telefoniche e in assenza di quest'ultime si sono attuate trasmissioni via radio e più recentemente anche satellitari. Il salto qualitativo più importante si è avuto, però, con l'avvento della telefonia GSM e con la più evoluta GPRS, con i suoi ulteriori sviluppi. Questo tipo di comunicazione "bidirezionale" ha inoltre permesso il controllo remoto della funzionalità delle stazioni, laddove nel loro software siano previsti codici di controllo di e di allarme per malfunzionamenti dei sensori o di altre parti del sistema.

Lo svincolarsi dalle reti telegrafiche e telefoniche, in particolar modo per le stazioni più remote, ha indotto anche a pensare a sistemi di alimentazione, degli apparati, svincolati dalla rete elettrica. Questo aspetto, di difficile attuazione negli anni settanta per gli elevati consumi elettrici delle stazioni di monitoraggio, è divenuto attuabile quando, con l'elettronificazione degli apparati, i consumi si sono drasticamente ridotti. Già i sistemi per il rilevamento in campo dei dati meteorologici, dei primi anni '80, prevedevano l'alimentazione tramite pannelli fotovoltaici con batterie in tampone, ma le potenze in gioco non erano assolutamente "trascurabili" e l'autonomia dei sistemi era ridotta a pochi giorni.

L'evoluzione elettronica dei sistemi di misura, di memorizzazione e di trasmissione dei dati ha consentito drastiche riduzioni dei consumi elettrici, arrivando a condizioni per le quali pannelli fotovoltaici, o generatori eolici, di pochi watt di potenza con batterie in tampone, di poca capacità, hanno permesso di gestire le stazioni meteorologiche per lungo tempo (mesi) senza necessità di intervento da parte degli operatori.

Questa evoluzione sia dei dispositivi di memorizzazione e di trasmissione dei dati sia di alimentazione degli apparati ha consentito l'invio, ai centri di elaborazione, di tutte le misure effettuate, già in forma numerica senza o con modestissime pre-elaborazioni.

Oggi, grazie alla "rivoluzione elettronica", sono disponibili non solo gli strumenti per le misure delle grandezze meteorologiche tradizionali, ma anche di quelle che, per il nuovo rapporto uomo-ambiente, devono essere misurate per monitorare la qualità dell'atmosfera in relazione alle attività antropiche.

Si misurano pertanto: con l'intensità e la durata della pioggia anche la sua acidità (fig. 41), e più in generale si misurano tutte le precipitazioni (neve, grandine, polveri, ecc.) e con esse il livello sia del manto nevoso, sia dei fiumi e dei laghi (Fig. 42), il tasso di CO₂ (e con questo anche gli altri, cosiddetti, gas serra: metano, ossido di diazoto, gas fluorurati ecc.), la trasparenza dell'atmosfera (alterata da nebbia, fumo, caligine, ecc.), il rumore (ad esempio negli aeroporti o sulle autostrade in prossimità dei centri abitati, ecc.).



Figura 41 - IETO-PHMETRO ELETTRONICO (1994) con campionatore sequenziale di pioggia e di deposizioni secche. Realizzazione CNR-IBIMET. Un pluviostato optoelettronico si attiva all'inizio di un evento piovoso chiudendo il coperchio del contenitore della deposizione secca e contemporaneamente aprendo il coperchio dell'imbuto che convoglia l'acqua al pHmetro. Viceversa al termine dell'evento piovoso. Durante la pioggia lo strumento registra il valore del pH dei campioni di acqua sequenzialmente raccolti.
A: pluviostato;
B: contenitore del pHmetro e dell'elettronica di comando;
C: imbuto convogliatore della pioggia;
D: coperchio di C;
E: raccogliitore deposizione secca;
F: coperchio di E;
G: pannello fotovoltaico.
Foto di Gianni Fasano.

Alle grandezze più specificatamente meteorologiche ne vanno associate, e misurate, altre che intervengono a determinare la meteorologia, quali ad esempio grandezze marine e oceaniche di superficie e della colonna d'acqua, sia fisiche sia biologiche. Fra queste le principali sono: correnti, moto ondoso, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, inquinamento, ecc. (Fig. 43). Più complesse sono le misure meteorologiche su macroscale correlabili a fenomeni di vasta portata, come cambiamenti climatici, emissioni vulcaniche, inquinamenti atmosferici, in questo caso sono sempre più necessari rilevamenti con sensori e strumenti montati su piattaforme aeree e/o satellitari (Fig. 44).



Figura 42 - Radar ultrasonico per misure di livello. A sinistra stazione meteorologica montana, nel cerchio il nivometro [22]. A destra stazione idrometeorologica, nel cerchio il misuratore di livello dell'acqua [23].

Figura 43 - CAMERA BENTICA
(progetto e realizzazione del CNR-IBIMET) durante la fase di installazione sul fondale di Cavo (Isola d'Elba). L'apparato consente di effettuare misure metaboliche della flora subacquea, più specificatamente vengono misurate:

- tramite un SUMARAD (SUB MARine RADiometer) la radiazione solare nella colonna d'acqua nelle gamme:

globale (400 ÷ 1100 nm)
blu (400 ÷ 540 nm);
verde (480 ÷ 600 nm)
rosso (590 ÷ 720 nm)

- per mezzo di una sonda multiparametrica vengono rilevate:
profondità,
temperatura,
conduttività,
pH,
ossigeno disciolto.

Foto di Gianni Fasano.



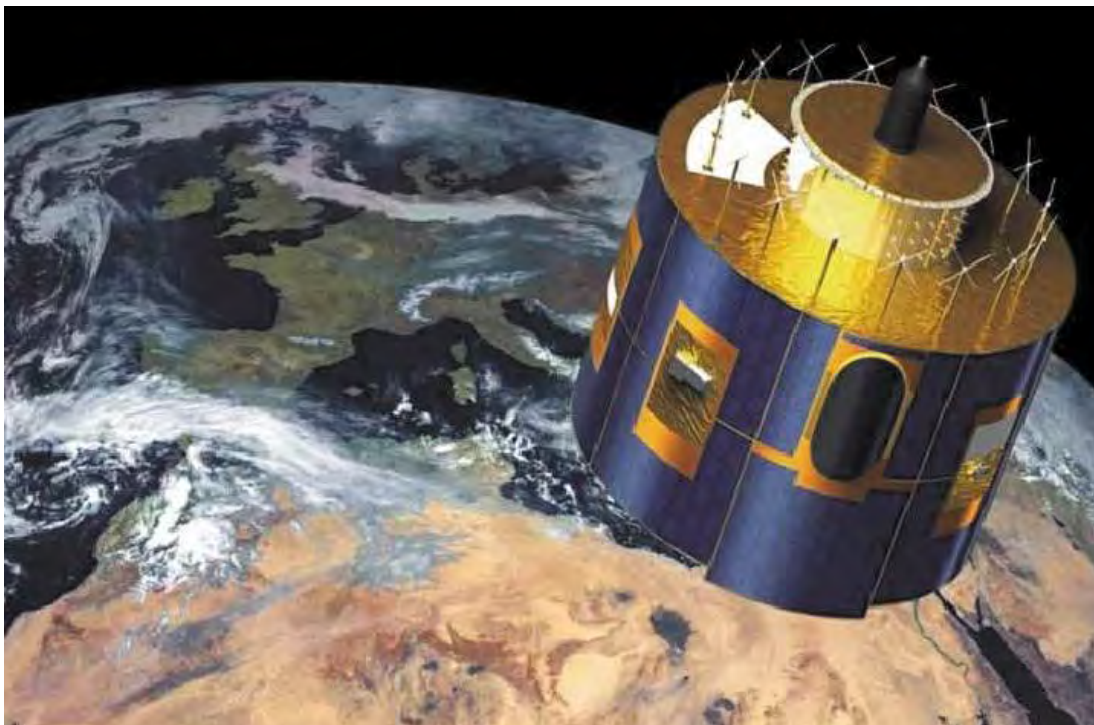


Figura 44 - Uno dei sei satelliti geostazionari europei Meteosat di Terza Generazione che saranno messi in orbita, a circa 36000 km, a partire dal 2021. Essi forniranno osservazioni ad alta risoluzione in vari ambiti della tecnica e della ricerca scientifica. In particolare, per quanto riguarda la meteorologia, due di questi satelliti saranno in grado di fornire informazioni sulla distribuzione orizzontale, verticale e temporale della temperatura e del vapor d'acqua nelle strutture atmosferiche. Ciò consentirà di ottenere informazioni più puntuali e affidabili in relazione ai cambiamenti climatici. Da[24].

Con essi si avranno pertanto miglioramenti:

- delle informazioni meteorologiche circa i processi rapidi del ciclo atmosferico dell'acqua consentendo così previsioni più accurate, delle situazioni critiche, e allerta più precoci.
- dell'acquisizione dei dati sugli aerosol, in particolare sui continenti - importante per il monitoraggio della qualità dell'aria anche in riferimento alle attività vulcaniche.
- delle valutazioni giornaliere della colonna d'acqua precipitabile parametro di estrema importanza, sulla terraferma e in particolar modo nelle zone a rischio desertificazione.
- nel rilevamento di cirri anche molto sottili non visibili con i mezzi attualmente disponibili.
- nel reperimento dei dati per lo studio della microfisica delle nubi.
- nel rilevamento degli incendi e un aumento della qualità dei prodotti fortemente legati alle condizioni climatiche, attraverso una maggiore risoluzione spaziale.

Quanto fin qui detto ci porta a fare una riflessione sul concetto aristotelico di meteorologia, riferito a "ciò che sta in alto", in relazione ai fenomeni che si osservano nell'atmosfera guardando dalla Terra verso l'alto. Con le tecnologie satellitari i fenomeni che avvengono nell'atmosfera si osservano guardando, verso la Terra, dal di sopra dell'atmosfera, ovvero si osserva "ciò che sta in basso".

Più che una rivoluzione concettuale è una rivoluzione tecnologica che nulla toglie a quanto fatto e a quanto ancora si farà guardando dalla Terra verso le "meteore", con la sola differenza che in futuro non si dovrà più parlare di Strumentazione Meteorologica ma si parlerà, per un adeguamento anche linguistico, di Strumentazione per la Fisica Ambientale.

Ma ciò esula dai limiti di questo lavoro.

Bibliografia essenziale

- AA. VV. (1977) - *Scienza e tecnica dalle origini al Novecento*, volumi I & II, edizioni EST, editore Mondadori, Milano
 - Accademia del Cimento (1667) - *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento*, G. Cocchini per l'Insegna della Stella Firenze,
https://books.google.it/books?id=VTaUK65YQpgC&printsec=frontcover&hl=it&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (08/09/2017)
 - Affronti F. (1977) - *Atmosfera e Meteorologia*, editore S.T.E.M. Mucchi, Modena
 - Agnoli F., Bartelloni A. (2013) - *Scienziati in tonaca: da Copernico, padre dell'eliocentrismo, a Lemaître, padre del Big Bang*, ed. La Fontana di Siloe, Torino pp. 134
 - Aristotele (2003) - *Meteorologia*, editore Bompiani, Milano
 - Benincasa F., a cura di (2013) - *L'Unificazione Metrologica, le vicende non concluse di un complesso percorso storico e geografico*, ed. CNR-IBIMET, Firenze
 - Borchì E., Maci R. (1997) - *Termometri e termoscopi*, Pubblicazioni dell'Osservatorio Ximeniano, Firenze
 - Fasano G., Materassi A., Zara P. (1999) - *Sensori e strumenti elettronici per la meteorologia*. Quaderno n. 8 Collana tecnico-scientifica INAPA, Firenze.
 - Istituto e Museo di Storia della Scienza (a cura di) (2001) - *Scienziati a Corte. L'arte della sperimentazione nell'accademia galileiana del Cimento, 1657-1667* <http://brunelleschi.imss.fi.it/cimento/risorse%5Citesticimento.pdf> (03/10/2016)
 - Knowles Middleton W.E. (1969) - *Invention of Meteorological Instruments*, The Johns Hopkins Press, Baltimore, USA.
 - Maffeo S. (2001) - *Padre Angelo Secchi e la meteorologia*, in *Presenze scientifiche illustri al Collegio Romano*, Celebrazione del 125° anno di istituzione dell'UCEARoma, 26 nov. 2001, pp. 21-31 http://cma.entecra.it/PreScen/Padre_Angelo.htm (13/02/2017)
 - Maracchi G. (a cura di) (1991) - *A brief history of meteorology in Florence from beginnings to the present*, CNR-IATA e Cesia - Accademia dei Georgofili, Firenze
 - Multhauf R. P. (1961) - *The Introduction of Self-Registering Meteorological Instruments*, Contributions from The Museum of History and Technology: Paper 23, pp. 96-116, Washington DC <http://www.ajhw.co.uk/books/book254/book254.html> (17/02/2017)
 - Rivosecchi I. (1975) - *Osservazioni e strumenti di meteorologia*, Vol. I, IFA DP n.5, ed. CNR-IFA, Roma
 - Sarukhanian E. I., Walker J.M. (2011) - *The International Meteorological Organization (IMO) 1879-1950* <https://public.wmo.int/en/about-us/who-we-are/history-IMO> (23/05/2017)
 - Somenzi V. (1960) - *La scienza nel suo sviluppo storico*, ERI, Torino
 - WMO (2014) - *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, WMO n.8, Geneva, Switzerland https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3121 (06/07/2017)
-
- [1] AA.VV. (1816) - *Encyclopaedia Perthensis or Universal Dictionary of the Arts Sciences, Literature*, Vol. XXII, stampato da John Brown, Edimburgh https://archive.org/details/bub_gb_2FAKAQAAMAAJ (04/05/2017)
 - [2] Cotte L. (1774) - *Traité de météorologie*, Imprimerie Royale, Paris <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k94863w> (13/09/2017)
 - [3] Fröhlich C. (1991) - *History of Solar Radiometry and the World Radiometric Reference*, Metrologia (28), pp. 111-115
 - [4] Moscati P. (1790) - *Descrizione dell'osservatorio meteorologico eretto al fine dell'anno 1780* in "Memorie di Matematica e Fisica della Società Italiana" Tomo V pp. 356-381, stampato per Dionigi Ramanzini, Verona
<https://play.google.com/books/reader?id=gwtnAAAAcAAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=it&pg=GBS.PR1> (08/05/2017)
 - [5] Various Authors (1828) - *Thermometer & Pyrometer*, Society for the diffusion of useful Knowledge, Baldwin and Cradock; London <https://books.google.it/books?id=vo9TAAAYAAJ> (23/01/2017)
 - [6] Vitruvio Pollione M. (1790) - *De Architettura*, traduzione di B. Galliani, Tipografia Fratelli Terres, Napoli http://www.antichefornaci.it/files/biblioteca/Marco_Vitruvio_Pollione_Galiani_De_architectura_tradotto_e_commentato_1790.pdf (17/01/2017)
 - [7] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sanzio_01.jpg (04/07/2017) pubblico dominio
 - [8] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meteory_1_wisnia6522.jpg (17/12/16) GNU Free Doc. License, Author Wisniowy
 - [9] <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=317560> (17/01/17) Pubblico dominio
 - [10] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galileo-sustermans2.jpg> (19/10/2017) pubblico dominio
 - [11] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evangelista_Torricelli_by_Lorenzo_Lippi_\(circa_1647,Galleria_Silvano_Lodi_%26_Due\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evangelista_Torricelli_by_Lorenzo_Lippi_(circa_1647,Galleria_Silvano_Lodi_%26_Due).jpg) (04/07/2017) pubblico dominio
 - [12] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Federico_Cesi.jpg (04/07/2017) pubblico dominio
 - [13] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait_Ferdinando_II_de_Medici.jpg (19/01/17) Pubblico dominio
 - [14] http://www.shorstmeyer.com/msj/geo165/met_hist.pdf (22/09/2017)
 - [15] https://etc.usf.edu/clipart/26200/26251/pluviometer_26251.htm (15/06/2017)
 - [16] http://haireis.blog.tiscali.it/2008/11/17/la_torre_dei_venti_1945845-shtml/ (04/05/2017)
 - [17] <https://su18galileigo.blogspot.it/2015/05/anemometro-e-anemoscopio.html> (04/05/2017)
 - [18] http://digilander.libero.it/debibliotheca/Arte/Leonardofly_file/slide0047_image053.jpg (04/07/2017)
 - [19] <http://www.arts-et-metiers.net/musee/anemometre-de-pajot-marquant-la-direction-et-la-vitesse-du-vent-sur-2-bandes-de-papier> (23/01/2017)
 - [20] <https://ich1104grupo45.wordpress.com/presentacion-del-tema/> (23/01/2017)
 - [21] <http://www.scientificsales.com/Rain101A-Rainfall-Data-Logging-System-p/rain101a.htm> (10/02/2017)
 - [22] <http://www.directindustry.it/prod/sommer-messtechnik-gmbh/product-187694-1837320.html> (04/07/2017)
 - [23] http://www.autorita.bacinoserchio.it/misure_di_livello/caratteristiche_idrometri/singolo/?ids=730959 (04/07/2017)
 - [24] <http://orbiter.it/cms/telespazio-per-meteosat-3a-generazione/> (16/02/2017)



Il concorso fotografico

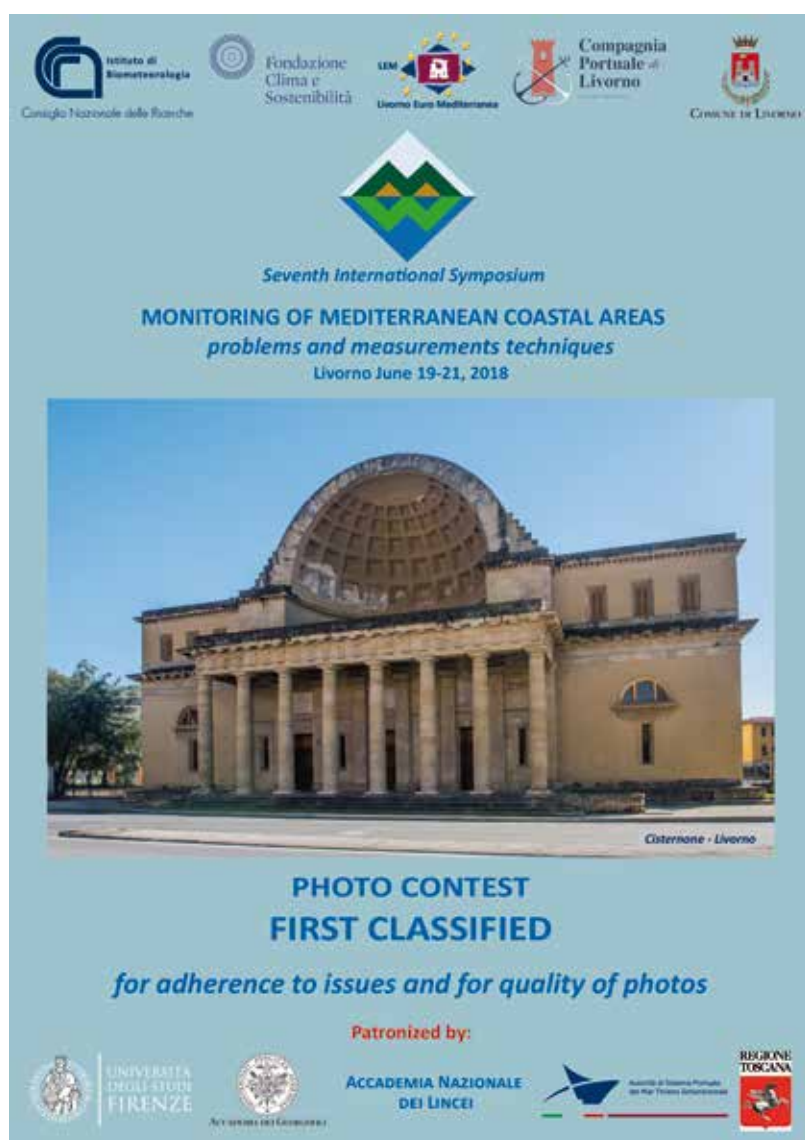
Con un massimo di tre fotografie e un testo con un massimo di 500 caratteri, l'autore doveva esprimere un concetto o descrivere una situazione su argomenti attinenti alle Sessioni del Simposio.

La Commissione che ha esaminato i lavori ha giudicato meritevoli della Targa Premio i tre lavori riportati dopo le foto dell'Esposizione, e a seguire, in rigoroso ordine alfabetico, tutti gli altri considerati a pari merito.

L'Esposizione



I tre lavori premiati



Daniele Ventura:

LE ATTIVITÀ ANTROPICHE.

Sessione:

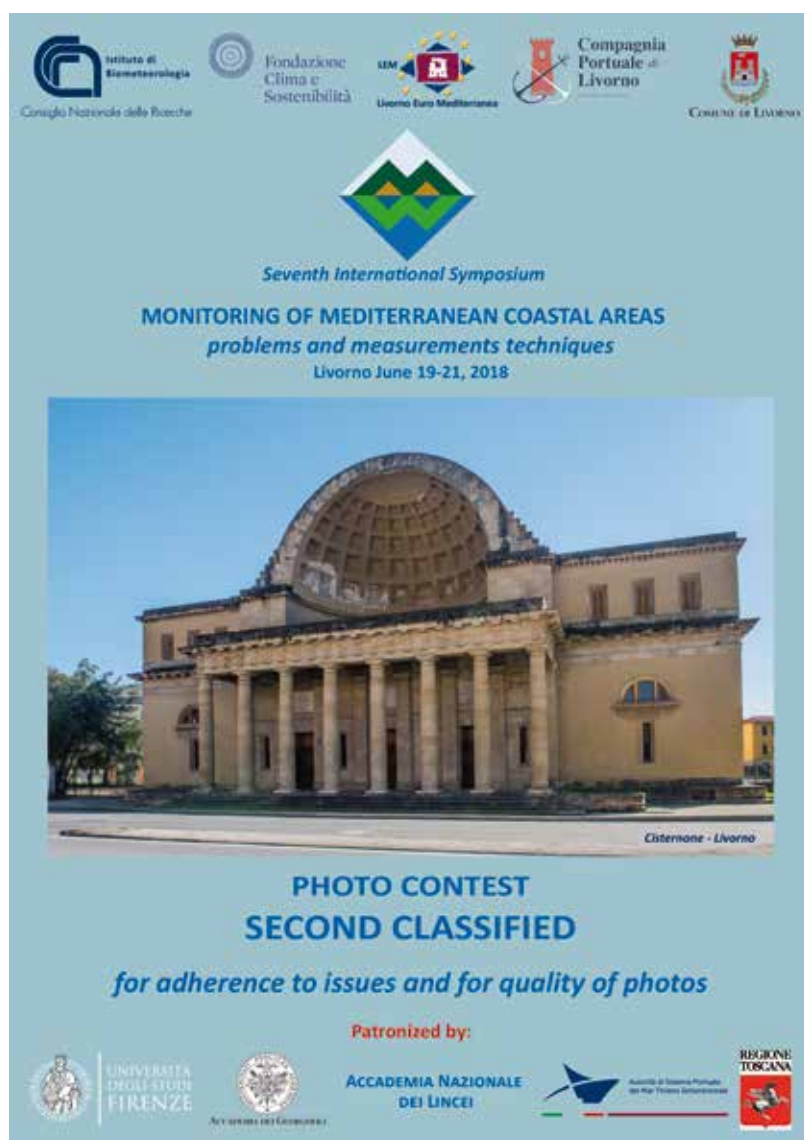
*Geografia della fascia costiera:
dinamiche del territorio e tutela
integrata*

Spesso le attività antropiche hanno un impatto negativo, tuttavia anche un piccolo punto di approdo, lontano dal periodo balneare acquista un particolare fascino. La tranquillità della notte e i tenui raggi della luna abbracciano la spiaggia dell'Arenella che nonostante le invasioni estive sembra vivere in totale serenità l'abbandono e la solitudine invernale. Allo stesso modo, i bagliori e i riflessi lunari sulla superficie del mare nella baia di Campese sembrano voler fare luce sul passato di questo luogo. Infatti, ad oggi sono visibili solo i resti delle vecchie miniere come i vecchi tralicci arrugginiti della teleferica utilizzata per caricare il minerale sulle navi.

Nella pagina seguente: Isola del Giglio - Grosseto

in alto: NATURAL DOCK, Spiaggia di Caldane, novembre 2016
al centro: UNDER THE MOONLIGHT, Cala dell'Arenella, febbraio 2016
in basso: OLD BUSINESS, Baia del Campese, aprile 2016





Bianca Rovai:
UNA PASTORA
CHE NON AMA I RIFUTI.

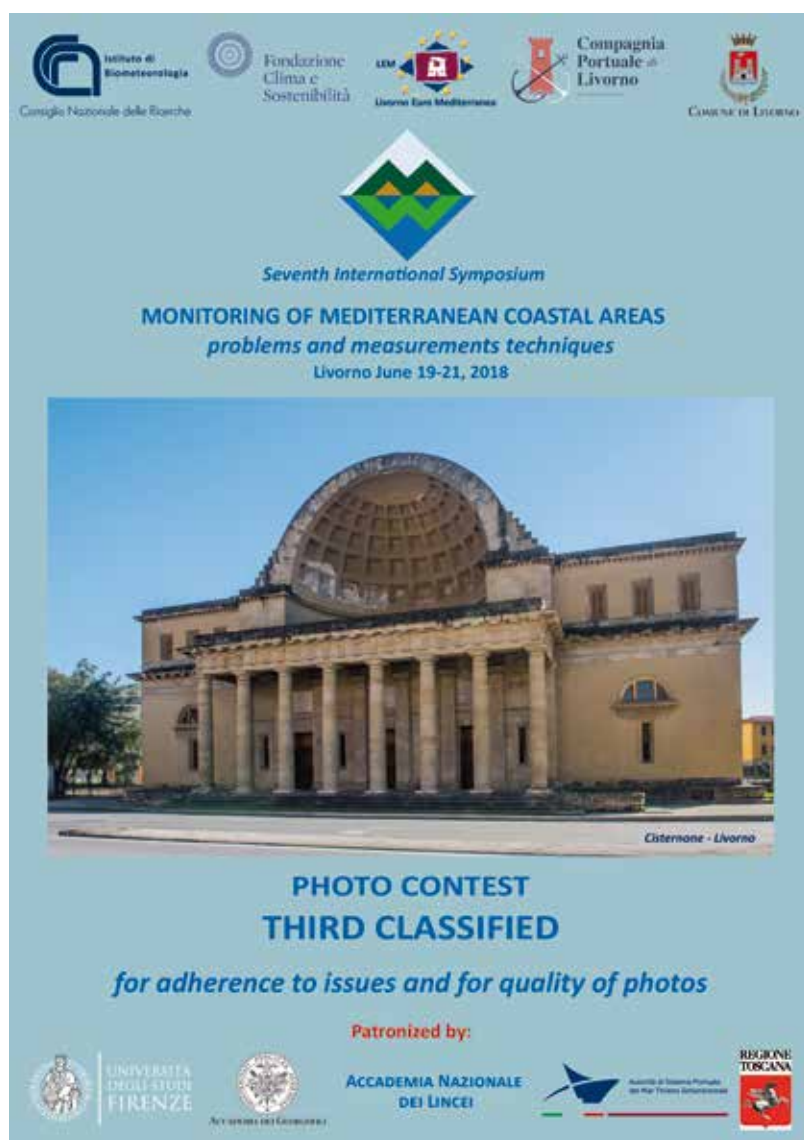
Sessione:
*Flora e fauna del sistema
 litorale: dinamiche e protezione*

In un mare di immondizia c'è qualcuno che non "gradisce" e inorridito, col pelo ritto, in un balzo, passa nella foto sottostante: un litorale più accogliente.

Nella pagina seguente:

in alto: Viareggio - Lucca, 2017
 al centro: Viareggio - Lucca 2017
 in basso: Porto Torres - Sassari, 2017





**Roberta Rocco,
Francesca Pavanello:**

UN NUOVO APPROCCIO ALLA
RIATTIVAZIONE DELLA DINAMICA
DUNALE PER LA RICOSTITUZIONE
DEGLI HABITAT DI INTERESSE
COMUNITARIO

Sessione:

*Flora e fauna del sistema litorale:
dinamiche e protezione*

Lo Studio, avviato nel 2010 ed ancora in corso, prevede interventi a carattere sperimentale di riqualificazione degli habitat del litorale veneziano. I frangivento installati, intercettando il trasporto eolico di sabbia, hanno permesso il ripristino della fascia dunale e predunale, consolidata grazie al trapianto di *Ammophila littoralis* ed alla colonizzazione spontanea della vegetazione pioniera. Negli ambiti di intervento è stata inoltre installata adeguata cartellonistica informativa

Nella pagina seguente:

Lido di Venezia, località Alberoni,
in alto: 29 marzo 2012
al centro: 16 luglio 2014;
in basso: 8 agosto 2017;



...e ora in rigoroso ordine alfabetico...

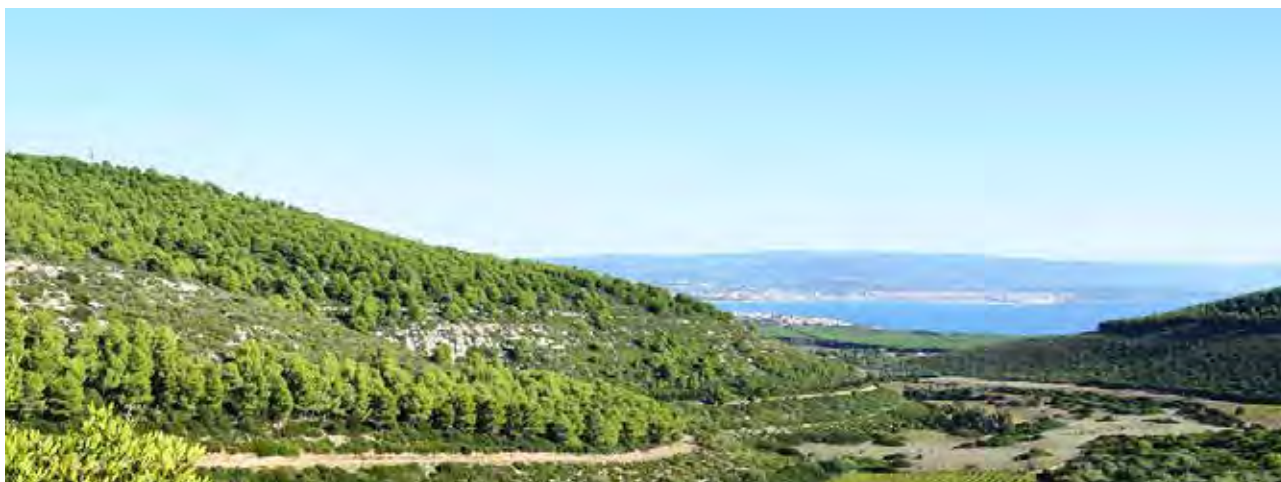
Maria Grazia Baccetti:

UN SISTEMA DI PRODUZIONE INDUSTRIALE SENZA GENERAZIONE DI INQUINANTI

Sessione: Misure per l'Ambiente e produzione energetica in zone costiere

Le piante autotrofe sono, in terra e in acqua, il più grande convertitore di energia solare in materie prime di largo consumo. Si stima che la fotosintesi clorofilliana annualmente fissi 72 miliardi di tonnellate di carbonio in composti organici. Intorno alla costa possiamo trovare:

in alto: Praterie di Posidonia Oceanica (Isola d'Elba) 2002
al centro: Boschi e macchie a Porto Conte (Alghero) 2008
in basso: Coltivi (Puglia) 2017



Maria Grazia Baccetti:

UN CARDO TUTTOFARE

Sessione: Misure per l'Ambiente e produzione energetica in zone costiere

Nell'ambito del progetto Chimica Verde del 2011-17 si prevedeva di utilizzare queste piante di cardo (*Cynara Cardunculus var. Altilis*) per produrre biomassa sia come combustibile per la centrale elettrica dell'adiacente polo chimico di Porto Torres (ben visibile sullo sfondo) sia per produrre materie plastiche biodegradabili. La produzione del combustibile non è mai avvenuta o perché la quantità di piante non era sufficiente (*si dice*) o perché l'energia consumata per produrle era eccessiva rispetto a quella da esse ottenibile (*si pensa*).

Tutto si è spostato sul secondo aspetto ma il prodotto principale ottenuto al momento è l'acido azelaico che interviene nella produzione di plastificanti per PVC, nella sintesi di esteri per lubrificanti, ecc.

Dopo che si è ottenuto un manufatto di PVC che sia con o senza l'acido azelaico il suo impatto sull'ambiente non cambia.

Forse era più utile coltivare l'altro membro della stessa famiglia *Cynara cardunculus var. scolymus* (carciofo comune) che almeno si poteva mangiare in pinzimonio con produzione di scarti biodegradabili.



Francesca Berti:

LIBECCIATA

Sessione: Flora e fauna del sistema litorale: dinamiche e protezione

Gabbiani

*« Non so dove i gabbiani abbiano il nido,
ove trovino pace.*

Io son come loro,

in perpetuo volo.

La vita la sfioro

com'essi l'acqua ad acciuffare il cibo.

E come forse anch'essi amo la quiete,

la gran quiete marina,

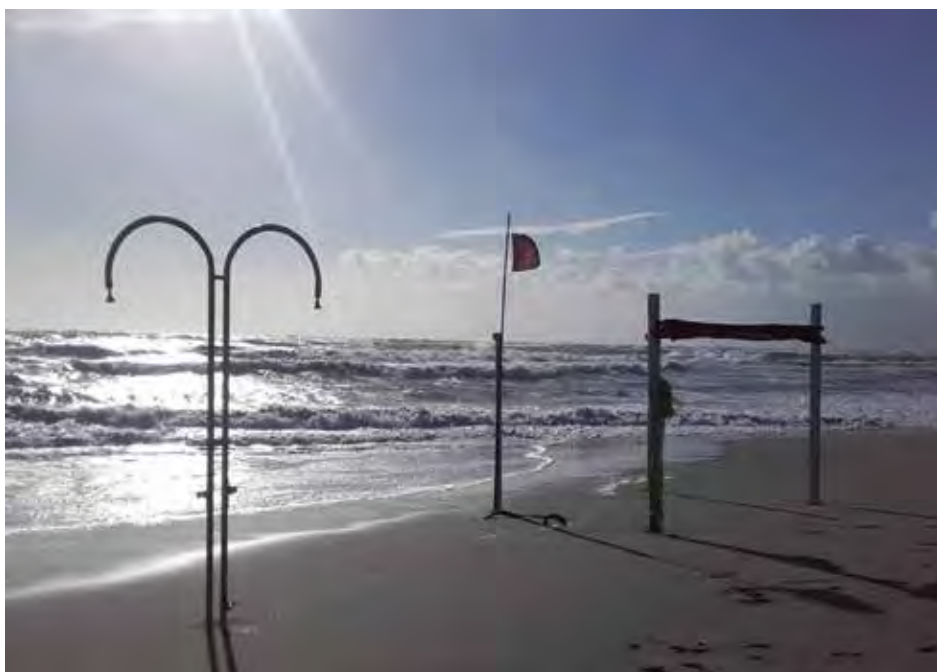
ma il mio destino è vivere

balenando in burrasca.»

(Vincenzo Cardarelli, Poesie)

La furia del Libeccio investe gli oggetti, rimodella la spiaggia, i gabbiani ne traggono refrigerio e nutrimento, i bagnanti un po' di malcontento... tanto scompiglio per un po' di vento!

Marina di Torre del Lago Puccini (Lucca),
agosto 2017





Francesca Berti:

COSA SONO GLI UOMINI PARAGONATI ALLE ROCCE E ALLE MONTAGNE? (JANE AUSTEN)

Sessione: Morfologia ed evoluzione delle coste e dei fondali

- 1) Le falesie del Muzzerone sovrastano il borgo di Porto Venere. Estrema propaggine del Parco Nazionale delle Cinque Terre.
- 2) La falesia di Capo Caccia, un baluardo in difesa dell'isola di Foradada
- 3) La falesia del Bue marino, un tempo nursery della foca monaca

Dal Vocabolario Treccani:

Falesia [dal fr. *falaise*, che è dal franco *falisa* "rupe"; cfr. ted. *Fels*]. – In geografia fisica, scarpata molto ripida formatasi per intensa azione erosiva del mare sulla costa rocciosa e, in genere, soggetta a continuo arretramento: f. alta, bassa; f. viva, se è ancora battuta dalle onde; f. morta, se una spiaggia la separa dal mare.

Rupe [dal lat. *rupes*, affine a *rumpĕre* "rompere"]. – Roccia erta e scoscesa, per lo più elevata e di notevoli proporzioni.

Quindi stando all'etimologia la falesia è una rupe che si è trasferita al mare.

Luogo: 1 Porto Venere (La Spezia)
 2 Capo Caccia (Alghero)
 3 Bue Marino (Cala Gonone)



Cristian Faralli:

PARCHEGGIO AL COMPLETO

Sessione: Il paesaggio costiero - forme di antropizzazione di ieri e di oggi

Fondata dai Greci nel III sec. AC, le alterne vicende della storia hanno fatto di Trogir un presidio marittimo dei saraceni, della Repubblica Veneziana, dell'Impero Asburgico, del Regno d'Italia... fino ai giorni nostri. Eredità culturali architettoniche di un tempo, torri e mura medievali, costituiscono oggi l'orpello di un presidio marittimo per yacht di lusso. Il vero lusso ormai sarebbe trovare uno scorcio libero da ricordare con una fotografia. Non è sempre facile, come trovare parcheggio.

Luogo: Trogir (Croazia), agosto 2014



Michele Grassi:

COLTIVAZIONE SUBACQUEA DI PRECISIONE

Sessione: Flora e fauna del sistema litorale: dinamiche e protezione

Il supporto presentato nella foto è un sistema di coltivazione subacqueo di precisione utilizzato, nel particolare, per il ripristino dei fondali tramite riforestazione della fanerogama marina *Posidonia oceanica*.

Luogo: Arcipelago Toscano maggio 2017



Beatrice Romagnoli:

ORIGINE, EVOLUZIONE E FUTURO

Sessione: Morfologia ed evoluzione delle coste e dei fondali

Il sottile lembo di terra che delimita il confine tra il mare e la terraferma, registra le continue variazioni che si sono verificate durante la storia del Pianeta.

In questo ambiente, dove il cambiamento è l'unica costante, tre principali fattori tengono le redini del gioco e determinano la sua evoluzione: i processi geologici, il clima e l'uomo definiscono la genesi, l'evoluzione e il futuro dell'ambiente costiero.

Luogo:

- 16 Settembre 2017, Linosa (AG)
- 29 Marzo 2018, Recco (GE)
- 2 Marzo 2014, Marina di Ravenna (RA)





Beatrice Romagnoli:

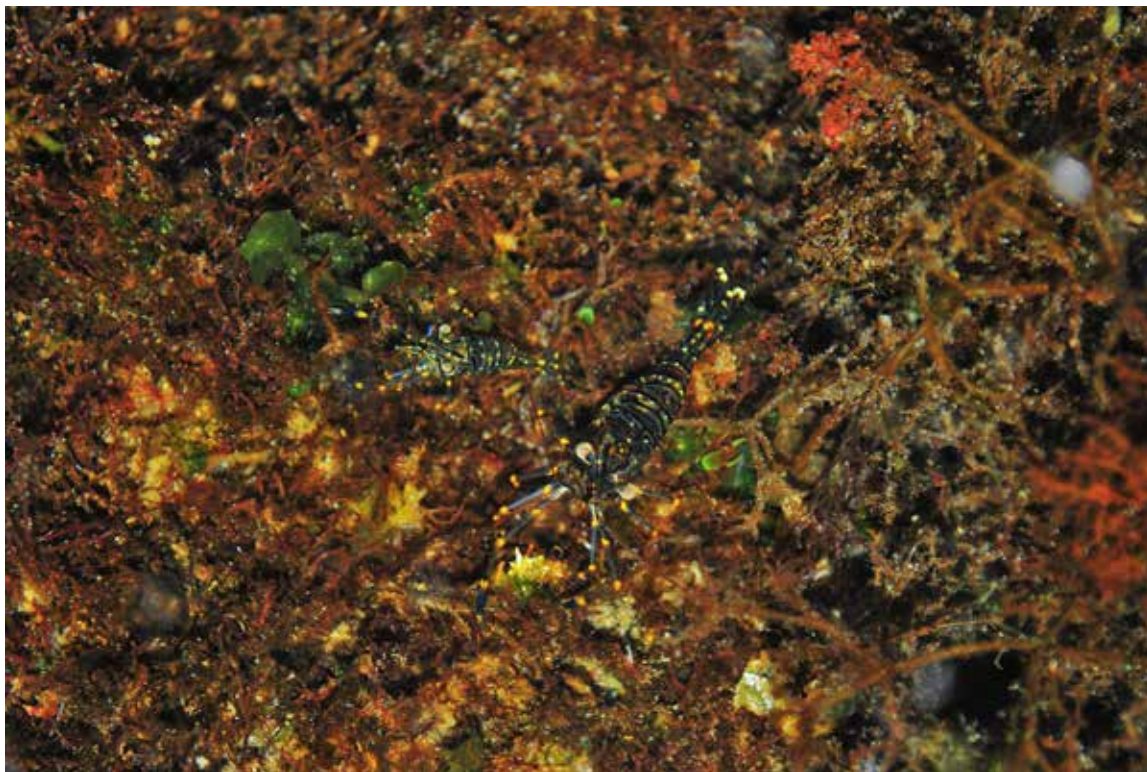
NELLA MORSA DELL'UOMO

Sessione: Flora e fauna del sistema litorale: dinamiche e protezione

Dove mare e terra si incontrano, prendono forma territori unici e ostili, dove le condizioni ambientali oscillano da un estremo all'altro. Ma la vita non conosce barriere e gli organismi pionieri di queste zone si sono adattati per sopravvivere ad ambienti salati ed aridi, con elevati apporti di sedimenti e nutrienti. Questa stretta zona di frontiera fornisce preziose risorse e ciò ha portato l'uomo ad avanzare da entrambi i fronti, restringendo l'habitat di questi unici organismi.

Luogo:

- 17 luglio 2016, Acireale (eT)
- 12 luglio 2015, Golfo di Baratti (li)
- 29 Marzo 2018, Recco (GE)





Beatrice Romagnoli:

OLTRE IL LIMITE

Sessione: Geografia della fascia costiera: dinamiche del territorio e tutela integrata

Per troppo tempo l'uomo ha sfruttato senza controllo l'ambiente costiero senza considerare le conseguenze delle sue azioni. l'estrazione delle risorse, lo sfruttamento del suolo, il turismo, i centri urbani, i porti, tutte queste attività confluiscono sui litorali mediterranei e insieme ai cambiamenti climatici minacciano la sopravvivenza di ognuno. Una possibile risposta potrebbe essere la collaborazione tra i diversi stakeholder, per evitare che lungo le coste gli ecosistemi e le attività umane soccombano.

Luogo:

- 23 Marzo 2018, Cesenatico (FC)
- 23 Marzo 2018, Cesenatico (FC)
- 1 Aprile 2018, Varazze (SV)





Beatrice Romagnoli:

TERRA, MARE, SOLE E VENTO

Sessione: Misure per l'ambiente e produzione energetica in zone costiere

Il Pianeta è un serbatoio di energia, dobbiamo solo trovare la chiave giusta per sfruttarlo senza comprometterlo. Negli ambienti costieri, terra, mare, sole e vento sono i fattori che con forza e costanza scolpiscono il paesaggio. Ogni luogo sprigiona il suo elemento e per una gestione energetica lungimirante, la ricerca dovrebbe investire su tecnologie capaci di conciliare le difficoltà pratiche ed economiche con le necessità ambientali.

Luogo:

- 28 Maggio 2014, Stromboli (ME)



Beatrice Romagnoli:

L'IMPRONTA

Sessione: Il paesaggio costiero: forme di antropizzazione di ieri e di oggi

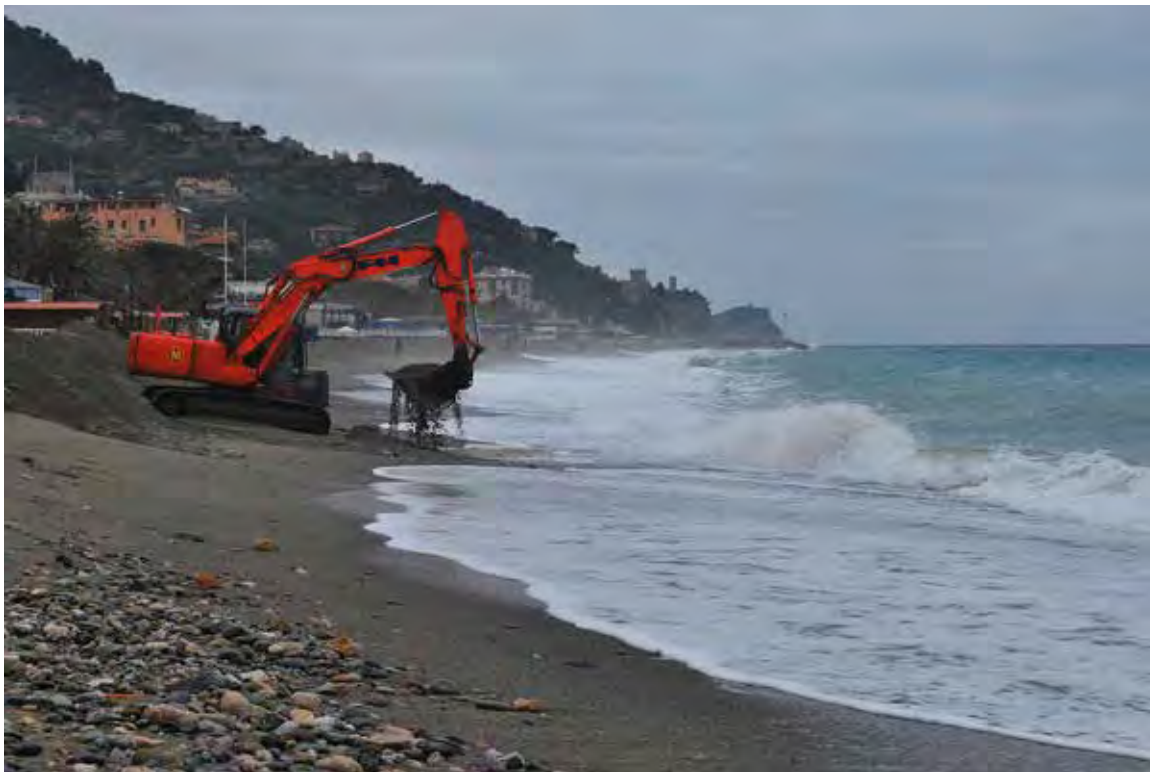
Le zone costiere del Mediterraneo sono un punto di scambio di culture, risorse e mercati, tra le diverse civiltà marinare che vi si affacciano. Secoli di colonizzazione e sfruttamento di queste aree hanno lasciato impronte sparpagiate lungo la linea di costa mediterranea.

Oggi più che mai l'uomo scalfisce il paesaggio costiero e senza tregua cementifica, inquina, crea barriere modificandone l'assetto naturale.

Luogo:

- 14 Giugno 2016, Ventotene (I T)
- 31 Marzo 2018, Recco (GE)
- 3 Aprile 2018, Finale Ligure (SV)





Alessio Valente:

MARINA MAROCCHINA

Sessione: Il paesaggio costiero: forme di antropizzazione di ieri e di oggi

Sullo sfondo di case accatastate e mute, differenziabili solo per i diversi toni, una barca testimonia un'attività presente, ma svolta stancamente. Poi, allontanandosi sino alla prima duna, davanti a quelle case, tante barche dai colori simili al mare, sono lì forse messe a riposo, prima di riprendere a solcare le onde. Differentemente dalla barca in primo piano che sembra non poter dire molto a chi vuole ritornare con lei nel mare! Lui avrà preferito quella strada oltre l'orizzonte!

Luogo: 16 ottobre 2007, SIDI R'ABAT (MAROCCO)





Daniele Ventura:

LA FLORA

Sessione: Flora e fauna del sistema litorale

La Flora grazie alla sua enorme capacità di adattamento, riesce a dominare i paesaggi costieri. I suoi colori e profumi invadono gli aridi tratti della macchia mediterranea Toscana dove aromi ed essenze si fondono con la salsedine marina e i caldi colori dei monzograniti e dei licheni (*Xanthoria spp.*). La vitalità dei colori della flora esplode anche sotto la superficie del mare. Ed ecco che la fanerogama marina *Posidonia oceanica* cresce e colonizza i fondali costieri, diventando un habitat unico e di vitale importanza per l'ecosistema marino. Nonostante la forte antropizzazione delle nostre coste, alcune specie sembrano convivere con le opere umane. È un esempio il verde acceso di alcune specie di alghe verdi (*Cladophora spp.*) che colonizzano i tratti intertidali delle coste Laziali.

Luogo: 1) TOWARDS THE SEA Capo Marino, Isola del Giglio (GR), giugno 2016

2) THE LIGHT OF LIFE Sant'Andrea, Isola d'Elba (LI), luglio 2016

3) GREEN SUNSET Marina di San Nicola, Lazio (RM), dicembre 2015





Daniele Ventura:

LA FORZA DEL MARE

Sessione: Morfologia ed evoluzione delle coste e dei fondali

La forza del mare ha sempre modellato le morfologie costiere. Anche i tenaci monzograniti dell'Isola del Giglio sono la testimonianza dell'opera incessante che il mare compie da millenni. Dopo la burrasca restano sulle spiagge i resti del suo passaggio e un'effimera opera umana a protezione della costa si staglia segnando un labile confine tra cielo e mare. Tale confine appare ancora più debole durante le forti mareggiate dove con il frangersi delle onde, il mare sembra fondersi con il cielo.

Luogo:

- 1) MODELLING IN PROGRESS, Capo Marino, Isola Del Giglio (GR), aprile 2016
- 2) AFTER THE STORM, Marina di San Nicola, Lazio (RM), novembre 2015
- 3): TOWARDS THE SKY, Capo Marino, Isola del Giglio (GR), giugno 2016





Daniele Ventura:

RELITTI DEL PASSATO

Sessione: Il paesaggio costiero forme di antropizzazione di ieri e di oggi

Relitti del passato spesso vengono custoditi negli eterni silenzi degli abissi non mostrando più nessun timore verso il mare. Ed ecco lo scafo dell'Elviscot, un cargo italiano di 499 tonnellate che ancora oggi è avvolto dal mistero. Lo stesso coraggio mostra il solitario faro guardiano di Capel Rosso che resta impassibile davanti l'orizzonte sempre più cupo. Anche il piccolo borgo di Giglio Castello oramai non teme più gli assalti pirateschi che hanno tormentato questa architettura fortificata, ultimo baluardo difensivo per la gente dell'Isola del Giglio.

Luogo:

- 1) DEEP SLEEP, Spiaggia di Pomonte, Isola d' Elba (LI), 08/2016
- 2) THE GUARDIAN, Faro di Capel Rosso, Isola del Giglio (GR), 01/2016
- 3) WAITING FOR THE DARK, Poggio della Pagana, Isola del Giglio (GR), 01/2016





Un lavoro di più ampio respiro è quello che segue che, per le dimensioni, è stato presentato dall'autore fuori concorso.

**LAGO DI MASSACIUCCOLI
UN PICCOLO SPECCHIO D'ACQUA CHE HA VOLUTO
UNA PROPRIA AUTONOMIA**

Fabio Berti

(da una delle sue tante collezioni)

I) Lago di Massaciuccoli



Fig. 1 Il Lago e il suo territorio

Il lago di Massaciuccoli (figure 1 e 2) era noto in epoca romana come lago delle *Fosse Papiriane*, dal nome della paludosa fascia litoranea, di cui faceva parte, che andava da Viareggio a Massa, ricca di piante acquatiche della stessa famiglia del papiro. Il lago è il residuo di una vasta laguna deltizia formata nel Quaternario dai fiume Arno e Serchio, poi isolata (circa 5000 anni fa) dall'allontanarsi del litorale (figura 3).

Gli immissari del lago, che si estende su circa 6,9 km² con profondità media di circa 2,9 m, consistono nel modesto Rio di Quiesa, il canale Barra e i numerosi canali di drenaggio delle bonifiche retrostanti la sponda pisana.

Dal lago si dipartono canali e fossi la maggior parte dei quali confluisce nel *canale Burlamacca* che sfocia in mare attraversando il porto di Viareggio (figura 4). Il flusso delle sue acque è regolato, all'ingresso di Viareggio, da un sistema di *porte vinciane* costruite nel XVIII secolo per impedire all'acqua salata di risalire il canale ed entrare nel lago.

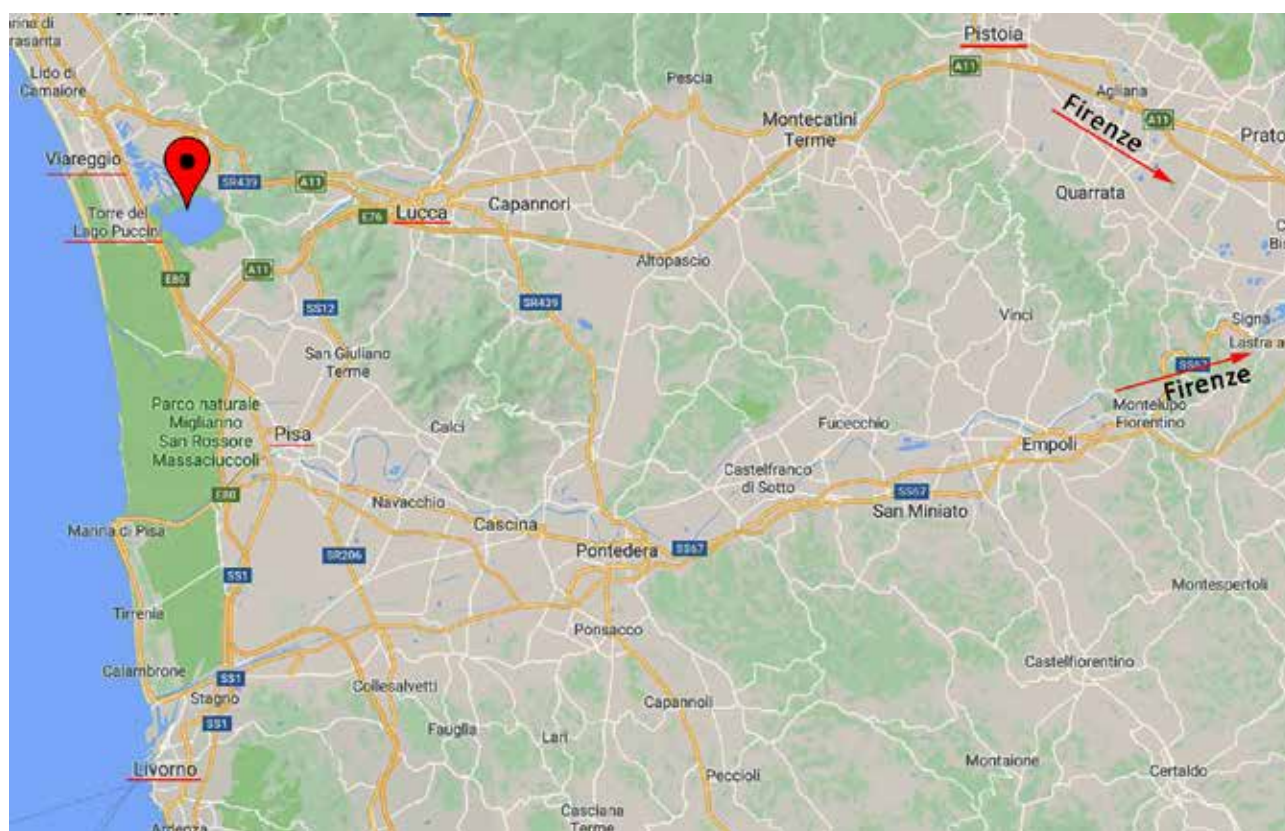


Fig. 2 Il Lago di Massaciuccoli, indicato dal *marker*, è in provincia di Lucca ma è molto vicino anche a Pisa. Entrambe queste città sono vicinissime a Firenze da cui, nell'ordine, distano 77 km e 92 km.



Fig. 3 Veduta aerea (Google) del Lago di Massaciuccoli sponda di Torre del Lago; sulla sponda opposta i paesi di Massarosa e Massaciuccoli. Le lettere indicano la posizione di tre punti tipici di Torre del Lago, di cui parleremo in questo lavoro: A) Nuovo Teatro Puccini, B) Villa Puccini, C) Villa Orlando.



Fig. 4 Foce del canale Burlamacca nel porto di Viareggio.

Un altro importante canale, che tramite un sistema di idrovore regola le piene del lago, è il *fosso della Bufalina* (figura 5) che si interrompe davanti a un terrapieno a 70-80 m dal mare. In questo modo le acque del mare non entrano nel canale mentre, con la piena del lago, l'acqua del canale supera il terrapieno scaricandosi in mare.



Fig. 5 Termine del fosso della Bufalina, davanti a un terrapieno a circa 70 - 80 m dal mare, non lontano da Marina di torre del Lago Puccini



Fig. 6 Ingresso all'Oasi LIPU di Massaciuccoli

Una fauna ricca e diversificata vive nel lago, nei suoi fossi e nei canali nonché in mezzo al falasco, una specie di *fieno palustre* perenne, della stessa famiglia del papiro, in fioritura da giugno a luglio, che predilige ambienti di acque fangose e povere di sostanze nutritive. Fra i volatili vi sono: germani, fischioni, folaghe, tarabusi, cavalieri d'Italia ecc. Molte di queste specie vivono e nidificano nelle acque palustri all'interno di un'oasi L.I.P.U. a Massaciuccoli (figura 6). Molti anche i pesci: carpe, tinche, scardole, anguille, muggini, lucci, persico trota, persico sole, pesci gatto, ecc.

II) La tela nel Lago di Massaciuccoli

L'insieme di canali e fossi è, seppure in misura minore rispetto al passato, un luogo di passaggio e sosta per gli uccelli migratori, in specie la folaga (figura 1), per la quale, fino agli anni sessanta veniva organizzata un particolare tipo di caccia chiamata *la tela* (figura 2). I cacciatori circondavano il branco di folaghe che sostavano in mezzo al lago accerchiandole da tutte le sponde: villa Ginori (figura 3), porto di Massaciuccoli (figura 4), Massarosa, Torre del lago ecc. Allo sparo di un fragoroso colpo di cannone, i cacciatori, dirigendosi verso il centro del lago, iniziavano la caccia.



Fig. 1 Folaga comune, uccello migratore che sverna in varie zone fra le quali il lago di Massaciuccoli



Fig. 2 La tela per la caccia alla folaga: barche pronte a partire al colpo del cannone.



Fig. 3 Villa Ginori a Massaciuccoli, paese che ha dato il nome al lago. Il marchese Carlo Benedetto Ginori, proprietario della villa, ereditò con i fratelli l'omonima manifattura di ceramiche, di cui poco si occupò. Molte furono le sue attività culturali e ludiche; fra l'altro fu anche prima deputato e poi senatore, per Firenze, quasi continuativamente dal 1882 al 1904..



Fig. 4 Antico porto di Massaciuccoli.

Delle sei-settemila folaghe, presenti nel Lago, non più di due-tremila riuscivano a salvarsi (figura 5-6). In figura 7 Giacomo Puccini, celeberrimo musicista d'opere (Lucca 1858 - Bruxelles 1924) che sfruttava ogni ritaglio di tempo libero per soggiornare nella sua villa di Torre del Lago e partecipare alle battute di caccia.



Fig. 5 Strage di folaghe.



Fig. 6 Due cacciatori di folaghe.



Fig. 7 Giacomo Puccini, celebre musicista, a caccia di folaghe.

III) Le risorse del Lago

Fino agli anni Trenta del secolo scorso, il Massaciuccoli, aveva un aspetto completamente diverso dall'attuale (figure 1 - 4) in specie la sponda di Torre del Lago, dove le acque lambivano il giardino della villa di Giacomo Puccini (figura 5) e occupavano completamente l'area dell'attuale piazzale, realizzato probabilmente alla fine degli anni Trenta (figura 6). Nei primi anni del secolo scorso i pochi abitanti vivevano quasi esclusivamente delle risorse che offriva loro il lago: caccia, pesca, coltivazione del riso sulla sponda di Massarosa (figura 7) e raccolta del falasco (figura 8), utile tra l'altro alla costruzione di capanne in cui molti hanno vissuto fin verso il 1918 (figura 9).



Fig. 1 Sponda del paese di Massaciuccoli sull'omonimo lago.



Fig. 2 Sullo sfondo il gazebo del Cavalier Paolo Triscornia, 1922, in costruzione sulla sponda di Torre del lago



Fig. 3 *Terrazza d'Emilio* che diventerà *Ristorante Manfredi*, vedi figura 6, e ai giorni nostri *Chalet del Lago*.



Fig. 4 Sponda di Torre del Lago: pontile per l'attracco delle barche.



Fig. 5 La Villa Puccini con il suo approdo, prima della realizzazione, sul lago, della piazza e del belvedere.



Fig. 6 Rifacimento, della fine degli anni 30, dell'area antistante Villa Puccini con la realizzazione della piazza e la ristrutturazione della *Terrazza d'Emilio* che diviene *Ristorante Manfredi*.



Fig. 7 Irrigazione con ruota delle colture di riso sulla sponda di Massarosa.



Fig. 8 Trasporto del falasco raccolto nel Lago, sponda di Torre del Lago.



Fig. 9
Tipica capanna di falasco.

IV) Le ville Puccini e Orlando a Torre del Lago

Nel 1898 Giacomo Puccini, già celebre compositore di musica operistica, acquistò una casa-torre in riva al lago che venne demolita e sulle cui fondamenta fu costruita villa Puccini che si affacciava direttamente sul lago (figure 1-3), prima della costruzione dell'attuale belvedere antistante la villa (fine anni Trenta del Novecento).

Si arrivava alla villa Puccini passando dinanzi all'ingresso-torre, circondato dalle acque, della villa Orlando (figure 4-5). A questa villa, edificata nel 1869, molto all'interno del suo parco e direttamente affacciata sul lago, si accedeva da un ingresso monumentale costituito da una portineria con torre rotonda, merlata, collegata con un muro di cinta a due torrette laterali; un ponte in pietra, superando il fossato, immetteva nel viale alberato che portava alla villa. Tutto il complesso fu acquistato nel 1896 da Salvatore Orlando (figura 6, Genova, 1856 – Livorno, 1926), ingegnere e politico eletto deputato per Livorno dal 1904 al 1926 nonché armatore dei cantieri navali Orlando.

In quel periodo navigavano nel lago e approdavano nelle vicinanze della villa Orlando e della villa Puccini dei battelli a ruota che Puccini chiamava, ironicamente, "raspa mota" (figura 7).

Durante l'ultima guerra mondiale la villa Orlando fu leggermente danneggiata mentre fu completamente distrutto l'ingresso-torre.

In figura 8, la riva di Torre del Lago ai giorni nostri.



Fig. 1
Villa Puccini, ingresso principale sulla strada che dal lago va al paese di Torre del Lago



Fig. 2 Villa Puccini, nascosta dagli alberi, approdo dal Lago.



Fig. 3
Giacomo Puccini, nel giardino
della sua villa



Fig. 4 Canale che lambiva l'ingresso-torre al parco di Villa Orlando. Dietro la seconda barca, sullo sfondo, Villa Puccini.



Fig. 5 Ingresso-torre al parco di Villa Orlando, si nota il ponte, sul canale, che immette sulla strada proveniente dal paese di Torre del Lago (anni Venti).



Fig. 6 Ingegner Salvatore Orlano.
Armatore e deputato per Livorno



Fig. 7 Battelli a ruota che navigavano nelle vicinanze di Villa Orlando (nella foto) e Villa Puccini.

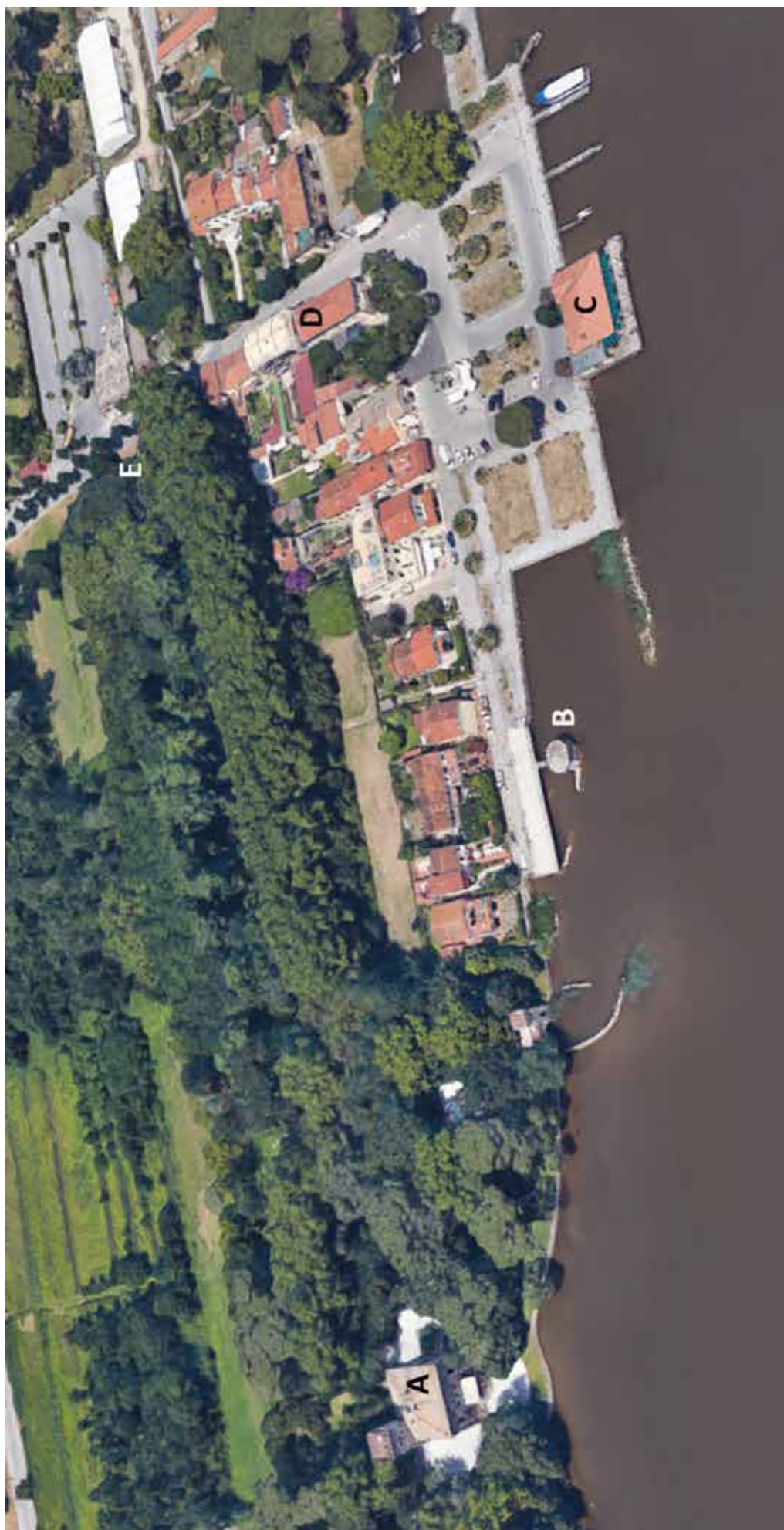


Fig. 8 Lago di Massaciuccoli, riva di Torre del Lago, oggi Torre del Lago Puccini (da Google Maps 2018).

A) Villa Orlando.

B) Rifacimento in cemento del Gazebo del Cavalier Paolo Triscornia (nel paragrafo successivo, figura 4, la versione in legno e falasco degli anni venti)

C) L'attuale *Chalet del lago*: già *Terraza d'Emilio* e successivamente *Ristorante Manfredi*.

D) Villa Puccini, non più lambita dal lago per la realizzazione, a fine degli anni Trenta del Novecento, della piazza e del belvedere.

E) Ingresso al parco di Villa Orlando, sulla strada per il paese di Torre del Lago, dove vi era la torre di ingresso (vedi figura 5) di cui restano pochi ruderi (vedi paragrafo VIII, figura 1).

V) Il Club della Bohème

All'epoca in cui Puccini si stabilì sulle rive del Massaciuccoli alternava la sua attività di compositore con la caccia (figura 1), la pesca e la frequentazione di artisti locali in una baracca (figura 2) che un ex calzolaio torrelaghese, Giovanni Gragnani soprannominato "Gambe di merlo" (figura 3), costruì, quasi di fronte alla villa Puccini, per farne un'osteria. Per anni Puccini e i suoi amici *bohémien*, Ferruccio Pagni, Angiolo Tommasi, Francesco Fanelli e Plinio Nomellini si riunivano in questa baracca per partite a carte e per vuotare fiaschi di vino. Si dice che il vapore dei ponci e il fumo delle pipe e dei sigari oscurassero la debole fiamma della lampada a petrolio. Con il passare del tempo la baracca divenne il loro "Club della Bohème", e le pareti si riempirono dei loro schizzi, caricature e disegni.

Fu un periodo di fervore culturale quello che si visse sulle rive del lago. Il cavaliere Paolo Triscornia, proprietario di cave a Carrara, costruì, fra il 1922 e il 1924, un gazebo (figura 4) in legno e falasco, di fronte alla sua villa, in cui riuniva in un salotto culturale un cenacolo di amici tra cui Plinio Nomellini, Lorenzo Viani, Carlo Carrà, Arturo Dazzi.



Fig. 1 Giacomo Puccini, musicista e cacciatore.



Fig. 2 La Bohème Baracca-osteria di Giovanni Gragnani.



Fig. 3 Giovanni Gragnani detto "gambe di merlo".



Fig. 4 Gazebo dove Paolo Triscornia radunava un salotto culturale.

VI) Industrializzazione del Lago

Molti dei canali e dei fossi che reticolano il Massaciuccoli sono canali artificiali realizzati, in gran parte, fra gli anni Venti e Trenta del secolo scorso per la bonifica dei terreni e l'estrazione della torba che per anni fu molto importante nell'economia della zona. Per un certo periodo si utilizzò la torba per alimentare sia la centrale elettrica costruita a Torre del Lago, sia le fornaci di una vetreria della zona che utilizzava la sabbia silicea per la produzione di vetro verde, anch'essa estratta dal fondo del lago una volta tolta la torba.

Per il trasporto della torba e della sabbia fu costruito un piccolo tratto ferroviario dove un treno a vapore (figura 1) collegava le zone di estrazione a un piccolo scalo merci nella stazione di Torre del Lago (figura 2). L'estrazione della torba con la sua attività industriale le sue ciminiere tolsero al lago quell'incanto e quei silenzi che piacevano a Puccini (figure 3-4); tanto che nel 1921 lasciò le rive del lago per trasferirsi in una sua villa a Viareggio.

Il 19 agosto 1927, per esaurimento della materia prima, la torbiera cessò la sua attività mentre, per molti anni ancora, continuò l'estrazione della sabbia. Di tutta questa attività sono rimaste ora solo vaste cicatrici nel "padule" a nord del Lago: canali, bacini di acqua di cave abbandonate e fossi morti (senza sbocco).



Fig. 1 Treno a Vapore che collegava la stazione di Torre del Lago con le zone di estrazione della sabbia e della torba



Fig. 2 Stazione di Torre del lago

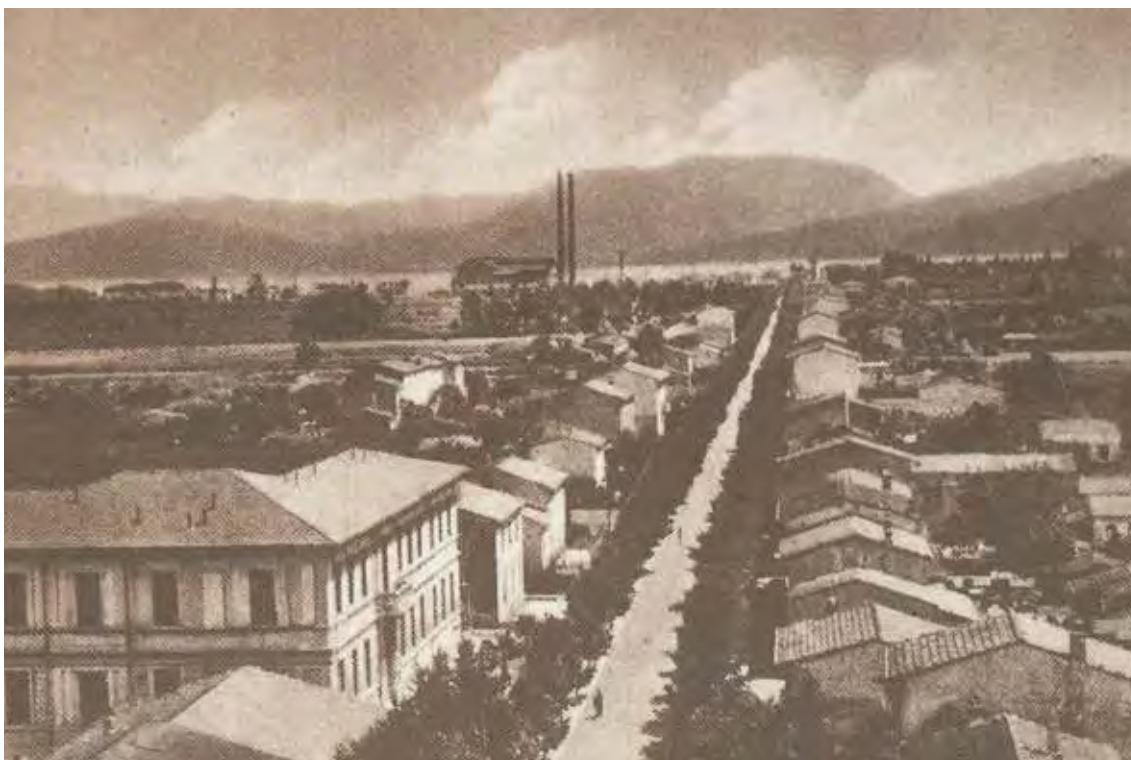


Fig. 3 Sullo sfondo il Lago e le ciminiere delle sue attività industriali.



Fig. 4 Il Lago frequentato da bagnanti e, sullo sfondo, le ciminiere delle attività industriali.

VII) Idrovolanti sul lago

Quando nel 1929 le torbiere furono chiuse le loro strutture furono riadattate per ospitare un idroscalo aperto dalla società SITAR. Nel 1931 l'idroscalo fu rilevato dall'aeronautica militare e furono costruiti uffici e strutture logistiche che nel 1932 videro l'arrivo di due giganteschi idrovolanti, i Dox, (figure 1-3) che vi rimasero fino al 1935.

Con gli idrovolanti che arrivavano fino a villa Puccini (figura 4) la villa e l'osteria la Bohème di "Gambe di merlo" persero definitivamente il loro incanto.

L'idroscalo fino all'inizio degli anni Quaranta del secolo scorso e per il periodo bellico fu potenziato, ma con la fine della guerra venne smantellato.



Fig. 1-2 I due giganteschi idrovolanti DOX sul lago di Massaciuccoli



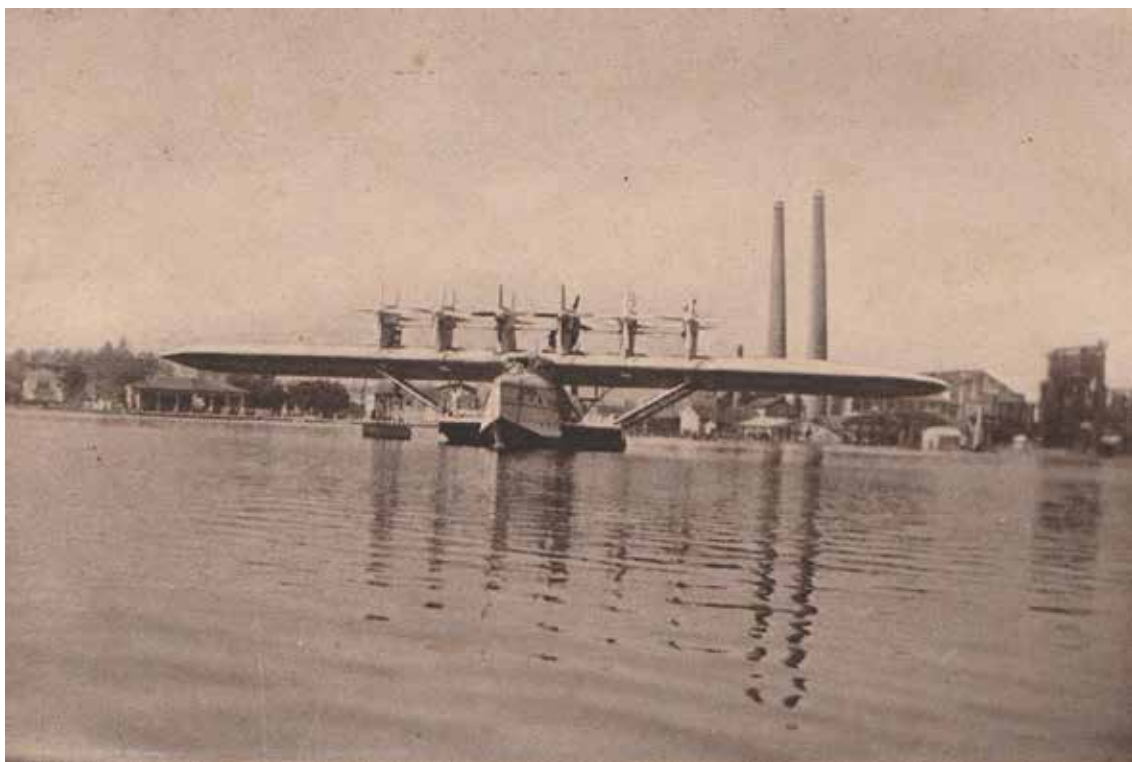


Fig. 3-4 Idrovolanti a Torre del lago: sopra nei pressi della zona industriale, sotto in prossimità di Villa Puccini



VIII) La guerra, la ricostruzione, oggi

A Torre del Lago, al cui toponimo il 21 dicembre 1938 fu aggiunto il nome di Puccini, dopo l'8 settembre 1943 la villa Orlando venne requisita dal comando tedesco per farne il proprio quartier generale che assunse il controllo dell'idroscalo. Un anno dopo, esattamente l'8 settembre 1944, i tedeschi, prima di ritirarsi verso Nord, minarono sia la torre-ingresso di villa Orlando (figura 1), sulla quale era piazzato un cannoncino antiaereo, sia il campanile della parrocchia del paese, costruito nel 1909 (figura 2), nel cui crollo fu coinvolta anche parte della cupola della chiesa (figura 3).

Terminata la guerra, la torre-ingresso di villa Orlando non fu ricostruita mentre il campanile fu sostituito, provvisoriamente, con una struttura di emergenza (figura 4). Il campanile e la cupola, con il contributo del genio civile, furono ricostruiti e inaugurati esattamente sette anni dopo la loro distruzione, l'8 settembre 1951 (figura 5). Anche l'interno della chiesa fu completamente restaurato con il contributo, generoso e volontario, di molti paesani e affrescato (figura 6) dal pittore locale Ferruccio Orlandi (1897 – 1975).

Il paese è formalmente una frazione di Viareggio a cui è collegato con diverse strade. Le principali sono la via Aurelia, che ne attraversa il centro da sud a nord passando davanti alla chiesa parrocchiale (figura 7) e il viale dei Tigli (figura 8) che da Viareggio, attraversando una grande pineta, va ad incrociare la strada quasi rettilinea che a est porta al lago, attraversando il centro cittadino, e a ovest, attraversando una bella pineta (figura 9), conduce all'ampia spiaggia della marina (figure 10-11). Le attrattive del paese non si limitano alle bellezze naturalistiche poiché a queste si sommano le proposte culturali che culminano, in estate, nel festival operistico Pucciniano che dal 1930, nella suggestiva cornice del Gran teatro Puccini all'aperto (figura 12), mette in scena una notevole stagione lirica, sulle sponde del lago Massaciuccoli.



Fig. 1 Ciò che è rimasto della vecchia torre-ingresso di villa Orlando, sulla strada che dal paese (a destra) porta al lago (sinistra)



Fig. 2 La chiesa di Torre del Lago prima dell'8 settembre 1944.



Fig. 3 La cupola della chiesa di Torre del Lago dopo dell'8 settembre 1944.

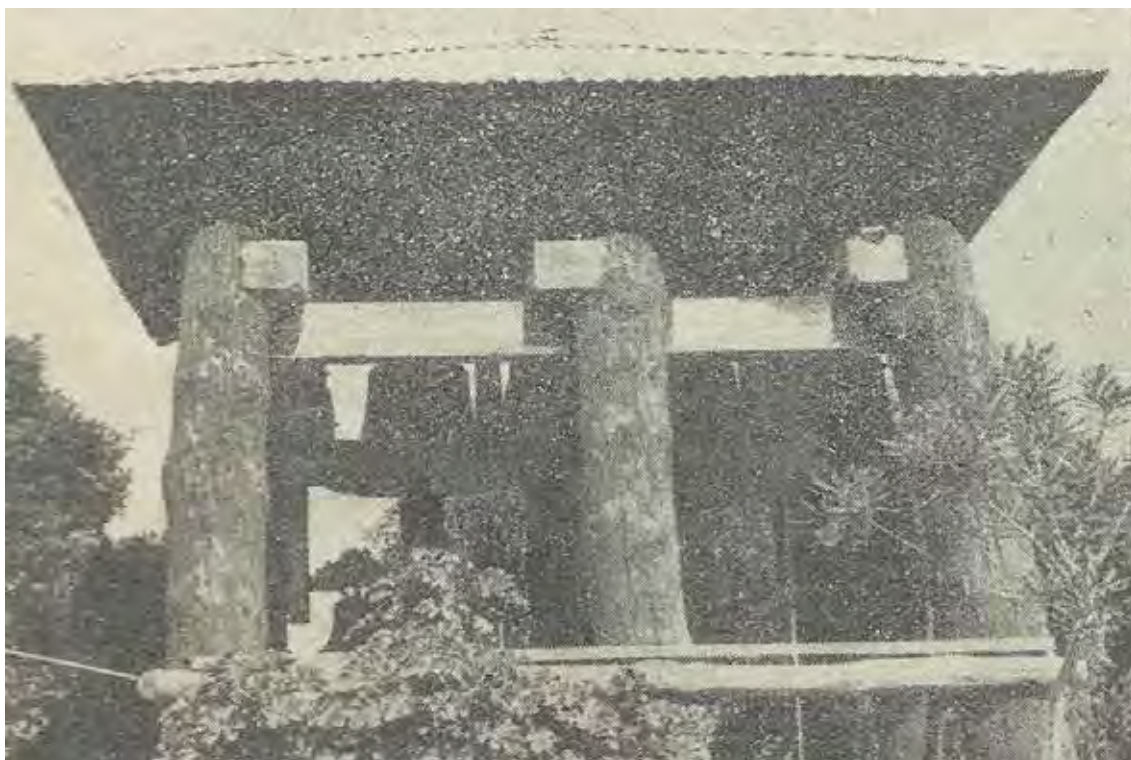


Fig. 4 Struttura provvisoria che dopo, l'8 settembre 1944, sostituiva il campanile della chiesa di Torre del Lago.



Fig. 5 Il nuovo campanile della chiesa di Torre del Lago.



Fig. 6 Affresco, di Ferruccio Orlandi, all'interno della cupola ricostruita della chiesa di Torre del Lago.



Fig. 7 La via Aurelia attraversa il centro di Torre del Lago da sud a nord passando davanti alla chiesa.



Fig. 8 Viale dei Tigli che porta da Viareggio a Torre del Lago attraversando un'ampia pineta. Si noti che i tigli sono a dimora da pochissimo tempo.



Fig. 9 Tratto della strada che dal lago porta al mare. Dopo avere incrociato il viale dei Tigli conduce alla spiaggia di Marina di Torre del Lago.



Fig. 10 La Marina di Torre del Lago negli anni '30 del secolo scorso.

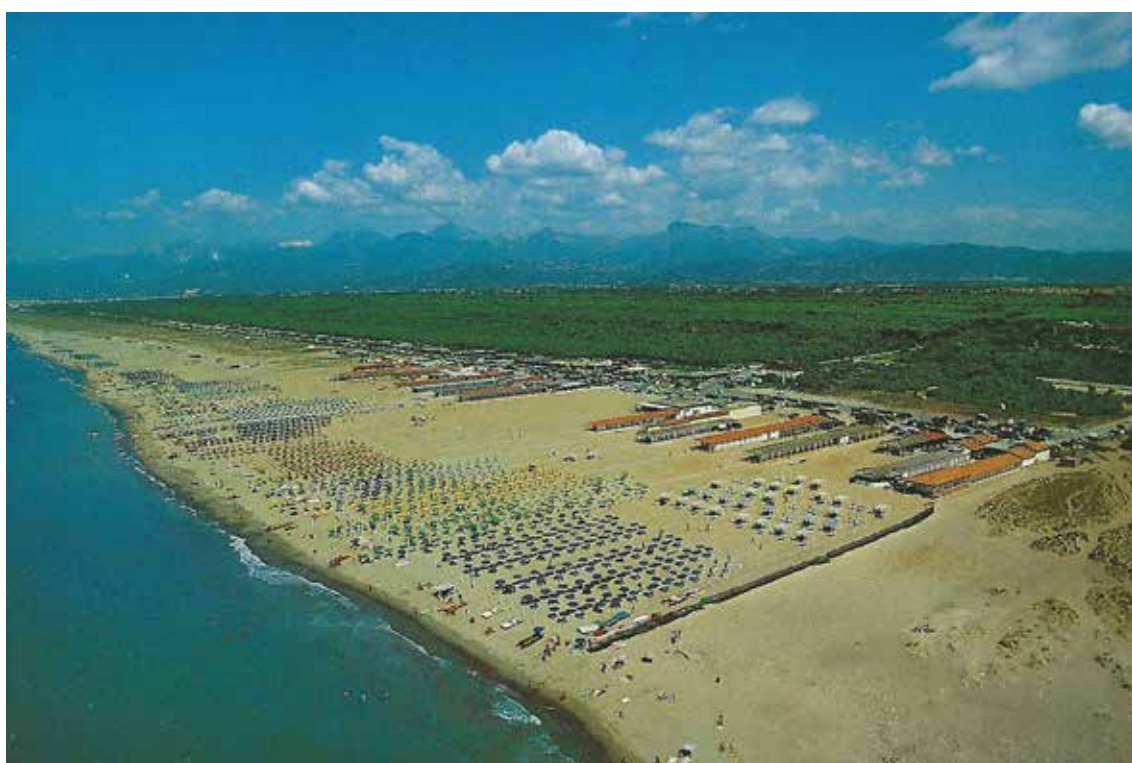


Fig. 11 Spiaggia e pineta da Torre del Lago a Viareggio.

IX) Gran Teatro Puccini

Le attrattive del paese non si limitano alle bellezze naturalistiche poiché a queste si sommano le proposte culturali che culminano, in estate, nel festival operistico Pucciniano che dal 1930, nella suggestiva cornice del Gran Teatro Puccini all'aperto, mette in scena una notevole stagione lirica, sulle sponde del lago Massaciuccoli.

Il complesso teatrale è stato progettato nel 2003 da Italo Insolera in collaborazione con Mauro Ciampa e Raffaello Bartelletti.

La struttura comprende un teatro-arena all'aperto con una capienza di 3116 persone e un teatro auditorium coperto per 600 persone. Vi sono inoltre sale di prova e servizi per orchestra e attori; sale e servizi per attività didattiche; terrazze panoramiche, bar-ristorante, padiglione per mostre, Museo Pucciniano, ecc.

Nelle fotografie alcuni ambienti del Gran Teatro Puccini



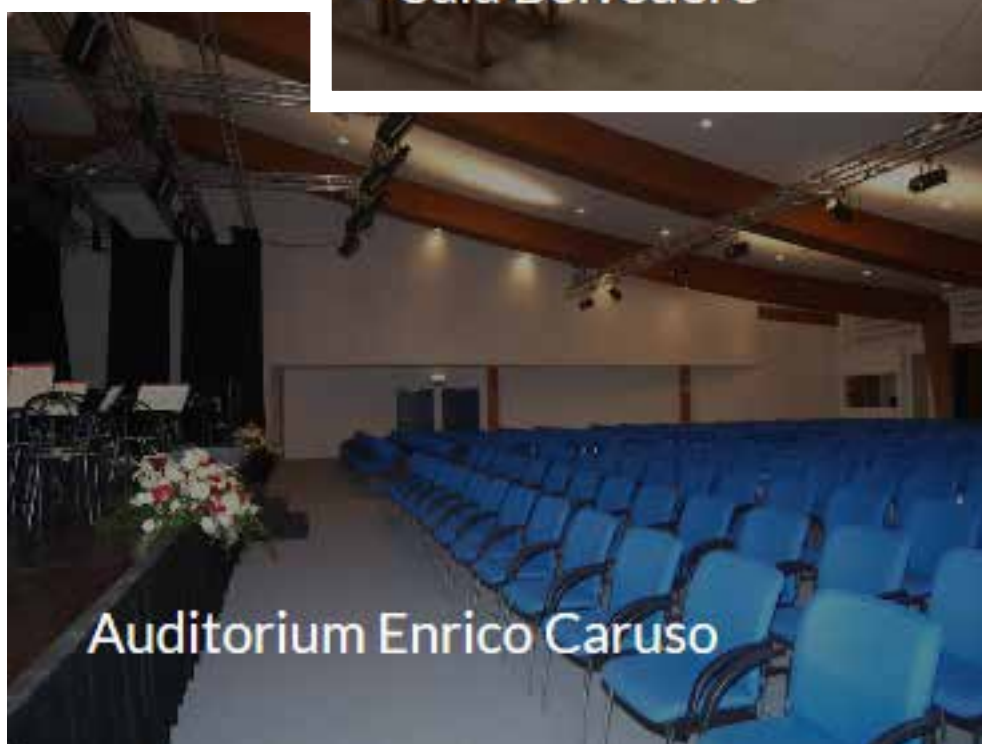
Nella foto, in blu, spicca il Gran Teatro all'aperto (A), poco distante da Villa Puccini (B) prospiciente alla terrazza Belvedere



Foyer



Sala Belvedere



Auditorium Enrico Caruso



Il Simposio visita Livorno

Prima visita guidata: La città e l'acqua di mare



I convegnisti partono dal LEM per la prima visita alla città



Prima fermata nei pressi dei Bagni Pancaldi Acquaviva



La livornese Giulia Persico, al centro dell'immagine, traccia, in pieno sole, una breve storia dei Bagni Pancaldi Acquaviva, sul Lungomare di Livorno.



Le domande e gli approfondimenti si susseguono e i convenuti pensano bene di spostarsi all'ombra delle piante.

La discussione continua sul ruolo dei Bagni “cittadini” ai giorni nostri



La “carovana” si trasferisce, a piedi, alla Terrazza Mascagni



A sinistra il gazebo della Terrazza Mascagni.



Ingresso alla Terrazza Mascagni, sullo sfondo il Grand Hotel Palazzo.
Sotto, alcuni convegnisti si affacciano sulla scogliera prospiciente la Terrazza Mascagni.
Il nucleo originale della terrazza fu costruito negli anni trenta del Novecento, ma nell'immediato dopoguerra, la terrazza fu notevolmente estesa e intitolata al celebre compositore labronico Pietro Mascagni.





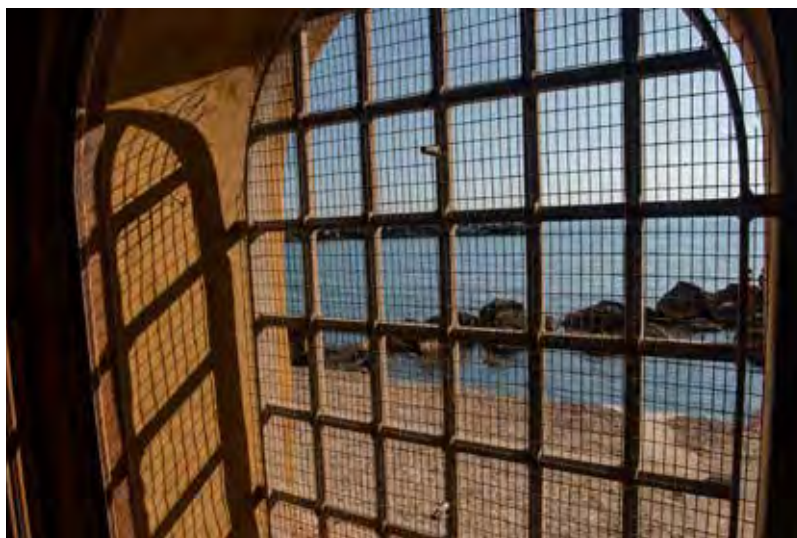
In attesa di salire sul pullman che ci condurrà alla chiesa di San Jacopo in Acquaviva



Chiesa di San Jacopo in Acquaviva, citata in un atto notarile del 1163. È una delle chiese più caratteristiche della città. È sul lungomare ed ha un lato che affaccia direttamente sul mare.



Il mare visto dalla Cripta della chiesa di San Jacopo in Acquaviva.



Sotto i Casini d'Ardenza



Nella prima metà dell'Ottocento, i numerosi stabilimenti balneari sorti lungo la costa, avevano fatto di Livorno una rinomata meta estiva ambita dalla borghesia. Nel 1835, furono avviati i lavori per l'ampliamento della via litoranea che conduceva al borgo d'Ardenza che divenne quindi oggetto di un'intensa attività edilizia. Il progetto fu affidato a Giuseppe Cappellini, che nel 1841 presentò un primo disegno con una serie di piccoli edifici isolati, i *casini*, disposti a forma semicircolare. Poco dopo l'architetto approntò una seconda versione, costituita da tredici unità abitative unite con 322 stanze, in un solo corpo di fabbrica, a forma di omega ed aperto verso la passeggiata.





In attesa dell'arrivo del pullman che ci riporterà al LEM diamo un ultimo sguardo e chiediamo ulteriori dettagli sui Casini d'Ardenza. Col tramonto del sole si conclude la prima visita alla costa livornese.

Seconda visita guidata: La città e l'acqua di terra



I convegnisti partono dal LEM per la seconda visita alla città

La prima tappa è il Cisternino di città, la cui costruzione è legata al compimento dell'Acquedotto Leopoldino, iniziato sul finire del Settecento per potenziare le risorse idriche di Livorno e dei suoi sobborghi. Nel 1809 Pasquale Poccianti assunse la direzione dei lavori dell'acquedotto e nel 1827 delineò le opere da farsi per il completamento del medesimo: alla relazione era allegato anche il progetto per un serbatoio da costruirsi nel centro della città, all'interno della cinta fortificata voluta dai Medici nel XVI secolo. Il progetto fu approvato nel 1837 ed i lavori vennero portati a compimento solo nel 1848.



I primi arrivati al Cisternino



Oggi il Cisternino è diventato un centro per convegni con due sale di grande capacità ben attrezzate. Nella foto sopra il lato con loggiato palladiano sulla via Grande; sotto la sala convegni al primo piano. Da questa si ha l'accesso al loggiato che consente un'ampia panoramica su piazza della Repubblica detta del Voltone (foto nella pagina seguente).



Sopra: Loggiato del Cisternino, sotto via Grande che si immette nella piazza del Voltone. Sullo sfondo via Larderel che conduce al Cisternone





Dal Cisternino di Città la comitiva passa al Cisternone (foto sopra).

Cisternone o Gran Conserva, serbatoio monumentale in stile neoclassico costruito tra il 1829 e 1842 dall'architetto Pasquale Poccianti per l'approvvigionamento idrico di Livorno. L'impianto tutt'oggi funzionante è situato ai margini della città ottocentesca sulla direttrice del viale degli Acquedotti (dal 1927 viale Giosuè Carducci). La facciata realizzata intorno al 1832 è formata da un massiccio porticato formato da otto colonne e una semicupola decorata a cassettoni chiaramente ispirata a quella del Pantheon di Roma. Nel 1833 la struttura della cupola poteva dirsi compiuta e nel giugno del medesimo anno il Cisternone ospitò i festeggiamenti per le nozze del Granduca Leopoldo II con la Principessa Maria Antonia. Per terminare i lavori per le finiture e per l'impianto tecnico ci vollero altri nove anni pertanto il cantiere restò aperto fino al 1842.

Il Cisternone, nelle intenzioni del progettista, doveva accumulare una grande quantità di acqua da erogare, un po' per volta al Cisternino, che tuttavia non entrò mai in funzione, forse per le complicazioni insorte con la costruzione della nuova piazza sul Fosso Reale, che con la sua volta avrebbe ostacolato il passaggio delle condotte provenienti dal vicino Cisternone. Successivamente a seguito dei bombardamenti della seconda guerra mondiale, che distrussero completamente il vicino palazzo Rosselli sede delle Poste, il Cisternino rimase isolato nella piazzetta conosciuta come Slargo del Cisternino. Con la Ricostruzione venne riedificato il Palazzo delle Poste con motivi architettonici più "moderni", che non lo hanno ben inserito nel contesto della piazza. Opere di adeguamento furono fatte anche all'interno del palazzo del Cisternino, con la costruzione di un solaio che divideva a metà la vasca interna al fine di realizzare, nella parte superiore, i locali della Casa della Cultura.

Dopo un lungo periodo di chiusura, l'11 novembre 2017 l'edificio è stato riaperto al pubblico e trasformato in uno spazio pensato per catalizzare la partecipazione della cittadinanza nei diversi ambiti di intervento comunale (cultura, politiche giovanili ecc.).

Si riprende il pullman e si va verso la località Pian di Rota a pochi chilometri dal centro cittadino.



Il Cisternino di Pian di Rota, fino agli ultimi anni dell'Ottocento, era collegato alla rete idrica e costituiva un serbatoio per l'accumulo e la depurazione delle acque. Anch'esso, come i precedenti, è un importante esempio di architettura neoclassica realizzato su progetto dell'architetto Pasquale Poccianti, a partire dal 1841. In basso il retro della struttura.





Tornando verso Livorno si effettua una visita allo Stabilimento termale Acque della Salute noto anche come Terme del Corallo, o meglio a ciò che resta di un grande complesso termale, ridotto ormai in pessime condizioni dopo decenni di abbandono.



Lo stabilimento Acque della Salute fu costruito, a partire dal 1903, su progetto dell'ingegnere Angiolo Badaloni, autore anche del grande Mercato delle vettovaglie di Livorno. L'area prescelta era quella posta al termine del rettilineo del viale degli Acquedotti (dal 1927 noto come viale Giosuè Carducci), in una fascia ancora non urbanizzata a est della città.

Qui, presso l'antico podere del Vigna, nel 1854, era stata scoperta una polla d'acqua salata che, successivamente analizzata dai professori Giuseppe Orosi e Raffaele Garinei, fu ritenuta idonea alla cura delle malattie dell'apparato digerente. Nel 1856 alcuni cittadini, per favorirne lo sfruttamento commerciale, si adoperarono affinché la sorgente fosse chiusa all'interno di un tempietto ottagonale su cui fu apposta questa iscrizione:

*Scorrente per tramite occulto quest'acqua sorgiva bagnò
per secoli inutilmente sotterra limo vile infecondo, curiosità
industrie commise oggi alla scienza rilevarne i principii e
l'uso benefico onde meritamente si noma acqua della salute,
ed ecco sopra la terra deserta non invano augurato all'utile
pubblico un sorriso dell'arte.*

Il successo fu tanto che nei primi anni del Novecento la polla fu rilevata dalla società Acque della Salute, che decise di costruirvi intorno un vero e proprio stabilimento termale, inaugurato il 15 agosto 1905.

Nello stesso anno fu aperta una linea tranviaria che dallo stabilimento conduceva fino al centro cittadino. In breve le Acque della Salute divennero uno dei principali centri di attrazione di Livorno, che all'epoca era ancora una delle capitali italiane del turismo balneare. Per favorire il soggiorno turistico nei pressi dello stabilimento termale, chiamato anche *Montecatini a mare*, venne realizzato il grande albergo Terminus Corallo e sui vicini terreni, donati al Comune di Livorno dalla Società delle Acque della salute, nacque la nuova stazione ferroviaria sulla direttrice Roma - Genova. Questa stazione fu considerata una delle più grandi e belle di Italia. I viaggiatori, che arrivavano a Livorno, trovavano nella zona tutte le comodità, dagli alberghi di primo ordine a comodi mezzi di trasporto. I frequentatori degli Stabilimenti delle Acque della Salute facevano parte della borghesia e dell'aristocrazia italiana e straniera e potevano usufruire, oltre che delle varie cure termali, di bellissimi ambienti con ombrosi viali e ameni giardini dove passeggiare e riposare. Potevano inoltre godere di molti svaghi come gare di tennis, pattinaggio, spettacoli, feste e manifestazioni di gala.

L'attività delle Acque della Salute proseguì fino alla seconda guerra mondiale; nel dopoguerra i padiglioni dello stabilimento furono trasformati in un locale da ballo, mentre fu potenziata l'attività di imbottigliamento delle acque.

Nel 1968 un incendio danneggiò gravemente la parte monumentale del complesso, che, a causa del disinteresse della proprietà, andò incontro a un inesorabile decadimento.

Conclusione dei lavori del Simposio: premiazione del Concorso fotografico e dei Poster

Dopo una cena “notevole” il Simposiarca è passato alla nomina dei vincitori del Concorso Fotografico e dei vincitori per il miglior Poster



Concorso Fotografico

Primo Premio

Daniele Ventura:
LE ATTIVITÀ ANTROPICHE

Secondo Premio

Bianca Rovai:
UNA PASTORA
CHE NON AMA I RIFUTI

Terzo Premio

Roberta Rocco, Francesca Pavanello:
UN NUOVO APPROCCIO ALLA RIATTIVAZIONE
DELLA DINAMICA DUNALE PER LA RICOSTITUZIONE
DEGLI HABITAT DI INTERESSE COMUNITARIO

Migliori Poster

Primo Premio

Luigi Corniello, Ilenia Gioia, Enrico Mirra, Adriana Trematerra:
IL PAESAGGIO E LE ARCHITETTURE SACRE NEL TERRITORIO COSTIERO TRA
MONTENEGRO E ALBANIA

Secondo Premio

Daniele Ventura, Andrea Bonifazi, Andrea Belluscio, Giandomenico Ardizzone:
VERY HIGH SPATIAL RESOLUTION ORTHOPHOTOS USING SMALL UNMANNED
AERIAL VEHICLES: A NEW TOOL FOR COASTAL MARINE HABITATS MAPPING

Terzo Premio

Naama Sarid, Beverly Goodman-Tchernov, Michael Lazar:
UN NUOVO APPROCCIO ALLA RIATTIVAZIONE
ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE COASTLINE OF HAIFA BAY, ISRAEL







**Una Targa Premio è stata assegnata anche a Fabio Berti
per il lavoro sul Lago di Massaciuccoli**



**Infine una Targa Premio è stata assegnata a Rita Franchi
per il proficuo supporto che ha dato
al Comitato Organizzativo in tutte le edizioni del Simposio**



**Gli Autori si fanno portavoce
dei comitati Scientifico e Organizzativo
e invitano tutti
a partecipare alla prossima edizione
del Simposio**