SOCIETÀ NAZIONALE DI SCIENZE LETTERE E ARTI IN NAPOLI

RENDICONTO
DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE
FISICHE E MATEMATICHE

SERIE IV - VOL. LXXXV - ANNO CLVII

(2018)

GIANNINI EDITORE

La pubblicazione è stata resa possibile grazie ai contributi
- della Regione Campania
- della Fondazione Banco di Napoli
- del Ministero per i Beni Culturali
- dell'Associazione "Amici della Società Nazionale di Scienze Lettere e Arti in Napoli"
- del Dipartimento di Matematica e Applicazioni "Renato Caccioppoli"

N. 85 - Dicembre 2018

ISSN 0370-3568

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere tradotta, riprodotta, copiata o trasmessa senza l'autorizzazione scritta dell'Editore.

Fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascuna pubblicazione. Le riproduzioni ad uso differente da quello personale potranno avvenire, per un numero di pagine non superiore al 15% per pubblicazione, solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, via delle Erbe, n. 2, 20121 Milano, telefax 02 809506, e-mail segreteria@aidro.org

Direttore responsabile: Carlo Sbordone
Volume a cura di Carmine Colella

© 2019 by Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche
Tutti i diritti sono riservati

Prima edizione italiana

Finito di stampare in Italia nel mese di maggio 2019
da Officine Grafiche Francesco Giannini & figli S.p.A. - Napoli

Autorizzazione del Tribunale di Napoli n. 780 del 14/08/1954

ISBN 978-88-7431-

Indice

E. Ferrara Dentice – *A Note on Lax Projective Embeddings of Grassmann Spaces* 5

L. Carbone, M. R. Enea – *Alle origini del Giornale di Matematiche di Battaglini* 9

M. Napolitano – *Materia-antimateria: una simmetria imperfetta* 37

A. Giuditta, J. Casalino – *BMD sequences: are they modified by learning?* 55

M. Malinconico – *Plastiche, Bioplastiche e Economia Circolare* 63

C. Angelini, J. Casalino, A. Giuditta – *BMD sequences from learning mice differ from those of control mice* 71

A. Mottana – *Omaggio a Leonardo:la scoperta della lunghissima storia della Terra* 77

G. Geraci – *Mattoni genetici* 133

C. Baiocchi – *Disuguaglianze isoperimetriche per i triangoli* 173

F. Angrisani, G. Ascione – *A Note on VLO Functions* 177

A. Gentile – *Regularity for minimizers of non-autonomous non-quadratic functionals in the case 1 < p < 2: an a priori estimate* 185

F. Orecchia, I. Ramella – *Implicitization of Parametric Hypersurfaces via Points* 201

A. Mazzarella, N. Scafetta, R. Di Cristo, R. Viola – *L'Osservatorio Meteorologico di San Marcellino Napoli Centro: i dati dell'anno 2018* 205

Istruzioni e modello 253

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 5-7

A Note on Lax Projective Embeddings of Grassmann Spaces

Nota di Eva Ferrara Dentice [1]

Presentata dal socio Francesco Mazzocca
(Adunanza del 16 febbraio 2018)

Key words: Grassmann spaces. Lax embeddings.

Abstract – In the paper (Ferrara Dentice *et al.*, 2004) a complete exposition of the state of the art for lax embeddings of polar spaces of finite rank ≥ 3 is presented. As a consequence, we have that if a Grassmann space $\mathscr{G}$ of dimension 3 and index 1 has a lax embedding in a projective space over a skew–field K, then $\mathscr{G}$ is the Klein quadric defined over a subfield of K. In this paper, I examine Grassmann spaces of arbitrary dimension $d \geq 3$ and index $h \geq 1$ having a lax embedding in a projective space.

Riassunto – Il lavoro (Ferrara Dentice *et al.*, 2004)) contiene una trattazione completa delle immersioni deboli di spazi polari che abbiano rango finito almeno tre. Come conseguenza dei risultati in esso contenuti, si ha che se uno spazio di Grassmann $\mathscr{G}$ di dimensione 3 ed indice 1 ha un'immersione debole in uno spazio proiettivo su un corpo K, allora $\mathscr{G}$ è la quadrica di Klein di uno spazio proiettivo di dimensione 5 coordinato su un sottocampo di K. Nel presente lavoro si esaminano spazi di Grassmann di dimensione $d \geq 3$ e indice $h \geq 1$ dotati di immersioni deboli in spazi proiettivi su corpi.

1 - INTRODUCTION

Given a skew–field H and a H–vector space V, let $PG(V)$ be the projective space of all linear subspaces of V. Following the custom, when V has finite dimension $d+1$, we denote $PG(V)$ by the symbol $PG(d,H)$.

In this paper, a *point–line geometry* is a pair $\Gamma = (P_\Gamma, \mathscr{L}_\Gamma)$ where P_Γ is a non–empty set, whose elements are called *points*, $\mathscr{L}_\Gamma$ is a collection of subsets of points, called *lines*, any two distinct points belong to at most one common line, every line contains at least two points and every point belongs to at least one line. Furthermore, an *isomorphism* between two point–line geometries $\Gamma = (P_\Gamma, \mathscr{L}_\Gamma)$ and $\Gamma' = (P'_\Gamma, \mathscr{L}'_\Gamma)$ is a bijection $\vartheta : P_\Gamma \longrightarrow P'_\Gamma$ such that ϑ and ϑ^{-1} transform lines onto lines.

[1]Dipartimento di Matematica e Fisica, Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli", Viale A. Lincoln, 5, 81100, Caserta, Italy. e-mail: eva.ferraradentice@unicampania.it

The *Grassmann space of index h* of a projective space $PG(V)$ is the point–line geometry $Gr(h, PG(V))$ whose points are all h–dimensional subspaces of $PG(V)$ and whose lines are the *pencils* of h–subspaces, a pencil being the set of all h–subspaces containing a fixed $(h-1)$–subspace and contained in a fixed $(h+1)$–subspace. When $PG(V) = PG(d,H)$, the Grassmann space $Gr(h, PG(V))$ is simply denoted by $Gr(d,h,H)$. We explicitely note that $Gr(d,0,H)$ is the projective space $PG(d,H)$ and $Gr(d,d-1,H)$ is the dual projective space $PG^*(d,H)$, thus we can suppose $1 \leq h \leq d-2$. It follows that $d \geq 3$.

A *projective embedding* of a connected point–line geometry Γ is an injective mapping e from the point–set P_Γ of Γ to the point–set of a desarguesian projective space Σ such that

(E1) the image $e(P_\Gamma)$ of P_Γ spans Σ;

(E2) for every line L of Γ, $e(L)$ spans a line of Σ;

(E3) no two distinct lines of Γ are mapped by e into the same line of Σ.

If moreover $e(L)$ is a line of Σ for every line L of Γ, then e is said to be *full*. Clearly, e is an isomorphism between the point–line geometries Γ and $e(\Gamma) := (e(P_\Gamma), e(\mathscr{L}_\Gamma))$, where $e(\mathscr{L}_\Gamma) = \{e(L), L \in \mathscr{L}_\Gamma\}$.
According to (Ferrara Dentice *et al.*, 2004), if e is non–full, or we do not know if it is full, or we do not care of that, then we say that e is *lax*.

If H is a (commutative) field, then the Grassmann space $Gr(d,h,H)$ admits full embeddings. More precisely, $Gr(d,h,H)$ is isomorphic to the Grassmann variety $\mathscr{G}(d,h,H)$ of $PG(D,H)$, where $D = \begin{pmatrix} d+1 \\ h+1 \end{pmatrix} - 1$, via the the *Plücker embedding*, sending every h–subspace $\mathscr{X}$ of $PG(d,H)$ into the point of $PG(D,H)$ whose coordinates are the Plücker coordinates of $\mathscr{X}$. Furthermore, all full embeddings of Grassmann varieties are known (Wells A.L. jr., 1983).

In the paper (Ferrara Dentice *et al.*, 2004) a complete exposition of the state of the art for lax embeddings of polar spaces of finite rank ≥ 3 is presented. Moreover, some improvements solving open cases and questions are given. As a consequence of Theorem 1.6 of (Ferrara Dentice *et al.*, 2004), we have the following result.

Theorem 1. *Let $\Gamma = Gr(3,1,H)$, H a skew–field. If Γ admits a lax embedding $e : \Gamma \longrightarrow \Sigma$ in a projective space Σ defined over a skew–field K, then H is a (commutative) sub–field of K and $Gr(3,1,H)$ is isomorphic to the Klein quadric $Q^+(5,H)$ of $PG(5,H)$.*

So far, Theorem 1 is the unique result concerning lax embeddings of Grassmann spaces. The next theorem extends Theorem 1 to Grassmann spaces of arbitrary index $h \geq 1$. We shall prove it in section 2.

Theorem 2. *Let (h,d) be a pair of integers such that $1 \leq h \leq d-2$ and let $\Gamma = Gr(d,h,H)$ be the Grassmann space of index h of a projective space $PG(d,H)$,*

H a skew–field. If Γ admits a lax embedding $e : \Gamma \longrightarrow \Sigma$ in a projective space Σ defined over a skew–field K, then H is a (commutative) sub–field of K and $Gr(d,h,H)$ is isomorphic to the Grassmann variety $\mathscr{G}(d,h,H)$ of $PG(D,H)$, $D = \begin{pmatrix} d+1 \\ h+1 \end{pmatrix} - 1$.

2 - PROOF OF THEOREM 2.

In this section, Γ is a Grassmann space satisfying the hypotheses of Theorem 2 of the previous section.

Lemma 1. *Up to isomorphisms, Γ contains a Grassmann space $\Gamma' = Gr(3,1,H)$.*

Proof. Let X and Y be projective subspaces of $PG(d,H)$ of dimensions $h+2$ and $h-2$, respectively, such that $Y \subset X$. Let P be the set of all h–dimensional subspaces of $PG(d,H)$ containing Y and contained in X and let $\mathscr{L}$ be the subset $\{L \cap P \mid L \in \mathscr{L}_\Gamma, |L \cap P| \geq 2\}$ of $\mathscr{L}_\Gamma$. Clearly, $\mathscr{L} = \{L \in \mathscr{L}_\Gamma \mid L \subset P\}$. Finally, let Z be a 3–dimensional subspace of $PG(d,H)$ such that $Z \subset X$ and $Z \cap Y = \emptyset$. Now, it is easy to see that $\Gamma' := (P, \mathscr{L})$ is a point–line geometry contained in Γ and isomorphic to $Gr(1,Z)$.

□

Lemma 2. *The Grassmann space Γ' contained in Γ admits a lax embedding into a projective subspace Σ' of Σ.*

Proof. Let $\Sigma' := [e(P)]$ be the projective subspace of Σ generated by $e(P)$, and let us define e' as the restriction $e_{|P}$ of e from P to the point–set of Σ'. It is easy to see that $e' : \Gamma' \longrightarrow \Sigma'$ is a lax embedding.

□

End of the Proof. From Lemma 2 and Theorem 1, H is a (commutative) sub–field of K. It follows that Γ is isomorphic to the Grassmann variety $\mathscr{G}(d,h,H)$ of $PG(D,H)$, $D = \begin{pmatrix} d+1 \\ h+1 \end{pmatrix} - 1$.

3 - REFERENCES

Ferrara Dentice E., Marino G. and Pasini A. (2004), *Lax Projective Embeddings of Polar Spaces*, Milan Journal of Mathematics, **72**, 335–377.

Wells A.L. jr. (1983), *Universal Projective Embeddings of the Grassmann, Half Spinor and Dual Orthogonal Geometries*, Quarterly Journal of Mathematics, Oxford ser. (2), **34**, 375–386.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 9-35

Alle origini del Giornale di Matematiche di Battaglini

Nota del socio ord. res. Luciano Carbone[1] e di Maria Rosaria Enea[2]
(Adunanza del 16 marzo 2018)

Key Words: History of Mathematics, *Giornale di Matematiche*, Giuseppe Battaglini.

Abstract - In this work, we study the origins of *Giornale di Matematiche*, the second older journal entirely devoted to mathematics in united Italy, founded in Naples in 1863. We link its creation to some previous experiences in pre-unitarian Italy. We highlight the definition of its redactional line.

Riassunto – In questo lavoro studiamo le origini del Giornale di Matematiche, il secondo giornale italiano in ordine di anzianità completamente dedicato alla matematica, fondato a Napoli nel 1863. Vengono messe soprattutto in evidenza i legami con alcune esperienze risalenti a prima dell'unificazione nazionale e la messa a fuoco della linea editoriale.

1 - INTRODUZIONE

Nella seconda metà dell'Ottocento, soprattutto dopo l'unificazione del Paese e nel fervore delle iniziative che seguirono, vi fu in Italia un sensibile incremento della stampa periodica scientifica specializzata. Nel 1863 a Napoli fu fondato il *Giornale di Matematiche*, comunemente detto, dal nome del suo primo direttore, di Battaglini, il secondo periodico italiano interamente dedicato alla matematica. In un recente lavoro (Enea 2017) è stata descritta la lunga e ricca storia di questa rivista. Nella presente nota intendiamo mettere in evidenza come il cammino verso la sua pubblicazione e la sua particolare na-

[1]Dipartimento di Matematica e Applicazioni "Renato Caccioppoli", Università degli Studi di Napoli "Federico II", Complesso Universitario di Monte Sant'Angelo, Via Cintia, Napoli; e-mail luciano.carbone@unina.it
[2]Dipartimento di Matematica, Informatica ed Economia, Università degli Studi della Basilicata, viale dell'Ateneo Lucano 10, Potenza; e-mail: maria.enea@unibas.it.

tura, certamente ispirato anche dall'apparire nel secondo quarto dell'Ottocento di riviste della stessa tipologia fuori di Italia, fosse stato aperto anche da alcuni importanti fattori risalenti al periodo preunitario: i Congressi degli Scienziati italiani e in particolare il settimo, tenutosi a Napoli nel 1845; la comparsa nel 1854-1857 di due riviste con una imponente presenza di contributi di natura matematica, gli *Annali Scientifici* e *Il Giambattista Vico,* a Napoli; la presenza, a Napoli, di scuole private con livello di insegnamento universitario, i cosiddetti studi privati.

2 - LO SPIRITO DEI TEMPI E IL COSTITUIRSI DI UN PUBBLICO NUOVO: I CONGRESSI DEGLI SCIENZIATI ITALIANI E IL CONGRESSO NAPOLETANO

I Congressi degli Scienziati Italiani furono i primi tentativi di creare in Italia una comunità scientifica nazionale, stabilendo contatti personali e sistematici tra gli scienziati dei vari Stati preunitari (Bottazzini 1983). Ai Congressi, che si tennero annualmente[3] dal 1839 al 1847, presero parte matematici, fisici, astronomi, chimici, geologi e naturalisti, ma anche economisti, storici, giuristi e letterati.

Il VII Congresso degli Scienziati Italiani si svolse a Napoli dal 20 settembre al 5 ottobre 1845. Presidente generale fu eletto Nicola Santangelo, ministro degli Interni del Regno, e Segretario generale Giacomo Filioli dell'Accademia Pontaniana. La cerimonia di apertura si svolse nella grande Sala del Museo di Mineralogia, con la partecipazione del re Ferdinando II (Atti 1846; Torrini 1989; Azzinnari 1995; Carbone *et a*l 1995; Schettino 2008).

Fu il raduno più sfarzoso e più affollato: ben 1613 convegnisti, di cui oltre la metà, 815, provenivano dalle provincie del Regno delle due Sicilie[4].

I lavori furono ripartiti in nove sezioni: Agronomia e Tecnologia, Chimica, Medicina, Chirurgia, Fisica e Matematica, Archeologia e Geografia, Botanica e Fisiologia Vegetale, Geologia e Mineralogia, e infine Zoologia, Anatomia Comparata e Fisiologia. Per eternare la memoria del Congresso fu coniata una medaglia, avente nel dritto la figura dell'Italia, e nel rovescio l'immagine di Giambattista Vico. Gli Atti furono pubblicati puntualmente nel 1846 presso la stamperia del Fibreno, per la prima volta in due volumi, per complessive 1600 pagine.

Ai lavori della sezione di Fisica e Matematica parteciparono personalità di rilievo come Francesco Orioli, Macedonio Melloni, Ottaviano Mossotti, Carlo

[3]I congressi furono organizzati a: Pisa nel 1839, Torino nel 1840, Firenze nel 1841, Padova nel 1842, Lucca nel 1843, Milano nel 1844, Napoli nel 1845, Genova nel 1846 e Venezia nel 1847. Gli eventi rivoluzionari del 1848 ne segnarono la fine.

[4]Va notato che il governo di Ferdinando II, re delle Due Sicilie, concedeva con circospezione autorizzazioni a partecipare a questi congressi, temendone la natura liberaleggiante. Si veda a questo proposito la cauta richiesta di autorizzazione riportata in (Schettino 2008).

Matteucci, e Giovanni Alessandro Majocchi.

La matematica napoletana fu rappresentata soprattutto da Fortunato Padula e Nicola Trudi.

A questo proposito vale la pena di ricordare che Napoli vantava una propria tradizione nel campo della geometria sintetica che aveva avuto, nel 1837, una menzione di merito nell'*Aperçu historique* del geometra francese Chasles: "*Le goût de cette Géométrie, qui a donné tant d'éclat aux sciences mathématiques jusques il y a près d'un siècle, surtout dans la patrie de Newton, s'est affaibli depuis, et aurait presque disparu, si les géomètres italiens ne lui fussent restés fidèles. On doit, de nos jours, au célèbre Fergola et à ses disciples, MM. Bruno, Flauti, Scorza, plusieurs écrits importants sur l'Analyse géométrique des Anciens, qui s'y trouve rétablie dans sa pureté originaire*" (Chasles 1837, p.46).

A questa scuola, fiorita soprattutto tra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento si era andata poi affiancando, non senza polemiche, una scuola *analitica* che si ispirava invece ai più moderni metodi matematici diffusi in Europa (Amodeo 1905,1924; Palladino 1999; Zazo 1926).

A partire all'incirca dal 1840 Trudi e Padula, ormai padroni di entrambe le metodologie cominciarono a rinnovare profondamente la ricerca matematica a Napoli e non a caso furono i naturali interlocutori di Jacobi e Steiner nel loro soggiorno napoletano del 1844 (Amodeo 1905,1924), pur essendo di formazione molto differente: allievo di Vincenzo Flauti, custode della scuola di Nicola Fergola, Trudi; formatosi invece alla scuola di Francesco Paolo Tucci, che aveva consolidato l'uso dei metodi analitici, Padula.

La memoria presentata da Trudi concerneva "*l'eliminazione delle equazioni algebriche per mezzo del calcolo integrale e differenziale*".

Padula affrontò in più riprese vari argomenti di meccanica: l'insufficienza delle equazioni generali del moto dei liquidi per risolvere i problemi che si presentano in natura;"*la resistenza dei muri che sostengono la spinta delle terre*"; i "*solidi di ugual resistenza*" e i "*pezzi incastrati in entrambe le estremità*".

Assai attivi nel congresso, presentando memorie e muovendo osservazioni, furono anche gli astronomi Annibale de Gasparis e Ernesto Capocci. In effetti l'astronomia nel Regno delle Due Sicilie aveva ottenuto un grande successo grazie alla scoperta all'inizio del secolo del primo pianetino ed era sul punto di cogliere altri successi proprio ad opera di de Gasparis (e grazie anche alla sua notevole abilità di matematico) con la scoperta di numerosi altri.

Capocci discusse il fenomeno delle macchie solari e la costituzione fisica del sole. De Gasparis presentò una tavola da servire alla "*invenzione*" (cioè alla risoluzione) delle equazioni cubiche numeriche. Ferdinando De Luca illustrò, infine, una sua memoria su un nuovo ordinamento degli studi geometrici, che suscitò una vivace discussione.

Il congresso del 1845 fu dunque per gli scienziati napoletani un'importante possibilità di confronto con le diverse realtà esistenti dentro e fuori il Regno. In

particolare alla sezione di Fisica e Matematica si contarono ben 174 iscritti.

Questi congressi misero anche in evidenza come ormai esistesse un numeroso pubblico desideroso di partecipare attivamente all'intenso sviluppo scientifico di quegli anni e dunque in grado di sostenere economicamente iniziative editoriali più specializzate. D'altro canto le pubblicazioni delle accademie e delle associazioni culturali per lo più contenevano memorie di varia natura ed erano generalmente sostenute da fondi messi a disposizione dai governi, dagli accademici stessi nel caso di accademie private, dai soci. La costituzione di questo pubblico è da mettere in relazione con vari fattori, che si andavano ad inserire nel generale clima di progresso tecnico e scientifico, quali ad esempio il fiorire delle scuole di ingegneria e l'incremento dei ruoli tecnici militari (genio, marina, uffici topografici) (Amodeo 1905,1924; Russo 1967; Valerio 1990, per il Regno delle Due Sicilie).

In effetti strettamente connessa al movimento dei Congressi degli Scienziati italiani fu la creazione di riviste periodiche per incrementare gli studi e portarli così ai livelli qualitativi dei paesi più evoluti. Le riviste, che si rivolgevano ai cultori delle scienze di tutti gli Stati, si proponevano di presentare le scoperte, le invenzioni e i nuovi metodi di ricerca degli scienziati italiani, e di informare sulle opere e sulle principali memorie scientifiche straniere. Obbiettivo importante e forse decisivo era far uscire dall'ambiente delle accademie i risultati scientifici ed offrirli alla fruizione di un pubblico colto scientificamente più vasto, sollecitandone la partecipazione attiva.

Così, nel 1841, furono fondati a Milano gli *Annali di fisica, chimica e matematiche*[5] sotto la direzione del fisico Giovanni Alessandro Majocchi.

Gli *Annali,* come esplicitamente dichiarato dallo stesso Majocchi, davano grande importanza alle scienze empiriche basate sopra osservazioni ed esperienze. Per generalizzare i risultati – continuava Majocchi – serviva l'aiuto delle matematiche, che esprimono nel loro linguaggio i rapporti e le leggi dei fenomeni, facendone scaturire nuove conseguenze e talvolta suggerendo nuove sperimentazioni.

Forse è questo il motivo per cui nel 1846 il titolo del giornale cambiò in *Annali di fisica, chimica e scienze accessorie coi bollettini di farmacia e tecnologia.*

Un'altra rivista legata ai Congressi degli scienziati italiani fu *Il Cimento: giornale di Chimica, Fisica e Storia Naturale*, pubblicata nel 1844 a Pisa[6], sotto la direzione di Carlo Matteucci e con la collaborazione di un gruppo di professori pisani tra i quali Ottaviano Mossotti e Raffaele Piria. Le pubblicazioni, sospese nel 1848, furono riprese nel 1855 sotto la direzione di Matteucci e Piria con il titolo *Il nuovo Cimento: giornale di fisica, di chimica e delle loro appli-*

[5] La rivista era trimestrale, stampata dalla *Società tipografica de' classici italiani*. Si veda (Lacaita 2012).

[6] Si trattava della prosecuzione de: *Le Miscellanee di Chimica, Fisica e Storia Naturale* raccolte in Pisa nel 1843 da Niccolò Capurro (Nagliati 2012).

cazioni alla medicina, alla farmacia e alle arti industriali. La rivista prosegue attualmente come organo della Società Italiana di Fisica.

3 - LE ESPERIENZE EDITORIALI: GLI ANNALI SCIENTIFICI E IL GIAMBATTISTA VICO

3.1 - Le riviste

Tra il 1854 e il 1857 furono pubblicati a Napoli gli *Annali Scientifici, giornale di scienze fisiche, matematiche, agricoltura, industria*, stampato presso il Nuovo stabilimento poligrafico di Tiberio Pansini in Napoli, e *Il Giambattista Vico, giornale scientifico,* stampato presso Dura Libraio.

I compilatori degli *Annali Scientifici* erano il matematico Vincenzo Janni e N. Buondonno, del quale al momento poco è noto. Come succedeva spesso nelle riviste napoletane dell'epoca, in *Il Giambattista Vico* non troviamo i nomi dei compilatori ma solo quello del mecenate, Leopoldo di Borbone, conte di Siracusa e fratello di re Ferdinando II, con interessi artistici e considerato di idee liberali.

Come si deduce dalle introduzioni, la nascita di entrambe le riviste era da collegarsi anche al Congresso[7] del 1845.

Lo scopo degli *Annali Scientifici* era quindi di offrire *agl'intelligenti del Regno un mezzo facile per mettersi in comunicazione con tutti i dotti e industriosi della Terra.*

Il Giambattista Vico invece, come gli *Annali* di Majocchi, si rivolgeva a tutta la nazione proponendosi di pubblicare tutto ciò *che ha rapporto alla scienza, al suo progresso, ed allo sviluppo intellettuale della Italiana famiglia*, espressione piuttosto ardita per l'epoca certamente segnata in maniera profonda dagli eventi del 1848.

Sembra che entrambe le riviste abbiano avuto vita breve. Pochi sono i volumi a noi pervenuti, conservati presso alcune biblioteche napoletane: tre volumi annuali degli *Annali Scientifici* del 1854, 1855 e 1857[8], e quattro volumi trimestrali del 1857 di *Il Giambattista Vico*. I motivi di questa durata limitata non sono al momento chiari: si può naturalmente pensare a problemi economici, ma non si può escludere la possibilità di qualche intervento governativo.

I modelli editoriali delle due riviste erano molto simili. Gli articoli pubblicati erano suddivisi per soggetti: Astronomia, Botanica, Chimica, Entomologia, Geografia, Geologia, Industria, Matematica, Medicina, Storia Naturale, Scienze Naturale, Paleontologia, Fisica, Fisiologia, Topografia, Zoologia.

---

[7]Osserviamo, ad esempio, che Vincenzo Janni compare nella lista dei partecipanti al convegno; inoltre la scelta del nome della rivista *Il Giambattista Vico* richiama il fatto che durante il Congresso, come già osservato, erano state coniate medaglie commemorative con l'immagine del Vico.

[8] Non è possibile dai volumi risalire alla periodicità degli *Annali Scientifici*. Il volume del 1857, come dichiarato nella copertina, è il terzo. Non si evince dal testo se c'è un errore nella data o se il volume uscì (cosa più probabile) con un anno di ritardo.

In *Il Giambattista Vico* troviamo anche Archeologia, Economia, Storia e Filosofia, soggetti che negli *Annali Scientifici* sono posti in *Appendice* e quindi non riportati nell'Indice (quasi a voler maggiormente sottolineare il carattere scientifico del giornale). La presenza nei due giornali degli stessi autori, quasi tutti scienziati napoletani che avevano partecipato VII Congresso, sembra convalidare la tesi che *Il Giambattista Vico* sia in qualche modo una continuazione ideale degli *Annali Scientifici*.

La presenza di una sezione tutta dedicata alla matematica rende queste riviste una novità a Napoli nel campo delle pubblicazioni scientifiche.

In effetti nella prima metà dell'Ottocento e già sul finire del Settecento erano state create molte riviste dirette ad un pubblico interessato alle scienze ma non necessariamente dotato di una specifica cultura scientifica. Anche queste trattavano più discipline, molto diverse tra loro, privilegiando temi interessanti per un pubblico eterogeneo, perché d'attualità o perché di importanza immediata nella vita quotidiana. Con uno stile spesso più vicino a quello giornalistico che scientifico, tendevano ad utilizzare una terminologia non tecnica, facilmente comprensibile ai non specialisti. Le principali fonti di queste riviste erano le memorie pubblicate da accademie e società scientifiche di tutta Europa. La medicina e la chimica finivano allora con l'essere le discipline più presenti. Subito dopo venivano le notizie relative alle industrie, agricoltura e zootecnica, alla fisica e alla storia naturale. Quasi completamente assente le matematiche che si accompagnano sempre alla fisica oppure alle scienze naturali.

Con gli *Annali Scientifici* e *Il Giambattista Vico*, cambiati i potenziali utenti, la natura degli articoli cambiava da divulgativa a scientifica, e quindi mutava anche il registro linguistico che diventava, per ciascuna disciplina, più specialistico.

Nella seguente tabella, costruita rispettando la classificazione utilizzata negli *Annali Scientifici* ed escludendo gli articoli d'area umanistica, viene indicato il numero di articoli pubblicati per anno in ciascuna disciplina nelle due riviste.

Negli *Annali Scientifici* il numero dei contributi di natura matematica nei primi due volumi è relativamente alto – sette e sei rispettivamente – mentre diminuisce notevolmente nel seguente volume – solo due. Si passa quindi da un 16% nel primo volume al 6% del terzo volume. Tuttavia l'articolo dal titolo *Geometria analitica,* che compare nel volume degli *Annali* del 1857 è un vero è proprio saggio: diviso in 15 capitoli, ne occupa il 60%.
Il decremento potrebbe, peraltro, essere anche giustificato dalla pubblicazione in quell'anno, 1857, di *Il Giambattista Vico* che contiene sette articoli di matematica.

Nel primo volume degli *Annali Scientifici* non si fa distinzione tra articoli di matematica pura e di matematica applicata, infatti dei sette articoli pubblicati nella sezione matematica quattro sono di matematica applicata, nel senso che la matematica è parte integrante di un articolo di scienze della vita o scienze della terra. Nei volumi successivi, pur essendo presenti un gran numero di articoli di matema-

tica applicata, la strategia dei compilatori cambia ponendo nella sezione matematica solo quelli di matematica pura. Analogamente accade nel *Il Giambattista Vico* dove troviamo due articoli di matematica applicata solo nel primo volume.

SOGGETTI	ANNALI SCIENTIFICI			G. B. VICO
	1854	1855	1857	1857
Astronomia	3	2	3	0
Botanica	4	1		4
Chimica	3	3	4	9
Entomologia	4			
Geodesia			2	
Geografia	2	4		
Geologia	1	1		1
Industria	3	2	0	3
Matematica	7	6	2	7
Medicina		2	4	7
Scienze naturali			7	1
Storia naturale	2	1		
Fisica	8	8	10	5
Fisiologia	5			1
Topografia	1	4		
Zoologia e Paleontologia		1		5

L'impressione complessiva che si ricava dalla lettura dei volumi delle due riviste è di una presenza significativa della matematica, e in particolare, per quanto riguarda la matematica pura, una tendenza a separarla dalle applicazioni, e a trattare gli argomenti in modo esteso e completo, al punto da rendere l'ultimo volume degli *Annali Scientifici* quasi esclusivamente a carattere matematico.

L'avventura di queste riviste sembra dunque mostrare come anche a Napoli si potesse ormai pensare all'uscita di una rivista specializzata se non proprio in matematica, quanto meno nelle scienze esatte, come stava accadendo a Roma con gli *Annali di Scienze Matematiche e Fisiche*, pubblicati a partire dal 1850 da Barnaba Tortolini.

A confermare ciò è anche il decisivo aumento delle memorie di argomento matematico nei sei volumi degli *Atti* e nei due delle *Memorie* della Reale Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli, pubblicati (non con regolarità) fino al 1857, memorie peraltro destinate, come già accennato, ad un pubblico più ristretto. Se escludiamo il primo volume, dato alle stampe nel 1819, e contenente 11 articoli di Nicola Fergola e dei suoi allievi risalenti al periodo francese, nei volumi che vanno dal secondo al quinto, rispettivamente pubblicati negli anni 1825, 1832, 1839 e 1843/44, il numero degli articoli di matematica passa dal 33% al 3%. Nel 1851 si registrava un primo incremento passando al

31%. I due volumi delle *Memorie*[9], usciti nel 1856 e nel 1857, indicavano la matematica come una disciplina in forte ripresa: gli articoli di matematica erano rispettivamente il 53% e il 49% e di questi la metà erano di matematica pura.

È interessante osservare in che percentuale i redattori degli *Annali Scientifici* e di *Il Giambattista Vico* abbiano attinto da testi o riviste straniere e quanto rilevante sia, invece, il contributo originale dato dagli studiosi napoletani.

I compilatori delle due riviste nel dichiarare quali sarebbero state le fonti a cui avrebbero attinto, sottolineano l'originalità delle loro compilazioni. Per tutte le discipline le memorie erano quasi sempre composizioni originali che tenevano conto della bibliografia, anche straniera, esistente sull'argomento trattato.

Nel primo volume degli *Annali Scientifici* la percentuale di lavori tradotti in italiano è del 33%, si passa poi all'11% e al 13% nel secondo e terzo volume rispettivamente. Gli articoli tradotti erano quasi tutti tratti da giornali francesi quali *Revue des deux Mondes, Revue Britannique,* (che a sua volta pubblicava traduzioni in francese di articoli in lingua inglese), *Journal des Savantes, Cosmos, Comptes Rendu*s. Erano presenti però anche articoli tratti da riviste pubblicate in altri Stati italiani, quali *Lo Spettatore*[10]*, Il Morgagni*[11]*,*il già citato *Il Cimento*, i *Rendiconti* delle varie accademie. In *Il Giambattista Vico* invece non troviamo articoli tradotti in italiano da altre lingue.

Il decremento delle traduzioni sembra in linea con gli scopi delle due riviste. I compilatori degli *Annali Scientifici*, volendo informare gli *intelligenti del Regno*, attingono di più da altre riviste italiane e straniere, quelli di *Il Giambattista Vico* invece, volendo dare un contributo al progresso delle scienze, trattano argomenti più legati alle loro ricerche e quindi più legati alla produzione originale napoletana.

3.2 - Gli autori

Tra gli autori di articoli presenti nei due periodici, troviamo alcuni dei nomi più illustri della Scienza napoletana, animatori delle più importanti istituzioni scientifiche del Regno: oltre all'*Università* e all'*Accademia di Scienze, Lettere ed Arti*, anche il *Museo di Mineralogia*, il *Museo di Zoologia*, l'*Orto Botanico*, l'*Osservatorio Astronomico di Capodimonte*, l'*Osservatorio Vesuviano* e il *Reale Istituto di Incoraggiamento* (Amodeo 1905, 1924).

Ernesto Capocci e Annibale De Gasparis si fecero portavoce anche dell'importante cambiamento di prospettiva degli studi di astronomia in atto in quegli anni. Infatti, gli scienziati oltre ad occuparsi della determinazione della

---

[9] Il volume pubblicato nel 1856 raccoglieva le memorie dal 1852 al 1854, quello pubblicato nel 1857 le memorie dal 1855 al 1857.

[10] *Lo Spettatore, rassegna letteraria, artistica, scientifica e industriale* era un settimanale culturale fondato a Firenze nel 1855.

[11] *Il Morgagni*, fondato a Napoli nel 1857 da Pietro Cavallo, era un periodico di medicina.

distribuzione degli astri nello spazio, cominciavano a studiare anche la natura degli astri stessi. La presenza tuttavia nella sezione di matematica di articoli di astronomia, indicano come la cultura astronomica a Napoli restava ancora profondamente legata ad una tradizione di studi matematici e dunque al filone classico dell'astronomia di posizione. La sezione di botanica aveva come protagonista Guglielmo Gasparrini, che dopo aver collaborato con Michele Tenore alle ricerche sulla flora delle provincie del Regno, aveva cominciato a studiare la struttura e il funzionamento degli organi delle piante. A queste ricerche si possono ricondurre anche dei lavori del naturalista Oronzio Gabriele Costa. Ad Achille Costa, noto zoologo, si devono invece i molti articoli di entomologia napoletana pubblicati nelle due riviste. Gli studi sui fossili e minerali dei terreni vulcanici, in particolare del Vesuvio, furono invece oggetto di studio del paleontologo Guglielmo Guiscardi allievo di Arcangelo Scacchi. Elettricità e magnetismo furono ampiamente trattati nella sezione di Fisica ad opera di Macedonio Melloni e Luigi Palmieri.

Al professore di navigazione del Reale Collegio di Marina, Gaetano Poderoso, si devono una serie di articoli, nella sezione industria, sulle macchine a vapore e sui loro principi teorici applicati all'industria e alla navigazione. Il geografo Giuseppe de Luca fu autore di una serie di articoli su studi e novità geografiche, che ponevano la geografia come scienze sempre più autonoma rispetto alla mineralogia e alla geologia. La sezione di chimica e quella di farmacia erano curate dal medico Raffaele Paura che, oltre ad occuparsi di chimica organica, dirigeva la farmacia del celebre Ospedale degli Incurabili in Napoli.

3.3 - I matematici e le loro memorie

Nella seguente tabella vengono riportate, per la sezione matematica, l'elenco degli autori e dei titoli delle memorie pubblicate nelle due riviste.

ANNALI SCIENTIFICI

I Volume 1854	
Dimostrazione elementare dell'azione che esercita il moto rotatorio della terra sul piano di oscillazione del pendolo	D.F. Schaub
Due formule di Trigonometria sferica	H. d'Arrest
Dimostrazione di due formule di Trigonometria sferica	Nicola Trudi
Dimostrazione elementare dell'equazione de' fluidi elastici omogenei e d'uniforme temperatura	Remigio del Grosso
Studi di Meccanica razionale: sulle oscillazioni isocrone	Biagio de Benedictis
Dimostrazione di un Teorema di Ottica	Remigio del Grosso
Problema	Andrea Sabato

II Volume 1855	
Problema	Giuseppe Janni
Problema	Andrea Sabato
Teorema	Giuseppe Janni
Geometria Superiore	Andrea Sabato
Problema	Remigio del Grosso
Due problemi di Geometria	Francesco Grimaldi

III Volume 1857	
Applicazione del metodo delle coordinate trilineari alla dimostrazione dei teoremi proposti da Steiner (proposti nel Giornale Arcadico di Roma)	Remigio del Grosso
Geometria analitica	

IL GIAMBATTISTA VICO

I Volume 1857	
Formule e tavole numeriche per la soluzione del problema di Keplero	Annibale de Gasparis
Sulla omografia delle figure	Giuseppe Battaglini
Sulla figura di equilibrio di una lama elastica senza peso, e sollecitata in vari punti della sua lunghezza da forze dirette nello spazio	Remigio del Grosso

II Volume 1857	
Sulla omografia delle figure	Giuseppe Battaglini

III Volume 1857	
Ricerche di geometria analitica	Fortunato Padula
Dimostrazione di un teorema di Cayley sulla eliminazione	Remigio del Grosso

IV Volume 1857	
Pensieri intorno al modo di scriversi la storia delle scienze, e particolarmente delle matematiche, con uno sguardo sulla storia della geometria.	Ferdinando de Luca

La sezione matematica in entrambe le riviste conteneva articoli di astronomia, caratterizzati da una forte componente matematica.

Tra gli autori si distingue Remigio del Grosso impegnato in articoli di meccanica, geometria analitica ed algebra.

Il secondo volume degli *Annali Scientifici*, poneva accanto, quasi a complemento e a ricordo di vecchie vicende e contese, le due scuole napoletane, quella analitica e quella sintetica. Esso infatti conteneva diversi problemi di matematica elementare risolti da Giuseppe Janni e Andrea Sabato, con *l'analisi*

delle coordinate, e da Francesco Grimaldi, *con i metodi geometrici degli antichi*.

Matematici come Padula e Sabato, erano autori di memorie di geometria analitica e geometria descrittiva. L'estesa memoria di geometria analitica contenuta negli *Annali Scientifici* non era firmata ma va forse collegata ai trattati elementari di geometria analitica di Nicola Trudi e Raffaele Rubini, rispettivamente del 1852 e del 1851 e del 1857 (Trudi 1852; Rubini 1851; Rubini 1857).

Giuseppe Battaglini, in *Il Giambattista Vico,* pubblica i suoi primi studi di Geometria proiettiva: si tratta essenzialmente di tentativi di fondare la teoria dell'omografia sul concetto di corrispondenza biunivoca senza l'uso del rapporto armonico.

Infine il quarto volume di *Il Giambattista Vico* si chiude con un breve articolo di Ferdinando de Luca, dove viene suggerito di esporre la storia delle matematiche prendendo "*a guida lo sviluppo delle singole teorie e non già la successione degli uomini nel tempo*".

4 - LE ESPERIENZE DI FORMAZIONE: GLI STUDI PRIVATI

Un elemento caratterizzante la vita culturale del Regno delle Due Sicilie fu la presenza di scuole private che davano insegnamenti di alto livello, i cosiddetti studi privati, che in alcuni casi avevano conquistato posizioni di assoluto prestigio rispetto anche a quelli dati nell'Ateneo. Ancora citata anche nella manualistica è ad esempio lo studio di Giambattista Puoti, che verteva sull'insegnamento della lingua italiana (Amodeo 1905,1924; Zazo 1926).

Per quanto concerne il settore scientifico, questi studi preparavano essenzialmente all'esame di ammissione ai corsi di ingegneria, di natura professionale, fornendo la necessaria preparazione matematica. Tuttavia in quegli ambienti si creava una forte interazione personale tra docenti e studenti. Gli studenti più motivati e dotati venivano stimolati attraverso corsi supplementari, nei quali venivano proposti e analizzati veri e propri temi di ricerca. Erano docenti in queste scuole, negli anni Cinquanta dell'Ottocento, molti dei matematici già attivi negli *Annali* e nel *Vico* come Padula, Battaglini, Trudi.

Molti anni dopo Torelli (1892) ricordando Achille Sannia che aveva tenuto uno degli studi più celebri avrebbe descritto, con commozione, il tipo di attività che vi si svolgeva.

Per gli usi di questi studi si era anche sviluppata una notevole produzione di traduzioni di opere straniere, soprattutto francesi. Principali punti di riferimento per la geometria analitica erano l'*Analyse appliquée à la géométrie des trois dimensions* di Leroy e il *Treatise on the higher plane curves* di Salmon, tradotti in italiano a Napoli rispettivamente nel 1843 da Francesco Paolo Tucci e nel 1857 da Vincenzo Janni (Leroy 1843; Tucci 1843; Salmon 1852; Janni 1857) Per la geometria descrittiva ci si ispirava al *Traité de géométrie descriptive* di

Leroy tradotto in italiano nel 1846 da Tucci e Salvatore d'Ayala (Leroy 1834; Tucci, D'Ayala 1846). A queste traduzioni fece seguito una vasta produzione di manuali scritti dagli stessi docenti napoletani ad uso didattico (Pepe 2006; Ferraro 2008; Gatto 2010; Ferraro 2012).

5 - LA CREAZIONE DEL GIORNALE DI MATEMATICHE

5.1 - La nascita

Nel 1860, con l'Unità d'Italia, vi fu un profondo rinnovamento del personale docente universitario. Oltre a richiamare molti esuli che il vecchio regime aveva allontanato, vi fu un graduale assorbimento degli studi privati (Gatto 2000).

D'altro canto la necessità degli studi privati almeno nel settore scientifico veniva meno in quanto l'ammissione alle scuole di ingegneria veniva ora subordinata al compimento di un biennio universitario di studi essenzialmente di tipo matematico.

Il corpo docente della nuova Facoltà di matematica di Napoli fu dunque così costituito: della passata università borbonica furono riconfermati Annibale De Gasparis per la cattedra di Astronomia; Antonio Cua per quella di Geometria a due e tre coordinate (mutata poi in Geometria analitica); Nicola Trudi al quale, abolito l'insegnamento di Calcolo sublime che aveva tenuto fino ad allora, fu assegnata la nuova cattedra di Calcolo differenziale e integrale; Ambrogio Mendia e Michele Zannotti che assunsero rispettivamente la cattedra di Geometria descrittiva e di Fisica Matematica. Accanto a questi furono chiamati: Fortunato Padula, direttore della Scuola di Ponti e Strade, per la cattedra di Meccanica razionale; Remigio Del Grosso e Raffaele Rubini, dal Collegio di Marina, il primo per la cattedra di Meccanica celeste e il secondo per quella di Algebra e Algebra complementare; Emanuele Fergola, dal Collegio Militare, per l'Analisi superiore; infine Giuseppe Battaglini, sulla cattedra di Geometria Superiore. Anche Achille Sannia chiuse nel 1865 la sua scuola e accettò di insegnare Geometria descrittiva e disegno.

Così molti dei collaboratori degli *Annali* e del *Vico* videro premiata la loro operosità con una cattedra universitaria.

Ma l'unificazione italiana, oltre a determinare un clima intellettualmente effervescente, aveva introdotto anche altri importanti fattori di novità. Ad esempio la legge di riforma universitaria del 1859, la cosiddetta legge Casati, la cui validità era stata estesa all'intero paese, aveva determinato una certa uniformità di studi e dunque si era costituito un pubblico di studenti potenziale abbastanza vasto. D'altro canto anche la circolazione dei volumi era di gran lunga facilitata dall'esistenza di un mercato retto da regole comuni, da una moneta unica e da un unico sistema postale.

Questi nuovi fattori, la presenza di un forte interesse per la scienza messo

ben in evidenza dai congressi, le prove editoriali degli *Annali Scientifici* e del *Il Giambattista Vico*, l'esperienza di interazione con gli studenti maturata negli studi privati confluirono nella nascita di una rivista interamente dedicata alla matematica: il *Giornale di Matematiche ad Uso degli Studenti delle Università Italiane*, la cui pubblicazione ebbe inizio nel 1863 sotto la direzione di Giuseppe Battaglini, Nicola Trudi e Vincenzo Janni. Non a caso nel titolo stesso della rivista veniva sottolineato che essa era ad uso degli studenti universitari dell'intera Italia. Nella prefazione si precisava che esso era diretto "*principalmente ai giovani studiosi delle Università italiane, perché loro serva come anello tra le lezioni e le alte quistioni accademiche, cosicché possano rendersi abili a coltivare le parti superiori della scienza e leggere senza intoppi le dotte compilazioni del Tortolini, del Crelle, ed altri*". Veniva poi specificato che: "*Procederà nella nostra compilazione e ne sarà come base una serie di articoli, i quali svolgeranno ordinatamente i principi dei moderni metodi di ricerca. Insieme a questi si tratteranno delle quistioni speciali, di cui si pubblicheranno le soluzioni inviate alla direzione del giornale, e si daranno articoli bibliografici e di storia delle matematiche*". Probabilmente fu decisiva anche l'intraprendenza di un editore tipografo, Benedetto Pellerano, peraltro già esperto di pubblicazioni matematiche e forse in possesso di un corpo di caratteri specializzati in piombo, utilizzati ad esempio nella stampa di (Trudi 1862).

Il giornale usciva in fascicoli mensili di 32 pagine in 8° grande al prezzo di abbonamento per Napoli di 12 lire, e per il resto d'Italia di 14 lire. La locandina che ne annunciava la pubblicazione, ora in (Gatto 2000), a riprova anche dei suoi collegamenti con gli *Annali Scientifici* e *Il Giambattista Vico* e con gli studi privati, portava in calce, oltre i nomi di Battaglini, Janni e Trudi, quelli di Emanuele Fergola, Annibale De Gasparis, Remigio Del Grosso, Fortunato Padula, Raffaele Rubini, Achille Sannia e quelli Carlo Avena e Andrea Sabato. Fu dunque l'intera comunità matematica che aveva il suo centro in Napoli, rimasta capitale culturale del Mezzogiorno, che si riconobbe nell'iniziativa.

Alcune memorie pubblicate nei primi volumi del *Giornale* sembrano essere la naturale continuazione dei temi trattati precedentemente nelle due riviste: Trudi presentò una memoria sui diversi sistemi di coordinate omogenee (Trudi 1863), Del Grosso continuò ad indagare gli strumenti matematici utili nei problemi di meccanica (Del Grosso 1863), mentre De Gasparis pubblicava ancora su classici temi di astronomia di posizione (De Gasparis 1864). Battaglini approfondiva i sui studi di geometria proiettiva presentando i suoi lavori sulle "forme geometriche" di prima e seconda specie (Battaglini 1863). Lo stesso richiamo nella prefazione ad articoli che avrebbero svolto "*ordinatamente i principi dei moderni metodi di ricerca*" ricorda ad esempio la lunga serie di articoli di geometria analitica presente nell'ultimo volume degli *Annali scientifici.*

Il modello editoriale del *Giornale di Matematiche* chiaramente non era più quello delle riviste che lo avevano preceduto, bensì aveva varie caratteristiche di

alcuni giornali stranieri, come le *Nouvelles Annales de Mathématiques* di Gerono e Terquem, fondato nel 1842, e la *Correspondance Mathématique et Physique* di Quetelet, fondato nel 1825, che sarebbe stata ripresa, sempre in Belgio, dapprima dalla *Nouvelle Correspondance Mathématique* di Catalan nel 1875 ed infine nel 1881 dalla *Mathesis: Recueil Mathématique* di Mansion e Neuberg.

Questi giornali già si rivolgevano a quel pubblico più vasto cui già si è accennato, costituito da ingegneri, ufficiali del genio e di marina, insegnanti e studenti, interessati alla matematica e alle sue applicazioni e pubblicavano articoli scientifici, articoli bibliografici, recensioni, lettere ai redattori e avevano una sezione di questioni e soluzioni. La partecipazione dei lettori a questa sezione misurava l'indice di gradimento della rivista ma soprattutto era un potente strumento per la diffusione delle ricerche. Ad esse mancava però quel volersi rivolgere prioritariamente proprio agli studenti universitari, tipico del *Giornale*, che pubblicò anche relazioni su corsi, programmi, sunti di lezioni.

Questa caratteristica era invece presente in un giornale venuto alla luce esattamente un anno prima, nel 1862, in Gran Bretagna, *The Oxford, Cambridge and Dublin Messenger of Mathematics*, che nel 1872 si sarebbe trasformato nel celebre *Messenger of Mathematics* (Despeaux 2007).

5.2 - Un tentativo di infanticidio?

Il *Giornale* si differenziò così anche dagli *Annali di Matematica Pura e Applicata.* Questa rivista succedeva ai già citati *Annali di Scienze Matematiche e Fisiche* di Tortolini nel 1858 divenendo la prima rivista italiana esclusivamente dedicata alla matematica. Betti, Brioschi, Cremona e Genocchi affiancavano nella direzione Tortolini e sembravano ormai mirare ad un pubblico costituito soprattutto da ricercatori di professione sulla linea aperta dal *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, fondato nel 1836 da Liouville, e dal *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, fondato nel 1826 da Crelle.

Naturalmente le due riviste andavano ad incidere in larga misura sullo stesso pubblico potenziale, anche se su segmenti diversi, finivano così tra di loro in concorrenza e correvano il rischio sia di incontrare difficoltà finanziarie sia di disperdere le forze. Brioschi e Cremona tentarono allora la strada di una fusione nel 1867, quando la composizione degli *Annali* fu trasferita da Roma a Milano e divennero i soli redattori della nuova serie. La richiesta di fusione rivolta a Battaglini è andata forse definitivamente perduta[12]. Tuttavia essa è parzialmente ri-

[12] In una lettera del 19 giugno 1894 da Torino a Gabriele Torelli, Enrico D'Ovidio, che si accingeva a preparare una commemorazione di Giuseppe Battaglini, scomparso da pochi giorni, per l'Accademia dei Lincei proprio con l'aiuto di Torelli, scrive: "*A Napoli ho visitato la sig.ra Battaglini e ho avuto notizie precise della carriera. Di lettere utili al caso nostro non ve ne sono presso la famiglia tanto più che nell'ultimo cambiamento di alloggio il Prof. distrusse quasi tutto.*" (per un inventario della corrispondenza Torelli presso la Biblioteca universitaria di Firenze si veda (Carbone, Enea 2011)).

costruibile (almeno in via congetturale) grazie ad una lettera di Cremona a Chelini nella quale viene descritto anche il tentativo di fusione, ora in (Enea, Gatto 2009), e a qualche cenno nella risposta, del 31 gennaio 1867, di Battaglini, rimasto da solo alla direzione del *Giornale*, ora in (Palladino, Mercurio 2011), alla richiesta di fusione effettuata dallo stesso Cremona.

Cremona in effetti parla dell'opportunità di un giornale della tipologia di quello di Crelle, che "*rappresenti l'operosità dei matematici italiani"*, e della necessità "*affinché il giornale riesca degno dell'Italia,* del *concorso di tutti i matematici italiani*" e Battaglini innanzi tutto accenna, respingendole, ad eventuali motivazioni relative alla conservazione del suo giornale quali un "*amor proprio mal riposto*" e "*municipalismo*".

Per giustificare il suo rifiuto alla fusione, adduce solo motivi "*prosaici*" di ordine finanziario: l'editore Pellerano, al momento è in netta perdita (circa "*2000 lire"*) e spera di rifarsi; a lui ha dato la sua *parola da galantuomo*, alla quale naturalmente non intende venire meno, *di non lasciare la redazione del giornale se non col suo consenso*. Ogni discussione ulteriore è così arrestata sul nascere: è facile immaginare che se Battaglini fosse entrato, invece, nei criteri di redazione, osservando ad esempio che il giornale da lui diretto, come segnalato fin dalla prefazione, era in un certo qual senso propedeutico proprio alla lettura di riviste del tipo degli stessi *Annali*, si sarebbe forse potuto trovare una qualche linea editoriale intermedia. A motivi economici viene riportata anche la decisione di Trudi e Janni di ritirarsi dalla redazione della rivista.

Che questo sia stato l'unico motivo del rifiuto, vi è qualche ragione di dubitarne. Battaglini tenne la direzione della rivista per circa trenta anni, anche quando per svariati anni insegnò all'università di Roma, mentre la rivista continuava ad essere pubblicata a Napoli, e durante il periodo della malattia che l'avrebbe portato alla morte. Durante tutti questi anni mantenne fermi i suoi criteri di redazione.

Ancora: il *Giornale* era il punto di arrivo delle esperienze di una generazione di matematici, legati a Napoli, sembra allora strano che Battaglini non abbia scambiato pareri con alcuni tra loro su una questione di tale peso, se non addirittura concordato una posizione, come lascerebbe pensare l'accenno a Trudi e Janni.

Ma c'è di più. Nel secondo fascicolo del quinto volume del *Giornale,* relativo al febbraio del 1867, Battaglini pubblica, a pagina 33, sotto la voce annunzio bibliografico la "*lettera circolare degli Editori degli Annali di Matematica Pura e Applicata"*, datata 10 febbraio 1867. In essa Brioschi e Cremona, annunciano la nascita della nuova serie della rivista, che li vede come unici editori, descrivono le modalità di pubblicazione e ne spiegano le finalità, secondo le linee lumeggiate da Cremona a Chelini. Nello stesso fascicolo, a pagina 57, Battaglini dà una *Notizia universitaria*, della quale sembra quasi voler approfittare proprio per ribadire alcuni dei suoi principi redazionali:

"*Alcuni giovani in Napoli, tra Studenti della Facoltà Matematica dell'Università, ed Alunni della Scuola degl'Ingegneri, si sono riuniti in Associazione di Conferenze Matematiche, ad oggetto di esercitarsi, con l'assistenza dei Professori, in lavori attinenti ai loro studi, sia risolvendo Questioni ad essi proposte, sia componendo, e discutendo tra loro, Dissertazioni su qualche tema di matematica. Mentre facciamo voti che tale utile Associazione si estenda anche ad altre Università italiane, offriamo ai suoi componenti le pagine di questo Giornale per la pubblicazione dei loro lavori.*"

Alla notizia inserisce un suo articolo, parte di una serie dedicata alle forme binarie dei primi quattro gradi, esemplificativo di quell'idea che base del *Giornale* doveva essere "*una serie di articoli, i quali svolgeranno ordinatamente i principi dei moderni metodi di ricerca*", come annunciato nella prefazione del *Giornale* stesso.

Qualche ulteriore elemento sulla questione è forse possibile trovarlo anche in alcune osservazioni di Trudi, il matematico più autorevole tra i redattori del *Giornale* al momento della fondazione, ad un libro di Brioschi, principale motore della riforma editoriale degli *Annali*.

Nel 1862 Trudi pubblicava un volume sui determinanti (Trudi 1862) e nella prefazione, commentando un volume di analogo argomento di Brioschi (Brioschi 1854), scriveva: *"Il libro del Brioschi fu per la scienza un segnalato beneficio e la sua comparsa segna, per così dire, in Italia l'epoca di transizione dal vecchio al nuovo stile. Tuttavia noi non dovemmo tardare a riconoscere che l'opera del Brioschi era scritta per giovani già forti nella scienza e la teoria specialmente vi era delineata a tratti troppo larghi per essere accettabili a giovani meno provetti; e quindi, unicamente nell'interesse di costoro, divisammo un'altra volta di tornare al nostro antico lavoro."*

Con sottile perfidia forse, Battaglini (memore di queste affermazioni?) inserisce sempre nel citato fascicolo del *Giornale,* tra l'annuncio bibliografico e il proprio articolo, una nota sui determinanti dovuta più ad un cultore di matematica che ad un ricercatore specializzato, nella quale è utilizzato il testo di Trudi per riottenere e generalizzare un risultato di Brioschi.

Diversa fu invece la vicenda francese dove tra Liouville, redattore del *Journal des Mathématiques* e i redattori, Gerono e Terquem, delle *Nouvelles Annales* vi fu una notevole collaborazione e spesso concordemente i lavori venivano ripartiti tra le due riviste.

La durata e il successo stessi del *Giornale*, a differenza di tante pubblicazioni che fiorivano e morivano molto rapidamente, giustificarono la validità dei criteri di redazione utilizzati. Gli *Annali*, ugualmente, sarebbero durati molto a lungo e sono ancora oggi pubblicati, anche in questo caso a riprova della validità del suo modello editoriale. Entrambe le riviste, comunque, osservarono i criteri scelti in maniera tendenziale e fu naturale una certa dose di ibridazione. Così, ad esempio, quando gli "*studenti*", ai quali era rivolto il *Giornale*, divennero

a loro volta ricercatori, le loro note, piuttosto specializzate, furono ben accolte negli *Annali.*

Entrambe le riviste, comunque, lasciarono libero uno spazio, anche se nelle dichiarazioni di intenti avrebbe dovuto essere coperto almeno dal *Giornale,* quello della storia della matematica. Questo spazio venne occupato l'anno successivo, il 1868, con singolare coincidenza con la fine della collaborazione di Tortolini agli *Annali,* dal *Bullettino di Storia e Bibliografia delle Scienze Matematiche e Fisiche* di Baldassarre Boncompagni[13], antico allievo del Tortolini stesso. In essa i contributi italiani al progresso della scienza saranno ben evidenziati.

Le tre riviste, nel loro complesso, portano l'editoria italiana ad un livello europeo e, nate nella temperie unitaria, daranno un significativo contributo alla nascita di una coscienza nazionale.

6 - EPILOGO

Il *Giornale di Matematiche* durò poco più di un secolo ed incluse sei serie. Le prime tre presentano un regime di edizione regolare, anche durante il primo conflitto mondiale, e la loro fine coincide con la morte dei rispettivi direttori: Giuseppe Battaglini (1863-1893), Alfredo Capelli (1894-1909) ed Ernesto Pascal (1910-1938). La pubblicazione venne interrotta nel 1938, per otto anni, a causa del secondo conflitto, e alla ripresa, nel 1947, la quarta serie, con direttori Carlo Miranda e Renato Caccioppoli, includerà solo tre volumi in quanto i due direttori sceglieranno di fondare una nuova rivista, *Ricerche di Matematica*, ancora attiva. Le ultime due serie, che ebbero vita piuttosto stentata, anche perché in concorrenza con *Ricerche*, furono dirette da Giulio Andreoli e Alpinolo Natucci, ai quali nel 1963 si associò anche Mario Manarini. Esse possono essere considerate come un'unica serie, che terminerà con un unico volume, il numero 93, per gli anni 1965-67.

Secondo una voce abbastanza diffusa, la scelta di Miranda e Caccioppoli, certamente determinante per la fine della rivista, data la loro elevata statura scientifica, fu dovuta soprattutto a richieste economiche eccessive dei discendenti di Benedetto Pellerano, titolari della testata. Così la nemesi storica ha voluto che la rivista salvatasi per Pellerano, per Pellerano si sia perduta…almeno in apparenza.

7 - INDICE DEI NOMI CITATI CON BREVI CENNI BIOGRAFICI

Nel seguito vengono dati, per comodità di lettura, cenni biografici degli scienziati citati, mettendo in evidenza soprattutto gli elementi relativi al periodo

[13] La locandina editoriale del *Bullettino* è ora, ad esempio, in Carbone, Palladino (2016).

di tempo, che li vede agire negli avvenimenti descritti in questa nota.

Andreoli Giulio Ercole (1892-1969). Ufficiale dell'Aviazione militare, insegnò Analisi matematica prima all'Università di Catania, poi a quella di Napoli e all'Accademia Aeronautica.

Avena Carlo (--). Insegnante in istituto tecnici, fu libero docente di Geometria analitica all'Università di Napoli.

Battaglini Giuseppe (1826-1894). Assistente presso l'osservatorio di Capodimonte a Napoli, rifiutò di firmare una petizione al re Ferdinando II perché ritirasse, dopo i sanguinosi eventi del maggio 1848, la costituzione da lui concessa e si dimise volontariamente. Alla fine del 1860 fu nominato da Garibaldi professore di Geometria superiore nella riordinata Università di Napoli. Nel 1871 fu chiamato all'Università di Roma dove rimase 15 anni assumendo anche la carica di rettore e di preside di facoltà. Nel 1885 ritornò all'Università di Napoli.

Betti Enrico (1823-1892). Fu allievo di Matteucci e Mossotti. Sotto il comando di quest'ultimo partecipò nel battaglione universitario toscano agli scontri di Curtatone e Montanara. Nel 1857 divenne professore di Algebra all'Università di Pisa. Nel 1864 ottenne la cattedra di Fisica matematica. Fu a lungo direttore della Scuola Normale Superiore di Pisa.

Boncompagni Ludovisi Baldassare (1821-1894). Di nobile famiglia romana, studiò a Roma con Barnaba Tortolini e l'astronomo Ignazio Calandrelli; presto manifestò il suo interesse per la storia delle scienze, disciplina che perseguì con indirizzo prevalentemente filologico e documentario. Curò accuratissime edizioni di molti importanti manoscritti scientifici, soprattutto d'età medievale.

Brioschi Francesco (1824-1897). Partecipò alle Cinque Giornate di Milano. Fu professore di Matematica applicata presso l'Università di Pavia dal 1852 al 1861. Uomo di larga influenza politica soprattutto durante gli anni, nei quali la Destra Storica fu al potere, scienziato di grande valore, nel 1863 fondò e organizzò l'Istituto Tecnico Superiore di Milano, di cui divenne direttore e dove insegnò matematica e idraulica.

Bruno Francesco (--)**.** Allievo di Vincenzo Flauti, fu dal 1817 professore di Geometria di sito e Geodesia all'Accademia di Marina; una volta che questa fu trasformata in Collegio di Marina, ne fu direttore nel 1850. Fu anche professore di Geometria con esposizione dei metodi antichi e moderni all'Università di Napoli.

Buondonno N. (--). Insegnò nella scuola privata di fisica e matematica aperta a Napoli da Bonaventura Montani, un medico lucano con interessi naturalistici.

Caccioppoli Renato (1904-1959). Nel 1925 divenne assistente di Mauro Picone a Napoli. Nel 1931 vinse la cattedra di Analisi algebrica all'Università di Padova, e nel 1934 tornò a Napoli sulla cattedra di Teoria dei gruppi per passare poi ad Analisi.

Capelli Alfredo (1855-1910). Fu professore di Analisi algebrica all'Università di Palermo e, dal 1886, a quella di Napoli.

Capocci Ernesto (1798-1864). Nel 1819 fu nominato da Giuseppe Piazzi astronomo in seconda dell'Osservatorio astronomico di Capodimonte a Napoli, di cui fu direttore dal 1833 al 1850. Dichiarato decaduto dopo i fatti del 1848, riassunse la direzione nel 1860 e la mantenne fino alla sua morte.

Casati Gabrio (1798-1873). Politico italiano, fu Ministro della Pubblica Istruzione nel 1859 e fissò, con la legge che porta il suo nome, le direttive della politica scolastica italiana per mezzo secolo.

Catalan Eugène Charles (1814-1894). Nel 1835 divenne professore all'École des Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne. Nel 1838 lasciò questa posizione per una posizione di assistente e tutore di Geometria descrittiva all'École Polytechnique a Parigi. Nel 1846 fu professore di matematica al Collège de Charlemagne e nel 1849 ottenne un posto al Lycée Saint Louis. Esule volontario all'avvento di Napoleone III, nel 1865 ebbe finalmente una cattedra all'Università di Liegi.

Chasles Michel (1793-1880). Professore di Geometria superiore dal 1846 alla Sorbona, conquistò la sua grande fama con il suo *Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie*, nel quale completò attraverso un approccio sintetico la Geometria proiettiva iniziata con i lavori di Poncelet.

Costa Achille (1823-1898). Figlio di Oronzo Gabriele, nel 1860 gli succedette alla cattedra di Zoologia all'Università di Napoli. Fu uno dei fondatori della Società Entomologica Italiana.

Costa Oronzo Gabriele (1787-1867). Dopo avere insegnato Fisica nel Collegio Reale di Lecce, si trasferì a Napoli dove, nel 1839, ottenne la cattedra di Zoologia all'università. Fondò nel 1841 l'Accademia degli Aspiranti Naturalisti, che educava i giovani alla ricerca. Fu destituito dalla cattedra universitaria nel 1849, in seguito ai fatti del 1848.

Cremona Luigi (1830-1903). Partecipò alla difesa di Venezia nel 1849 e si legò ai Cairoli e a Mazzini. Per diversi anni insegnò nei licei di Pavia, Cremona e Milano. Nel 1860 fu nominato professore di Geometria superiore a Bologna, e nel 1867 fu chiamato ad insegnare Statica grafica al Politecnico di Milano. Nel 1873 si trasferì a Roma per riordinare e dirigere la Scuola di Ingegneria. Fu uno dei fondatori della geometria algebrica. Con l'ascesa al potere della Sinistra la sua influenza politica crebbe notevolmente. Fu ministro e vicepresidente del Senato.

Crelle August Leopold (1780-1855). Essenzialmente autodidatta, fondò nel 1826 il *Journal für die reine und angewandte Mathematik* che diresse fino alla sua morte.

Cua Antonio (1819-1899). Dal 1854 fu professore di Geometria analitica e poi,

dal 1890, di Geometria descrittiva, sempre presso l'Università di Napoli.

D'Ayala Salvatore (1786, -). Fu capo di ripartimento nel ministero della Guerra del Regno delle Due Sicilie.

De Gasparis Annibale (1819-1892). Professore, di Geodesia e Astronomia all'Università di Napoli, dal 1864 fu anche direttore dell'Osservatorio astronomico di Capodimonte.

De Luca Giuseppe (1823-1895). Professore di Geografia e statistica, fu rettore dell'Università di Napoli dal 1861 al 1863. Durante le tre guerre di Indipendenza, descrisse di volta in volta i nuovi confini territoriali del nascente stato italico.

De Luca Ferdinando (1783-1869). Fu professore di matematica presso la Scuola Militare napoletana, la Nunziatella. La sua attenzione presto si rivolse anche agli studi di geografia e geografia fisica, in particolare allo studio di terremoti e dei vulcani.

Del Grosso Remigio (1813-1876). Dopo aver frequentato nel 1840 l'Osservatorio di Capodimonte, si recò, nel 1843, presso la specola di Firenze come astronomo aggiunto. Insegnò tra il 1846 e il 1847 privatamente, e divenne professore di Astronomia nella Scuola dei Piloti di Napoli. Nel 1860 fu nominato professore di Meccanica applicata, mutata poi in Meccanica celeste, all'Università di Napoli.

D'Ovidio Enrico (1843-1933). Dopo aver insegnato matematica nei licei napoletani e nel Collegio di Marina, nel 1872 vinse il concorso per la cattedra di Algebra complementare e Geometria analitica dell'Università di Torino. Fu preside della Facoltà di Scienze, rettore dell'Università e direttore del Politecnico.

Fergola Emanuele (1830-1915). Fu professore presso l'Università Napoli prima di Introduzione al calcolo, poi di Analisi superiore e infine di Astronomia. Nel 1889 divenne direttore dell'Osservatorio di Capodimonte.

Fergola Nicola (1753-1824). Fondatore della *Scuola Sintetica* aprì una scuola privata a Napoli nel 1771. Fu professore al Liceo del Salvatore di Napoli e, nel 1800, succedette al suo maestro, Giuseppe Marzucco, all'Università.

Filioli Giacomo (--). Ufficiale di carico del Ministero e Segretario di Stato degli Affari Interni del Regno delle Due Sicilie, fu un economista e acuto ed elegante scrittore.

Flauti Vincenzo (1782-1863). Fu uno dei principali esponenti della *Scuola Sintetica* napoletana. Allievo di Nicola Fergola, nel 1801 assunse la direzione della sua scuola. Amico personale del re Ferdinando II, introdusse nel Regno di Napoli la geometria descrittiva. Professore dell'Università di Napoli dal 1803, successe al suo maestro anche nella cattedra di Analisi sublime nel 1814. Non aderì, sebbene sollecitato, al nuovo stato di cose che si determinò dopo l'unificazione del paese.

Gasparrini Guglielmo (1803-1866). Dopo aver lavorato prima presso l'Orto Botanico di Napoli e poi di Boccadifalco, fu agronomo del Demanio pubblico di

Napoli fino al 1844 quando ottenne la cattedra di professore aggiunto di Botanica all'Università di Napoli. Dal 1857 al 1861 resse la cattedra di Anatomia e morfologia vegetale all'Università di Pavia. Tornato a Napoli fu professore di Botanica e direttore dell'Orto Botanico.

Genocchi Angelo (1817-1889). Laureato in Giurisprudenza nel 1838, si allontanò da Piacenza dopo i fatti del 1848 e intraprese gli studi matematici a Torino e nel 1859 divenne titolare della cattedra di Algebra e geometria complementari. Nel 1861 ebbe la cattedra di Analisi superiore.

Gerono Camille Christophe (1799-1891). Fu noto per i suoi lavori di geometria e analisi diofantea, ma soprattutto come editore delle *Nouvelles Annales de Mathématiques.*

Grimaldi Francesco (--). Allievo di Vincenzo Flauti e compagno di studi di Trudi, insegnò Calcolo presso il Collegio di Marina a Napoli.

Guiscardi Gugliemo (1821-1885). Fu autore di interessanti note mineralogiche, geologiche e anche paleontologiche sul Vesuvio e i Campi Flegrei. Nel 1860 divenne titolare della cattedra di Geologia dell'Università di Napoli, e diede inizio alla costruzione del Museo di geologia e paleontologia.

Jacobi Karl Gustav (1804-1883). Professore prima all'Università di Berlino e poi a quella di Königsberg. Dopo il 1842, gravemente malato, trascorsi lunghi periodi in Italia dove il clima lo aiutava a ristabilirsi.

Janni Giuseppe (--). Sacerdote, professore di matematica nel Liceo Arcivescovile. Fu docente del Collegio di Marina di Napoli.

Janni Vincenzo (1819-1891). Dal 1844 fu professore di Matematica al Collegio di Marina di Napoli, di cui fu direttore dal 1866 al 1876. Tra il 1870 e il 1875 supplì Raffaele Rubini all'Università di Napoli.

Leroy Charles François (1780-1854). Fu professore dell'École Polytechnique e dell'École Normale Supérieure in Francia.

Liouville Joseph (1809-1882). Nel 1833 fu nominato professore all'École Polytechnique, nel 1868 divenne assistente di Chasles e tre anni più tardi ottenne una sua cattedra. Insegnò anche all'École Normale Supérieure e alla Sorbonne.

Majocchi Giovanni Alessandro (1795-1854). Insegnò matematica a Sondrio e fisica al Regio Liceo di Milano. Dopo i moti del 1848, continuò la sua attività a Torino. Si occupò in particolare di problemi di elettromagnetismo.

Manarini Mario (1898, -). Libero docente di Meccanica razionale, fu incaricato di Fisica matematica all'Università di Bologna e di Geometria analitica e di Istituzioni di matematiche a Modena.

Mansion Paul (1844-1919). Nel 1867 divenne professore di matematica presso l'Accademia di artiglieria in Gand e, nel 1867, professore di Calcolo all'Università. Dal 1884 insegnò Storia della matematica.

Matteucci Carlo (1811-1868). Fu professore di Fisica a Pisa. Fu ministro della

Pubblica Istruzione del Regno d'Italia dal marzo al dicembre del 1862 e vicepresidente del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione dal 1864 al 1866 e dall'ottobre del 1867 al marzo del 1868. A lui è dovuto il regolamento omonimo per le Università italiane, che affiancò la legge Casati.

Melloni Macedonio (1798-1854). Fu nominato professore di Fisica teorica-pratica all'Università di Parma nel 1824. Costretto all'esilio nel 1830 si rifugiò a Ginevra e poi a Parigi dove sviluppò le sue ricerche sul calore radiante. Nel 1839 fu nominato professore di Fisica all'Università di Napoli, e dal 1847 direttore dell'Osservatorio Vesuviano.

Mendia Ambrogio (1813-1888). Dal 1850 fu professore di Meccanica applicata e Geometria descrittiva all'Università di Napoli. Nel 1881 succedette a Fortunato Padula nella direzione della Scuola di Applicazioni per gli ingegneri.

Miranda Carlo (1912-1982). Allievo di Mauro Picone, nel 1933 ottenne la libera docenza in Analisi matematica e nel 1937 la cattedra universitaria prima a Genova e poi a Torino. Nel 1943 si trasferì a Napoli dove, con Caccioppoli, ricostruì l'Istituto di matematica.

Mossotti Ottaviano (1791-1863). Dopo essersi laureato in matematica e fisica presso l'Università di Pavia, nel 1813 cominciò a lavorare all'Osservatorio astronomico di Brera. Costretto a espatriare per le sue idee liberali, nel 1827 si trasferì in Argentina dove svolse un'intensa attività scientifica. Nel 1840 fu chiamato a Pisa per insegnare Fisica matematica e Meccanica celeste. Nel 1848 comandò il battaglione universitario toscano negli scontri di Curtatone e Montanara.

Natucci Alpinolo (1883-1975). Laureatosi a Pisa, insegnò dal 1903 al 1953 matematica e fisica nelle scuole superiori. Nel 1948 conseguì la libera docenza in Storia della Matematica.

Neuberg Joseph (1840-1926). Tra il 1862 e il 1865 insegnò all'École Normale di Nivelle, poi presso l'Athénée Royal d'Arlon. Nel 1887 divenne professore ordinario presso l'Università di Liegi.

Orioli Francesco (1783-1856). Professore di Fisica prima all'Università di Perugia, nel 1813, e poi di Bologna, nel 1815. Costretto a fuggire per aver partecipato all'insurrezione delle Romagne nel 1831, tornò a Roma nel 1846, quando Pio IX concesse l'amnistia, e ottenne la cattedra di Archeologia.

Padula Fortunato (1815-1881). Insegnò dapprima matematica al Collegio Militare e in quello di Marina di Napoli. Nel 1860 fu nominato professore di Meccanica razionale all'Università di Napoli, di cui fu poi due volte rettore. Dal 1864 alla morte fu direttore della Scuola degli Ingegneri di Napoli.

Palmieri Luigi (1807-1896). Nel 1845 divenne professore di Fisica alla Scuola Navale del Regno di Napoli, e successivamente professore all'Università di Napoli. Nel 1854 fu nominato direttore dell'Osservatorio vesuviano. Per lui nel 1860 fu istituita la cattedra di Fisica meteorologica e terrestre.

Pascal Ernesto (1865-1940). Dopo aver seguito dei corsi di perfezionamento a Pisa e Göttingen, nel 1890 vinse la cattedra di Calcolo infinitesimale a Pavia. Nel 1907 si trasferì all'Università di Napoli.

Paura Raffaele (1819- 1862). Laureato in medicina, svolse inizialmente la sua professione a Cosenza, si trasferì poi a Napoli dove insegnò Chimica organica; fondò lo stabilimento di Chimica applicata all'industria e diresse la Farmacia dell'Ospedale degli Incurabili.

Pellerano Benedetto (--). Editore napoletano.

Piria Raffaele (1814-1865). Laureatosi in Medicina e Chirurgia nel 1834 a Napoli, si trasferì in Francia per approfondire i suoi studi di chimica. Insegnò chimica presso l'Università di Pisa e dal 1856 di Torino.

Poderoso Gaetano (- -). Professore di Navigazione al Collegio di Marina a Napoli.

Quetelet Lambert (1796-1874). Astronomo e matematico belga. Viene considerato uno dei fondatori della statistica matematica.

Rubini Raffaele (1817-1890). Fu nominato professore di Meccanica razionale al Collegio di Marina di Napoli, e nel 1861 passò, sulla stessa cattedra, all'Università. Dopo poco coprì l'insegnamento di Algebra complementare

Sabato Andrea (--). Insegnante nei licei, era libero docente di Calcolo differenziale e integrale all'Università di Napoli.

Salmon Georg (1819-1904). Professore dal 1841 presso il Trinity College di Dublino, nel 1845 divenne sacerdote della chiesa anglicana e lettore di religione. Fu antesignano della Geometria algebrica.

Sannia Achille (1823-1892). Dal 1856 diresse a Napoli una scuola privata di matematica che ebbe grande prestigio. Nel 1865 fu chiamato ad insegnare Geometria proiettiva presso l'Università di Napoli.

Santangelo Nicola (1754-1851). Politico italiano, fu nominato Ministro dell'interno del Regno delle Due Sicilie dal re Francesco I nel 1831, carica che tenne ininterrottamente fino al 1847. In qualità di ministro patrocinò la nomina di Macedonio Melloni a direttore dell'Osservatorio Meteorologico Vesuviano, inaugurato in occasione del VII Congresso degli Scienziati.

Scacchi Arcangelo (1810-1893). Nel 1841 fu nominato coadiutore per la dimostrazione degli oggetti per la cattedra di Mineralogia dell'Università di Napoli. Nel 1844 divenne professore di Mineralogia e direttore dell'annesso Museo di mineralogia dell'Università di Napoli.

Scorza Giuseppe (1781-1843). Allievo di Nicola Fergola, venne nominato nel 1817 professore di Meccanica al Collegio di Marina. Nel 1825 divenne professore di Geometria all'Università di Napoli.

Steiner Jacob (1796-1863). Studiò ad Heidelberg ed a Berlino guadagnandosi da vivere con lezioni private. Nel 1834 ottenne la cattedra di Geometria

all'Università di Berlino.

Tenore Michele (1780-1861). Direttore dell'Orto Botanico di Napoli dal 1810 e professore di Botanica all'università dal 1811. Fu l'autore della *Flora Napolitana*, una delle prime ricognizioni floristiche in Italia meridionale, pubblicata in fascicoli dal 1810 al 1838.

Terquem Olry (1782-1862). Nel 1804 venne chiamato ad insegnare al Liceo di Magonza. Nel 1811 divenne professore alla Scuola di Artiglieria di Magonza e poi nel 1814 di Grenoble. Nel 1815 tornò a Parigi come bibliotecario del Deposito Centrale dell'Artiglieria.

Torelli Gabriele (1849-1931). Allievo di Achille Sannia, dopo aver insegnato presso il Collegio militare e l'Istituto tecnico di Napoli, nel 1891 vinse per concorso la cattedra di Algebra all'Università di Palermo passando poi, nel 1896, su Calcolo infinitesimale. Nel 1907 fu chiamato all'Università di Napoli.

Tortolini Barnaba (1808-1874). Fu nominato professore di Calcolo differenziale e integrale all'Università di Roma nel 1837. Dal 1856 fu direttore della tipografia del Propaganda Fide.

Trudi Nicola (1811-1884). Fu professore al Collegio di Marina e, dal 1851, professore di Calcolo infinitesimale all'Università di Napoli. Fu autore di uno dei primi trattati sui determinanti.

Tucci Francesco Paolo (1790-1875). Insegnò geometria e calcolo privatamente a Napoli. Nel 1813 fu nominato professore della Scuola Politecnica e del Collegio Militare, del quale divenne direttore e ispettore degli studi.

Zannotti Michele (1803-1874). Insegnò matematica e fisica privatamente a Napoli. Nel 1850 fu nominato professore di Meccanica razionale dell'Università di Napoli e, nel 1859, professore di Fisica nel Collegio di Marina. Nel 1862 ottenne la cattedra di Fisica matematica all'Università.

8 - BIBLIOGRAFIA

Amodeo F. (1905,1924), *Vita matematica napoletana. Studio storico, biografico, bibliografico,* vol. I, Tipografia dell'Accademia Pontaniana, Napoli, 1905; vol. II, Tipografia F. Giannini e figli,1924, Napoli.

Atti (1846), *Atti della Settima Adunanza degli Scienziati Italiani,* nella Stamperia del Fibreno, Napoli.

Azzinnari M. (1995) (curatrice), *Il Settimo Congresso degli Scienziati a Napoli. Solenne festa delle scienze severe,* Archivio di Stato, Napoli.

Battaglini G. (1863), Teoria elementare delle forme geometriche, *Giornale di Matematiche*, (1) 1, pp. 1-6, 41-46, 97-109, 161-169, 227-239.

Bottazzini U. (1983), La matematica e le sue "utili applicazioni" nei congressi degli scienziati italiani 1839-1847*,* in Pancaldi G. (1983), *I congressi degli scienziati italiani nell'età del positivismo*, Editrice Clueb, Bologna, pp. 11-

68.
Brioschi F. (1854), *La teorica dei determinanti e le sue principali applicazioni*, Tipografia degli eredi Bizzoni, Pavia.
Carbone L., Cardone G., Ferraro G., Mancuso S., Palladino F. (1995), VIII Sezione Fisica e Matematica, in Azzinnari M. (1995) (curatrice), *Il Settimo Congresso degli Scienziati a Napoli. Solenne festa delle scienze severe,* Archivio di Stato, Napoli, pp. 83-84.
Carbone L., Enea M. R. (2011), I carteggi Cesàro-Torelli, Landau-Cesàro, *Rendiconto dell'Accademia di scienze fisiche e matematiche di Napoli*, (4) 78, pp. 125-222.
Carbone L., Palladino N. (2016), L'epistolario ritrovato. Le lettere "napoletane" di Baldassarre Boncompagni a Gilberto Govi, *Rendiconto dell'Accademia di scienze fisiche e matematiche di Napoli*, (4) 83, pp. 23-86.
Castellana M., F. Palladino F. (1996) (a cura di) *Giuseppe Battaglini. Raccolta di lettere (1854-1891) di un Matematico al Tempo Risorgimentale d'Italia*, Levante Editori, Bari.
Chasles M. (1837), *Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en Géométrie particulièrement de celles qui se rapportent a la géométrie moderne*, Gauthier Villars, 2e edition, Paris.
De Gasparis A. (1864), Formole pel calcolo delle orbite di pianeti e comete, *Giornale di Matematiche*, (1) 2, pp. 42-46.
Del Grosso R. (1863), Nota sull'equazioni differenziali che si presentano nei problemi di Meccanica, *Giornale di matematiche*, (1) 1, pp. 129-135, 203-208, 257-264.
Despeaux S. E. (2007), Launching mathematical research without a formal mandate: the role of university-affiliated journals in Britain 1837-1870, *Historia Mathematica*, (1) 34. pp. 89-106.
Enea M. R. (2017), Il Giornale di Matematiche di Battaglini, *Matematica, Cultura e Società*, (1), 2, pp. 63-80.
Enea M. R., Gatto R. (2009*), Le carte di Domenico Chelini dell'Archivio delle Scuole Pie e la corrispondenza Chelini-Cremona (1863-1878*), Mimesis, Milano.
Ferraro G. (2008), Manuali di aritmetica, algebra, trigonometria e geometria analitica nella Napoli preunitaria, *History of education & Children's Literature*, (3), 8, pp. 413-443.
Ferraro G. (2012), Manuali di geometria elementare nella Napoli preunitaria (1806-1860), *History of education & Children's Literature*, (3) 2, pp. 103-139.
Gatto R. (2000), *Storia di una anomalia. Le facoltà di Scienze dell'Università di Napoli tra l'Unità d'Italia e la riforma Gentile 1860-1923*, Fridericiana Editrice Universitaria, Napoli.
Gatto R. (2010), *Libri di Matematica a Napoli nel Settecento – Editoria, Fortu-*

na e Diffusione delle Opere, Edizioni di Storia e Letteratura, Roma.
Janni V. (1857), *Teoria delle curve piane di grado elevato*, Napoli.
Lacaita C. (2012), Scienze e modernità nelle riviste milanesi dell'800: «Il Politecnico» e gli «Annali di fisica, chimica e matematiche», in Pepe L. (2012) (a cura), *Europa matematica e Risorgimento italiano*, Clueb, Bologna, pp. 267-281.
Leroy C. F. A. (1834), *Traité de géométrie descriptive,* Carilian Goeury, Paris.
Leroy C. F. A. (1843), *Analyse appliquée à la géométrie des trois dimensions, comprenant les surfaces du second degré, avec la théorie générale des surfaces courbes et de lignes à double courbure*, Bachelier, 3e edition, Paris.
Nagliati I. (2012), La matematica nei giornali toscani dell'Ottocento, in Pepe L. (2012) (a cura), *Europa matematica e Risorgimento italiano*, Clueb, Bologna, pp. 199-208.
Palladino F. (1999), *Metodi matematici e ordine politico*, Jovene, Napoli, 1999.
Palladino N., Mercurio A. M. (2011), La corrispondenza di Giuseppe Battaglini a Luigi Cremona, *Rendiconto dell'Accademia di scienze fisiche e matematiche di Napoli*, (4) 78, pp. 7-68.
Pepe L. (2006), Insegnamenti matematici e libri elementari nella prima metà dell'Ottocento: modelli francesi ed esperienze italiane, in Giacardi L. (2006) (curatrice), *Da Casati a Gentile: momenti di storia dell'insegnamento secondario della matematica italiana,* Pubblicazioni del Centro Enriques, Agorà edizioni, La Spezia, pp. 65-98.
Rubini R. (1851), *Trattato elementare di geometria analitica*, Stamperia dell'Iride, Napoli.
Rubini R. (1857), *Trattato di geometria analitica*, Tip. Del R. Ospizio S. Ferdinando, Lecce.
Russo G. (1967), *La Scuola di Ingegneria di Napoli 1811-1967*, Istituto Editoriale del Mezzogiorno, Napoli.
Salmon G. (1852), *Treatise on the higher plane curves,* Hodges and Smith, Dublin.
Schettino E. (2008), La Scienza nel Meridione. La settima Adunanza degli scienziati italiani tenuta in Napoli dal 20 di settembre a' 5 di ottobre 1845, in Scienza (2008), *La scienza nel Mezzogiorno dopo l'unità d'Italia*, Rubbettino Editore, Soveria Mannelli, v. I, pp. 327-352.
Torelli G. (1892), Achille Sannia, *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 6, pp. 48-51.
Torrini M. (1989), *Scienziati a Napoli 1830-1845*, Cuen Editore, Napoli.
Trudi N. (1852), *Elementi di geometria analitica*, Gabinetto bibliografico e tipografico, Napoli.
Trudi N. (1862), *La teoria dei determinanti e le loro applicazioni*, Libreria Scientifica e Industriale di Benedetto Pellerano, Napoli.
Trudi N. (1863), Esposizione di diversi sistemi di coordinate omogenee, *Gior-*

nale di Matematiche, (1) 1, pp. 11-25, 47-59, 148-158.
Tucci F. P. (1843), *Analisi applicata alla geometria di tre dimensioni, opera di C.F.A. Leroy*, Tipografia Militare, Napoli.
Tucci F. P., D'Ayala S. (1846), *Trattato di geometria descrittiva di C.F.A. Leroy, con una collezione di 60 tavole*, Tipografia della Guerra, Napoli.
Valerio V. (1990*), Società, uomini e istituzioni cartografiche nel Mezzogiorno d'Italia,* Istituto Geografico Militare, Firenze.
Zazo A. (1926), *Le scuole private universitarie a Napoli dal 1799 al 1860*, I.T.E.A., Napoli.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 37-54

Materia-antimateria: una simmetria imperfetta

Nota del socio Marco Napolitano[1]
(Adunanza del 20 aprile 2018)

Keywords: Antimatter, discrete symmetries, charge conjugation, parity, CP violation

Abstract - Can we define in an absolute way what we mean by matter and what by antimatter? The answer to this question is related to important operations that are considered in physics and that are called symmetry transformations. The transformations involved in answering this question are two: charge conjugation (C) and parity (P). Charge conjugation and parity are exact symmetries for gravitational, electromagnetic and strong interactions. This reflects the impossibility, within these interactions, to give an absolute definition of what is meant by negative or positive charge and what is meant by right and left. In the 50s of the last century it was experimentally demonstrated that both C and P are violated in processes due to weak interactions. However, it appeared that the processes hitherto known were invariant under the subsequent application of the two transformations (CP), i.e. for a reflection in a hypothetical mirror which, in addition to exchanging right and left, reverses all the charges. If CP were an exact symmetry of nature there would be no absolute way to distinguish matter from antimatter. In the 1960s it was found, once again in weak processes, that CP is violated. The study of this violation represented a research topic of great importance for the physics of fundamental interactions in the last half century and continues to be so. The violation of CP is, in fact, one of the possible keys to solve the cosmological problem linked to the disappearance of antimatter and not of matter during the evolution of the universe.

Riassunto – Possiamo definire in modo assoluto cosa intendiamo per materia e cosa per antimateria? La risposta a questa domanda è legata a importanti operazioni che vengono considerate in fisica e che si chiamano trasformazioni di simmetria. Le trasformazioni che interessano per rispondere a tale domanda sono due: la trasformazione di coniugazione di carica (C) e la trasformazione di parità (P) o riflessione spaziale. Coniugazione di carica e parità sono simmetrie esatte nell'ambito di tutti i fenomeni ascrivibili a inte-

[1] Dipartimento di Fisica, Università Federico II di Napoli, e INFN, Sezione di Napoli, Complesso Universitario di Monte S. Angelo, via Cinthia, 80129 Napoli e Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli.

razioni gravitazionali, elettromagnetiche e forti. Questo riflette l'impossibilità, nell'ambito di tali interazioni, di dare una definizione assoluta di cosa si intenda per carica negativa o positiva e di cosa si intenda con destra e sinistra. Negli anni '50 del secolo scorso fu sperimentalmente dimostrato che sia C che P sono violate in processi dovuti a interazioni deboli. Tuttavia appariva che i processi fino ad allora noti fossero invarianti sotto l'applicazione successiva delle due trasformazioni (CP), ossia per una riflessione in un ipotetico specchio che oltre a scambiare destra con sinistra inverta tutte le cariche. Se CP fosse una simmetria esatta della natura non ci sarebbe alcun modo assoluto per distinguere la materia dall'antimateria. Negli anni '60 fu trovato, ancora una volta in processi deboli, che CP è violata. Lo studio di tale violazione ha rappresentato un tema di ricerca di grande rilevanza per la fisica delle interazioni fondamentali nell'ultimo mezzo secolo e continua ad esserlo tuttora. La violazione di CP è, infatti, una delle possibili chiavi per risolvere il problema cosmologico legato alla scomparsa dell'antimateria e non della materia durante l'evoluzione dell'universo.

Nel 1928 un fisico inglese, Paul Adrien Maurice Dirac (premio Nobel per la fisica 1933), sviluppò una equazione quantistica relativistica che rendeva conto di talune caratteristiche dell'elettrone (e^-) e ne descriveva in modo straordinariamente esatto il comportamento in presenza di un campo elettromagnetico. L'equazione presentava però delle possibili soluzioni che apparentemente non avevano significato e rischiavano di vanificare quanto c'era invece di buono. Per dare significato a tali soluzioni, Dirac ipotizzò l'esistenza di una sorta di copia in negativo dell'elettrone, una nuova particella che avesse le stesse caratteristiche dell'elettrone, in particolare la massa esattamente uguale, ma avesse carica elettrica opposta. Tale ipotesi ebbe una conferma nel 1932 con la scoperta fatta da Carl David Anderson (premio Nobel per la fisica 1936) di una particella che ha la stessa massa dell'elettrone ma carica elettrica positiva. Questa particella è l'antielettrone noto anche con il nome di positrone (e^+).

La previsione dell'esistenza del positrone rappresenta un caso esemplare di come talvolta lo sviluppo di una teoria e l'interpretazione, anche apparentemente fantasiosa ma rigorosa dei suoi risultati, possa precedere l'osservazione sperimentale.

Una volta formulata la teoria di Dirac, fu immediatamente chiaro che il possedere un'antiparticella non è una prerogativa del solo elettrone ma di tutte le particelle. Anche il protone (p) ha la sua: l'antiprotone[2] ($\bar{p}$). Esso fu scoperto da Emilio Gino Segrè e Owen Chamberlain nel 1955 (premi Nobel per la fisica nel 1959).

La corrispondenza che c'è tra le proprietà dell'antielettrone e quelle dell'elettrone è la stessa che esiste tra una qualunque antiparticella e la particella corrispondente. In particolare particella e antiparticella hanno esattamente la

[2] Un'antiparticella è normalmente indicata con lo stesso simbolo della particella al quale, però, è sovrapposta una barra.

stessa massa ma carica elettrica opposta. Sono, però, opposte anche altre cariche - delle quali non parliamo - le quali fanno sì che anche a particelle elettricamente neutre possano corrispondere antiparticelle distinte. È, per esempio, il caso del neutrone (n) al quale corrisponde l'antineutrone ($\bar{n}$). In taluni casi, quando la particella è elettricamente neutra e non possiede alcuna altra carica, particella e antiparticella coincidono.

L'antineutrone fu scoperto da Oreste Piccioni e collaboratori nel 1956.

L'esistenza dell'antielettrone, dell'antiprotone e dell'antineutrone implica la possibile esistenza di antiatomi e, quindi, di antimateria. Infatti un antiprotone e un positrone possono legarsi tra loro per mezzo della forza elettromagnetica formando un atomo di antidrogeno, esattamente nello stesso modo in cui un protone e un elettrone si legano per formare un atomo di idrogeno. Dopo l'idrogeno l'atomo più semplice è quello del deuterio, il quale ha un nucleo, composto da un protone e un neutrone, attorno al quale orbita un singolo elettrone. In modo del tutto analogo, un antiprotone, un antineutrone e un antielettrone possono dar vita a un atomo di antideuterio.

Le cariche opposte fanno sì che quando una particella collide con la rispettiva antiparticella possa avvenire un processo di annichilazione. Accade, cioè, che le due particelle scompaiono e la loro massa si trasforma in energia oppure vengono sostituite da altre di massa più piccola ed energia.

Per esempio, un elettrone e un positrone annichilano producendo due raggi gamma.

$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$$

L'annichilazione in energia di un protone e un antiprotone a riposo produce una quantità di energia pari a $E = 2mc^2$, ove m è la massa del protone (e dell'antiprotone) e c è la velocità della luce nel vuoto. Per un fenomeno che coinvolge due particelle piccolissime, le cui dimensioni lineari sono dell'ordine di $10^{-15}m$, questa è una quantità enorme di energia. Non c'è nessun altro processo elementare, utilizzato per la produzione di energia, che ne produca così tanta! La fissione di un nucleo di uranio, la quale è l'unico processo che dia una quantità di energia almeno confrontabile, ne produce mediamente soltanto un decimo. La fusione di un nucleo di deuterio con uno di trizio ne produce un centesimo. Non parliamo poi di un processo di combustione chimica, che rappresenta il modo usuale con il quale produciamo energia nella nostra vita quotidiana. Infatti la combustione di un atomo di carbonio ne produce circa un miliardesimo!

Il processo inverso all'annichilazione è la creazione di coppie particella-antiparticella. Tali coppie vengono "estratte" dal vuoto: per creare la coppia particella-antiparticella occorre "trasferire al vuoto" una quantità di energia almeno

pari[3] a $E = 2mc^2$, ove m è la massa della particella (e dell'antiparticella). Il vuoto, infatti, contrariamente a quanto potrebbe far pensare il significato usuale che diamo alla parola, è una cosa molto complessa: è una sorta di contenitore dal quale possiamo estrarre, pagando il giusto prezzo in energia, tutte le coppie particella-antiparticella che vogliamo.

Il processo di creazione di coppie particella-antiparticella viene fatto nei laboratori di fisica delle particelle, qual è per esempio il CERN, facendo collidere particelle accelerate da apposite macchine acceleratrici con bersagli materiali o facendo collidere tra loro particelle accelerate.

Un esempio è fornito dallo stesso processo per mezzo del quale nel 1955 il gruppo di ricercatori, guidati dal fisico italiano Emilio Segrè, produsse e rivelò per la prima volta l'antiprotone. Essi usarono un fascio di protoni accelerati con una differenza di potenziale equivalente a oltre 5 miliardi di volt. Facendo collidere tale fascio con un bersaglio di rame furono capaci di rivelare il processo

$$p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$$

con il quale la collisione di un protone del fascio con un protone contenuto nel bersaglio produce uno stato finale composto da due protoni più una coppia protone-antiprotone.

Nel 1995 è stato creato al CERN per la prima volta un atomo di anti-idrogeno facendo legare fra loro un positrone e un antiprotone.

Il problema è come conservare un antiatomo una volta creato. Infatti, esso appena tocca una particella di materia (una molecola dell'aria, una parete,…) interagisce e annichila. Se non si usano particolari accorgimenti, questo avviene in tempi estremamente brevi (molto minori di un milionesimo di secondo). Per conservare più a lungo antiprotoni o antiatomi essi vengono intrappolati in opportune trappole elettromagnetiche. Nel 2011 l'esperimento ALPHA al CERN fu capace di intrappolare poco più di 300 atomi di anti-idrogeno per oltre un quarto d'ora (17 minuti).

L'esperimento TRAP al CERN fu capace di mantenere intrappolato per 57 giorni un singolo antiprotone. Gli scienziati furono così in grado di eseguire misure molto precise della sua massa e della sua carica elettrica confermando quanto atteso.

L'antimateria è dunque una realtà e non soltanto argomento da romanzi di fantascienza. Né è qualcosa che possa interessare soltanto i fisici senza avere alcuna possibilità di impatto nella "vita reale".

Intanto non è solo creata in laboratorio! Oltre ad essere presenti nei raggi cosmici[4], antiparticelle si producono anche nella materia "ordinaria", seppure

[3] Si tratta di concentrare l'energia necessaria in un volume estremamente piccolo.

[4] I raggi cosmici sono particelle energetiche provenienti dallo spazio.

limitatamente agli antielettroni. Per esempio una banana produce antielettroni (Sym. Mag., 2009)! Questo è dovuto al fatto che certi nuclei esistenti in natura sono instabili e si trasformano per decadimento radioattivo emettendo antielettroni[5]. La banana contiene potassio; una piccola parte di tale potassio è l'isotopo ${}^{40}_{19}K$ il quale per decadimento produce talvolta positroni[6]. In una banana viene prodotto mediamente un positrone ogni 75 minuti. Anche il nostro corpo contiene una piccola quantità di potassio-40 e produce, perciò, ogni tanto un positrone (circa 180 per ora in una persona di 80 kg) che, comunque, annichila immediatamente con la materia.

Una importante metodica di indagine medica in uso da circa un paio di decenni è la cosiddetta PET. Ebbene PET significa "tomografia ad emissione di positroni". A chi fa questa indagine viene iniettato un tracciante radioattivo (veicolato da una molecola biologicamente attiva quale, per esempio, il glucosio) che, essendo instabile, decade emettendo antielettroni[7]. Un antielettrone pochi istanti dopo essere stato emesso annichila con un elettrone atomico producendo raggi gamma che vengono rivelati da rivelatori esterni. In questo modo è possibile ricostruire una mappa tridimensionale della concentrazione del tracciante all'interno del corpo umano. Un tipico tracciante è il ${}^{18}_{9}F$ che ha un tempo di dimezzamento di 110 minuti[8].

Ma non è finita[9]. Ci sono studi in corso per valutare i vantaggi di usare l'antimateria per scopi medicali, quale la radioterapia. L'esperimento ACE al CERN, condotto da un team di ricerca composto da fisici, biologi e medici, ha studiato gli effetti biologici degli antiprotoni in vista del loro possibile uso per radioterapia. ACE ha trovato che si può avere lo stesso effetto ottenuto con protoni usando un numero di antiprotoni quattro volte minore, con notevole vantaggio per il paziente[10]. La NASA ha finanziato progetti di ricerca per l'uso di antiprotoni per la propulsione di navicelle spaziali.

Una curiosità. Nel 2000 fu fondata negli USA una società (Hbar Technologies, LLC) che aveva come scopo principale la "produzione commerciale e l'uso di antiprotoni". In un lavoro (Jackson, 2002) presentato nel 2002 a Parigi alla conferenza internazionale "EPAC 2002", tale società prefigurava l'uso degli antiprotoni e dell'antimateria in una serie stupefacente di campi riassunti nella Fig. 1.

---

[5] Si tratta del cosiddetto decadimento β^+.

[6] Il ${}^{40}_{19}K$ decade β^- in ${}^{40}_{20}Ca$ nel 89,28% dei casi, per cattura elettronica in ${}^{40}_{18}Ar$ nel 11,72% dei casi e β^+ in ${}^{40}_{18}Ar$ soltanto nello 0,001% dei casi.

[7] Si usano tipicamente isotopi a breve vita media di carbonio, ossigeno, azoto, fluoro.

[8] Il ${}^{18}_{9}F$ decade β^+ in ${}^{17}_{10}Fe$ nel 100% delle volte.

[9] Un breve, chiaro ed esauriente articoletto sull''antimateria, sul modo in cui si produce, sui suoi usi correnti e possibili, si può trovare alla referenza (IOP, 2013).

[10] A sfavore degli antiprotoni gioca, però, un costo di produzione molto maggiore.

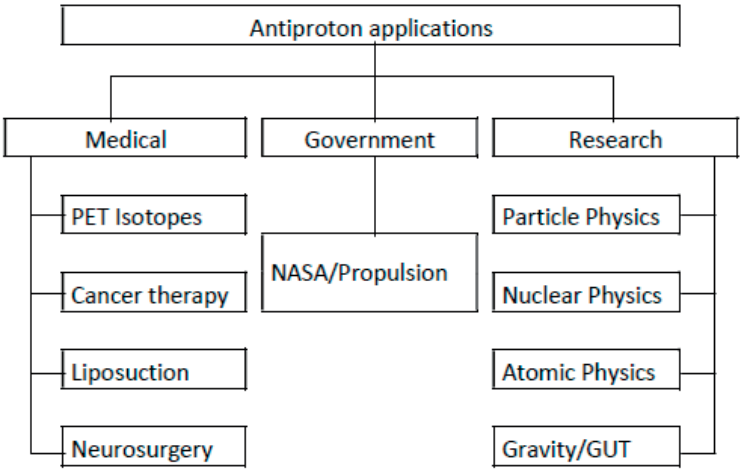


Fig. 1 – Possibili usi degli antiprotoni prefigurati dalla Hbar Technologies, LLC. (Jackson, 2002, Paris)

Però, contrariamente a quanto raccontato dallo scrittore Dan Brown nel suo romanzo "Angeli e demoni", non ne viene ipotizzato l'uso per bombe! È vero che l'annichilazione materia-antimateria - in particolare protone-antiprotone - può produrre una grande quantità di energia, però occorrerebbe una significativa quantità di antimateria, la quale dovrebbe essere non solo prodotta ma accumulata in qualche modo. Il CERN ha finora prodotto circa 10 nanogrammi di antimateria. Se fosse possibile averla tutta insieme e usarla per produrre energia basterebbe sì e no a tener accesa una lampadina di 60 watt per quattro ore!!

Volendo produrne un grammo nello stesso modo, sarebbero necessari 1 miliardo di anni! Per non parlare dei costi! Infatti la produzione e l'accumulazione di antimateria è un processo a bassissima efficienza. Per produrre antimateria occorre spendere una quantità di energia circa un miliardo di volte maggiore di quella equivalente alla massa dell'antimateria prodotta. Facendo qualche rapido conto si vede che per produrre un grammo di antimateria si dovrebbe pagare una bolletta elettrica per circa 25 milioni di miliardi di kWh (CERN Web, 2011)!

Chiarito che l'antimateria non solo esiste ma può anche interessare la vita di tutti i giorni, veniamo all'argomento che dà il titolo a questa nota e che, dal punto di vista dell'indagine in merito alle leggi fisiche che governano il nostro mondo, è certamente molto più interessante[11].

[11] Il lettore che voglia ampliare e approfondire gli argomenti trattati in questa nota, pur rimanendo in un ambito non specialistico, può leggere l'ottimo libro di Frank Close alla referenza (Close, 2009).

La teoria di Dirac è simmetrica se si scambia la particella con l'antiparticella (e nello stesso tempo si invertono i segni dei campi elettrici e magnetici). Questa è una delle operazioni che in fisica hanno una grande importanza e sono note come trasformazioni di simmetria. Essa ha il nome di coniugazione di carica ed è indicata con il simbolo C. Quanto detto equivale a dire che la teoria di Dirac è invariante sotto trasformazione di coniugazione di carica. Prima di illustrare ulteriormente tale trasformazione vediamo brevemente cosa si intenda in fisica per simmetria.

Ogni persona, anche se non ci ha particolarmente riflettuto, ha chiaro quale significato si attribuisca al concetto di simmetria di un oggetto; anzi, quasi tutti sono particolarmente attratti da oggetti o modelli che godono di qualche simmetria. Un oggetto presenta una simmetria se c'è qualche cosa che possiamo fargli dopo la quale l'oggetto rimanga identico a quello che era prima. Una sfera è un oggetto simmetrico per eccellenza. Possiamo ruotarla come vogliamo senza che appaia diversa da come era prima. In fisica quando si parla di simmetria non si è interessati tanto al fatto che in natura certi oggetti presentino o meno simmetrie quanto alle simmetrie che presentano le leggi fondamentali che governano i processi fisici che avvengono nel nostro mondo. Le simmetrie sono quindi collegate a quello che possiamo fare a un fenomeno fisico o a un esperimento lasciando il risultato invariato.

"*I principi di simmetria svolgono un ruolo importante rispetto alle leggi della natura. Riepilogano le regolarità delle leggi indipendenti dalle dinamiche specifiche. Quindi i principi di invarianza forniscono una struttura e una coerenza alle leggi della natura, proprio come le leggi della natura forniscono una struttura e una coerenza all'insieme degli eventi. Infatti, è difficile immaginare che molti progressi potrebbero essere stati fatti per dedurre le leggi della natura senza l'esistenza di certe simmetrie. ..... Senza regolarità incorporate nelle leggi della fisica non saremmo in grado di dare senso agli eventi fisici; senza regolarità nelle leggi della natura non saremmo in grado di scoprire le leggi stesse. Oggi ci rendiamo conto che i principi di simmetria sono ancora più potenti: dettano la forma delle leggi della natura*" (Gross, 1996).

Esistono un certo numero di simmetrie legate a operazioni sotto le quali i fenomeni fisici rimangono invariati. Un esempio è costituito dall'invarianza per traslazioni nello spazio e nel tempo delle leggi della fisica che è legata all'impossibilità di stabilire una posizione ed un tempo assoluti e sulla quale si basa la nostra capacità di ripetere esperimenti in luoghi diversi e in momenti diversi senza che, a parità di tutte le altre condizioni, i risultati ne vengano influenzati.

Non è, però, mia intenzione elencare tutte le simmetrie né tantomeno farne una discussione generale. Quello che mi accingo a fare è analizzare un po' più in dettaglio la simmetria tra materia e antimateria al fine di illustrare la grande rilevanza che essa ha nella fisica delle particelle e nella cosmologia.

Abbiamo appena detto che la teoria di Dirac è invariante sotto la trasformazione di coniugazione di carica C. In fisica delle particelle tale trasformazione è definita in modo che quando sia applicata, per esempio, ad uno stato di singola particella, essa inverte la carica elettrica e qualunque altra carica della particella lasciando però invariate tutte le altre grandezze fisiche che caratterizzano il suo stato. Così essa trasforma un elettrone in un positrone nello stesso stato dinamico dell'elettrone, un protone in un antiprotone, un neutrone in un antineutrone. Essa, però, fa anche il viceversa: applicata ad una antiparticella la trasforma nella rispettiva particella nello stesso stato dinamico.

Un atomo di materia è fatto di protoni, neutroni ed elettroni; il corrispondente trasformato per coniugazione di carica - antiatomo - è fatto di antiprotoni, antineutroni e antielettroni nella stessa configurazione dinamica del primo.

Se le leggi della fisica fossero assolutamente invarianti per coniugazione di carica, esisterebbe una perfetta simmetria tra materia e antimateria. Tale simmetria rifletterebbe l'arbitrarietà con la quale definiamo il segno della carica elettrica quando diciamo che l'elettrone ha carica negativa e il protone - che ha carica elettrica opposta a quella dell'elettrone - ha carica positiva. Nei libri di fisica si trova talvolta che chiamiamo negativa la carica elettrica che si deposita su una bacchetta di bachelite strofinata con una pelle di gatto, mentre è positiva quella che si deposita su una bacchetta di vetro strofinata con uno straccio di seta. È del tutto evidente l'arbitrarietà con la quale definiamo negativa una carica e positiva l'opposta. Questo significa che non siamo in grado di dare una definizione assoluta di cosa intendiamo per carica elettrica negativa (o positiva) e quindi nemmeno di cosa intendiamo per materia e di cosa per antimateria.

Infatti, seguendo il premio Nobel per la fisica Richard Feynman, poniamoci la seguente domanda: "Sapremmo fornire ad un extraterrestre di una lontana galassia (via, per esempio, un ipotetico telefono) una prescrizione che gli permetta di individuare come materia ciò che noi definiamo tale?"

Ebbene, se C fosse una simmetria esatta, la risposta non potrebbe che essere NO! Non potremmo certo dirgli che elettroni, protoni e neutroni sono le particelle di cui siamo fatti. Che la carica positiva è quella dei protoni e quella negativa è la carica degli elettroni. E se l'extraterrestre e la sua galassia fossero fatti di antimateria?

In realtà C, mentre è una simmetria esatta per i fenomeni dovuti alle interazioni forti, elettromagnetiche e gravitazionali (tre delle quattro interazioni fondamentali che si osservano in natura), non lo è nel caso delle interazioni deboli, che sono quelle alle quali è dovuto, per esempio, il decadimento del neutrone, ossia la trasformazione di un neutrone in un protone secondo il processo

$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}_{(destrorso)} \qquad (1)$$

In questo processo, oltre alle particelle note n, p ed e^{-}, compare una terza

particella: un antineutrino ($\bar{\nu}$). Neutrini (ν) e antineutrini sono particelle che non hanno carica elettrica, hanno una massa (praticamente) nulla e possono essere considerati a tutti gli effetti puntiformi. L'antineutrino ha una caratteristica che lo fa definire destrorso. Vediamo cosa significa.

I neutrini, come pure protoni, neutroni, elettroni e altre particelle, possiedono una proprietà fisica che si chiama spin. Lo spin è un momento angolare e, quindi, è una grandezza fisica vettoriale. Lo spin dell'antineutrino è sempre diretto nella stessa direzione e nello stesso verso del moto; per questa ragione l'antineutrino si dice destrorso. Al contrario, nel caso del neutrino, lo spin è sempre diretto nella stessa direzione ma in verso opposto al moto e per questa ragione il neutrino è sinistrorso.

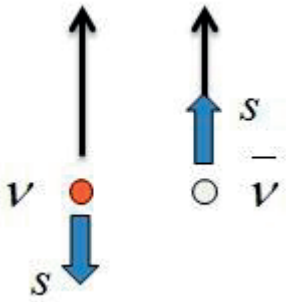


Fig. 2 – Il neutrino ha lo spin (S) diretto in verso opposto al moto; l'antineutrino lo ha diretto nel verso del moto.

Possiamo capire l'origine di questi aggettivi, immaginando l'antineutrino o il neutrino come una particella che avanzi ruotando su se stessa lungo la direzione di avanzamento come fa una vite destrorsa nel caso del primo e una vite sinistrorsa nel caso del secondo. Questo semplice modello meccanico, pur essendo utile per comprendere la differenza tra neutrino e antineutrino, non deve, però, essere preso alla lettera per motivi sui quali non è qui il caso di dilungarsi.

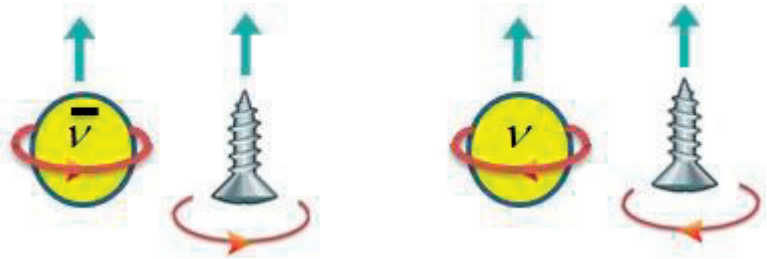


Fig. 3 – Possiamo immaginare il neutrino come una particella che avanzi ruotando su se stessa come fa una vite sinistrorsa, mentre l'antineutrino lo fa come una vite destrorsa.

La coniugazione di carica applicata al processo (1) dà luogo al processo

$$\bar{n} \rightarrow \bar{p} + e^{+} + \nu_{(destrorso)} \qquad (2)$$

nel quale compare un neutrino destrorso che non esiste. Pertanto la (2) non corrisponde a quanto effettivamente avviene. Infatti, il decadimento dell'antineutrone produce un neutrino sinistrorso!

$$\bar{n} \rightarrow \bar{p} + e^{+} + \nu_{(sinistrorso)} \qquad (3)$$

C è, dunque, violata! Possiamo allora pensare di avere la prescrizione per distinguere in modo assoluto un neutrone da un antineutrone e, quindi, un protone da un antiprotone e un elettrone da un antielettrone. Il neutrone è quello che decadendo produce un neutrino destrorso!

C'è, però, un problema: sinistrorso e destrorso costituiscono una definizione assoluta o sono semplicemente una questione di convenzione? Infatti, in quest'ultimo caso, il nostro extraterrestre potrebbe aver chiamato destrorso quello che è per noi sinistrorso e viceversa e individuare, così, come neutrone quello che per noi è un antineutrone.

Qui entra in gioco un'altra simmetria che si intreccia con la precedente. Tale simmetria è la parità, indicata con la lettera P, e le trasformazioni relative a tale simmetria sono le trasformazioni di parità o riflessioni spaziali. Matematicamente una trasformazione di parità consiste nell'inversione del verso degli assi del sistema di coordinate usato per individuare la posizione di un punto nello spazio. La trasformazione di parità si può immaginare come una riflessione in uno specchio piano con una successiva rotazione di 180° dell'immagine intorno ad un asse perpendicolare alla superficie dello specchio (in modo da avere una immagine capovolta). Possiamo, però, limitarci alla sola riflessione per discutere le proprietà della trasformazione di parità che ci interessano.

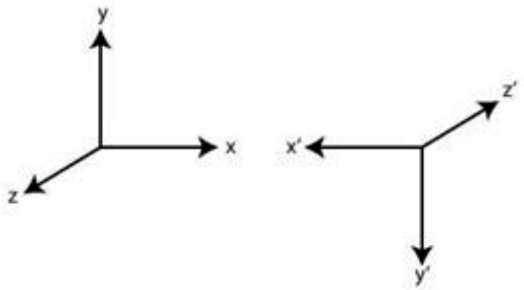


Fig. 4 – Una trasformazione di parità consiste nell'inversione del verso degli assi del sistema di coordinate usato.

La eventuale invarianza per trasformazione di parità delle leggi fisiche implica che se consideriamo, per esempio, un esperimento che utilizzi un determinato apparato sperimentale e ne realizziamo un altro, che utilizzi un apparato sperimentale costruito in modo identico alla immagine speculare del primo, i due esperimenti danno lo stesso risultato. Facciamo un esempio specifico. Immaginiamo di prendere un orologio a molla e costruiamone un altro in modo che ogni suo componente sia esattamente uguale all'immagine speculare del corrispondente componente del primo. Carichiamo i due orologi esattamente nello stesso modo. I due orologi segneranno esattamente lo stesso tempo. Una persona che non sapesse qual è l'originale e qual è la copia non sarebbe in grado di distinguerli.

L'invarianza per parità è collegata all'impossibilità di dare una definizione assoluta di destra e sinistra né di destrorso e sinistrorso, visto che una trasformazione di parità trasforma una vite destrorsa in una vite sinistrorsa[12] e viceversa.

Naturalmente questo non significa che il nostro mondo presenti un'assoluta simmetria destra-sinistra! Ognuno di noi saprebbe trovare tanti modi per distinguere destra da sinistra. Per esempio, se uno è in piedi e guarda verso nord, destro è il lato dal quale sorge il sole. Ancora, sinistro è il lato del torace verso il quale è spostato il cuore in un uomo. E così via. Però, pensandoci bene, si comprende immediatamente che la destra e la sinistra che così definiamo sono solo frutto di una convenzione affermatasi nel corso del tempo. I modi ai quali possiamo pensare per distinguere la destra dalla sinistra avrebbero esattamente lo stesso valore se si fosse affermata una convenzione opposta. Il punto, infatti, non è questo. L'invarianza per parità riguarda le leggi della fisica. Esse sono invarianti se non dipendono dalla definizione di destra e sinistra, cioè se l'immagine speculare di un fenomeno fisico si verifica con le stesse modalità dell'originale. Tornando al nostro extraterrestre, se le leggi della fisica fossero esattamente invarianti per trasformazioni di parità, non saremmo in grado di fornirgli alcuna prescrizione per dirgli quale mano definiamo come mano sinistra e quale come destra. Analogamente non sapremmo dargli una ricetta per fargli capire cosa intendiamo per vite destrorsa e cosa per vite sinistrorsa. Ricordo che la prima - che è quella che troviamo comunemente in ogni negozio di ferramenta- avanza quando la ruotiamo in verso orario, mentre la seconda lo fa quando la ruotiamo in verso antiorario. L'una è l'immagine speculare dell'altra. Dovremmo poter dare una definizione assoluta di rotazione oraria. E se gli extraterrestri costruissero orologi che ruotano normalmente in verso opposto ai nostri?

In realtà, come accade per C, anche P pur essendo una simmetria esatta del-

[12] L'immagine speculare di una vita destrorsa è una vite sinistrorsa perché la riflessione inverte il verso della rotazione ma non quello dell'avanzamento.

le interazioni forti, elettromagnetiche e gravitazionali, non lo è per quelle deboli, come fu scoperto nel 1957. Nel 1956 due fisici teorici americani di origine cinese, Tsung-Dao Lee e Chen-Ning Yang, per spiegare alcune osservazioni sperimentali in fisica delle particelle che apparivano contrastanti avanzarono l'ipotesi che le interazioni deboli violassero la simmetria di parità. Si trattava di una ipotesi molto ardita. Infatti, sebbene la formulazione teorica della simmetria di parità delle leggi fisiche (con riferimento, in particolare all'elettromagnetismo) fosse stata fatta da Eugene Wigner (premio Nobel per la fisica nel 1963) soltanto trenta anni prima, il concetto di simmetria destra-sinistra era talmente radicato e dato per scontato che la sola ipotesi che potesse essere violato era non facile da accettare, anche per scienziati di grande spessore quale il premio Nobel per la fisica (1945) Wolfgang Ernst Pauli.

Lee e Yang suggerirono anche possibili esperimenti per verificare la loro affermazione. Nei mesi successivi uno di tali esperimenti fu eseguito dalla signora Chien-Shiung Wu (Columbia University) e collaboratori presso il National Bureau of Standards a Washington. Essi usarono un campione di cobalto-60 posto a temperatura molto bassa in un forte campo magnetico. Il nucleo ${}^{60}_{27}Co$ possiede una proprietà - momento angolare o spin - in base alla quale lo possiamo immaginare come una trottola microscopica che ruota su stessa intorno a un asse. Poiché possiede anche una carica elettrica, questa rotazione fa sì che il nucleo si comporti come un piccolo ago magnetico disposto lungo l'asse di rotazione in modo che, se si guardasse il nucleo ruotante dalla direzione che va dal polo nord al polo sud dell'ago, vedremmo il nucleo ruotare in verso antiorario. In un campo magnetico intenso e a temperatura molto bassa i nuclei si dispongono in modo che l'ago magnetico associato a ciascuno di essi risulti parallelo al campo magnetico e orientato nel verso del campo, ossia dal sud al nord del campo. Ora il nucleo di ${}^{60}_{27}Co$ è instabile e, nel tempo, decade trasformandosi in ${}^{60}_{28}Ni$ ed emettendo un elettrone e un antineutrino.

$$ {}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + e^{-} + \bar{\nu} $$

La signora Wu e collaboratori trovarono che gli elettroni di decadimento erano emessi preferenzialmente in direzione opposta alla direzione del campo magnetico, come è indicato in Fig. 5a.

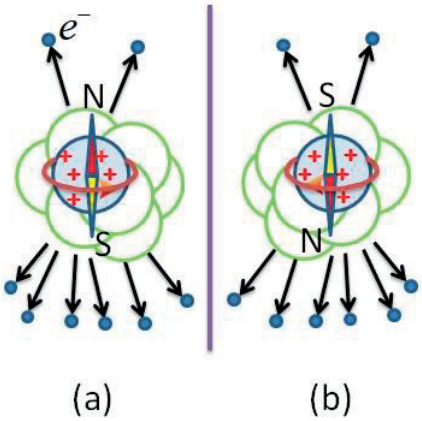


Fig. 5 – (a) Nel decadimento di un campione di cobalto-60, polarizzato con un intenso campo magnetico, gli elettroni di decadimento sono emessi preferenzialmente in direzione opposta alla direzione del campo. (b) Nell'immagine speculare avviene il contrario.

Questo risultato viola la simmetria di riflessione. Infatti, come si vede dalla Fig. 5b, l'immagine del nucleo si vede ruotare in modo opposto, ossia in verso orario. Quindi gli aghi magnetici corrispondenti sono allineati come sarebbero se il campo magnetico venisse invertito. Questo comporta che nell'immagine gli elettroni vengano visti come emessi preferenzialmente nella direzione del campo e, quindi, in modo diverso. La simmetria di riflessione è violata. Questa scoperta fu uno dei maggiori eventi scientifici del 1900 ed ebbe una vasta risonanza tra i fisici. Tornando a Pauli, un altro grande fisico, Viktor Weisskopf, in un suo libro scrive:

"*Ricordo una mia lettera che gli riferiva i preparativi di Chien-Shiung Wu per verificare la conservazione della parità nelle interazioni deboli. Pauli in risposta scrisse che secondo lui tutto ciò era una perdita di tempo; avrebbe scommesso qualsiasi somma di denaro che la parità si conserva in qualsiasi processo. Quando mi giunse la lettera avevo appena appreso la notizia che la parità era ampiamente non conservata. Prevalse la parte migliore di me stesso, e non inviai un telegramma con il seguente contenuto: "Scommessa di mille dollari accettata", ma gli riferii il sorprendente risultato dell'esperimento di Wu. Le telefonate intercontinentali non erano ancora usate per la fisica. Pauli rimase completamente sbalordito. Mi scrisse esprimendo la sua meraviglia per il fatto che "Dio è debolmente mancino", poiché l'esperimento aveva dimostrato che nelle interazioni deboli le particelle aventi spin sinistrorso sono privilegiate. Aggiunse: "Posso permettermi di perdere parte della mia reputazione ma non parte del mio capitale*" (Weisskopf, 1994).

Nello stesso anno (1957) nel quale fu pubblicato il risultato ottenuto dalla signora Wu (e altri risultati che immediatamente seguirono), a Lee e Yang fu assegnato il premio Nobel per la fisica.

La violazione di P ripristina la simmetria tra materia e antimateria. Infatti P trasforma un neutrino destrorso in un neutrino sinistrorso; così, applicando P alla (2) otteniamo proprio la (3). L'applicazione successiva delle due trasformazioni, CP, trasforma pertanto un neutrino sinistrorso in un antineutrino destrorso e, quindi, il decadimento del neutrone (1) nel decadimento dell'antineutrone (3).

La simmetria tra materia e antimateria è dunque espressa da CP. Si può pensare una trasformazione CP come la riflessione in un immaginario specchio che non soltanto trasformi destra in sinistra (e viceversa) ma cambi anche segno a tutte le cariche. Tale specchio cambierebbe una vite destrorsa in un'antivite sinistrorsa. Tornando all'esempio precedente di un orologio e della sua immagine speculare, se costruissimo un orologio in modo conforme alla sua immagine speculare ma usando antimateria, il nuovo orologio segnerebbe il tempo in modo esattamente identico all'originale.

Se, dunque, CP fosse una simmetria esatta, materia e antimateria sarebbero intrinsecamente indistinguibili. Non ci sarebbe alcuna possibilità di elaborare una "ricetta" da trasmettere al nostro lontano extraterrestre per farci dire se il suo mondo è fatto di materia come il nostro o di antimateria.

In realtà, come vedremo tra poco, nel caso delle interazioni deboli anche CP non è una simmetria esatta ma presenta una piccola violazione. Questo fatto è di grande interesse ed ha costituito, e ancora costituisce, un argomento importantissimo della ricerca svolta nell'ultimo mezzo secolo nel campo delle particelle elementari e delle interazioni fondamentali. D'altra parte, una simmetria esatta ovunque e comunque essa si verifichi, pur potendo suscitare sensazioni di "bellezza", esaurisce presto il suo eventuale interesse. In fisica, come abbiamo detto in precedenza, una simmetria esatta si collega semplicemente ad una grandezza non misurabile. Al contrario una simmetria non esatta è intrigante, fornisce argomento di studio, di riflessione e indagine sperimentale e apre le porte a nuovi saperi e a nuove scoperte. Per un fisico l'interesse maggiore di una simmetria esatta sta nel fatto che essa possa essere tale solo approssimativamente, che scavando a fondo sia possibile trovare una pur lievissima asimmetria che però apra una nuova finestra sul mondo fisico.

Una piccolissima "crepa" nello specchio CP fu individuata nel 1964 quando James Watson Cronin, Val Logsdon Fitch e collaboratori trovarono una piccola violazione della simmetria materia-antimateria nel decadimento di un certo tipo di particelle note come mesoni K. Per questa scoperta Cronin e Fitch furono insigniti nel 1980 del premio Nobel per la fisica. I mesoni K esistono con carica elettrica positiva, negativa e nulla. I mesoni K dell'esperimento di Cronin e Fitch erano quelli neutri ed i decadimenti considerati erano negli stati finali formati da due o tre altri mesoni, detti π o pioni. Non è qui il caso di mostrare come emerge la violazione di CP in tali decadimenti. È più facile farlo vedere considerando un altro tipo di decadimento dei mesoni K neutri, in particolare

$$K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu \qquad (4)$$

La particella K_L^0 non possiede alcuna carica e, perciò, coincide con la sua CP-coniugata. L'applicazione di CP trasforma il processo (4) in

$$K_L^0 \rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu} \qquad (5)$$

Se CP fosse una simmetria esatta questi due decadimenti dovrebbero verificarsi con la stessa probabilità. Accade, invece, che il decadimento (4) si verifichi con una probabilità leggermente maggiore, seppure di molto poco. Così se facciamo un esperimento con il quale contiamo i due tipi di decadimento, troveremo che, in media, per ogni 1000 eventi nei quali si produce un elettrone ne avvengono ~1002 con un positrone. Lo "specchio" CP non riflette esattamente!

Ecco, dunque, un modo per dare una definizione assoluta di carica positiva/negativa! All'alieno di Feynman potremo comunicare di fare lo stesso esperimento; se osserva che il tipo di elettrone meno frequente è quello che si trova negli atomi del suo corpo, allora anche lui, come noi, è fatto di materia. Qualora ci capitasse di incontrarlo potremmo tranquillamente stringergli la mano!

A partire dall'esperimento di Cronin e Fitch molto altro è stato fatto e molto ancora è stato appreso sulla violazione di CP, il cui studio ha contribuito non poco allo sviluppo e all'affermazione del Modello Standard delle interazioni fondamentali.

Secondo il Modello Standard, i costituenti fondamentali della materia, cioè i mattoncini che la costituiscono, ricadono in due distinte famiglie: quark e leptoni. Ciascuna famiglia contiene sei particelle ad ognuna delle quali corrisponde la rispettiva antiparticella. Le interazioni fondamentali che si verificano tra tali costituenti sono di quattro distinti tipi. In ordine di intensità si hanno: interazioni forti, elettromagnetiche, deboli e gravitazionali. Queste ultime sono di gran lunga le più deboli per cui nel mondo microscopico non giocano praticamente alcun ruolo. La differenza fondamentale tra le due famiglie sta nel fatto che i quark sono capaci di avere tutti i tipi di interazioni, mentre i leptoni non sono capaci di avere interazioni forti. Sono leptoni l'elettrone e il neutrino da noi già incontrati. I quark legandosi tra loro per mezzo dell'interazione forte formano il protone e il neutrone oltre a centinaia di altre particelle chiamate adroni. Per esempio i pioni e i mesoni K sono adroni. La violazione di CP da noi introdotta è stata finora osservata soltanto nelle interazioni deboli degli adroni e, nel Modello Standard delle interazioni fondamentali, è ricondotta ad una specifica proprietà dei quark.

La violazione di CP, però, travalica il microcosmo per assumere un ruolo molto importante anche in cosmologia. In effetti tutte le nostre osservazioni stanno ad indicare che viviamo in un universo fatto di materia cioè di protoni, neutroni ed elettroni piuttosto che antiprotoni, antineutroni ed antielettroni. Se la

luna fosse stata fatta di antimateria, la missione Apollo 11 che portò l'uomo per la prima volta sulla Luna si sarebbe rivelata fatale per Armstrong e Aldrin, i due astronauti americani che misero i piedi sulla luna nel lontano 20 luglio 1969. Essi si sarebbero vaporizzati in una grande esplosione nell'istante stesso in cui il modulo di atterraggio toccò il suolo lunare. Anche il sole e la nostra galassia (Via Lattea) sono fatti di materia come risulta dalla natura del vento solare e dei raggi cosmici. D'altra parte se ci fosse anche una sola regione di antimateria nel cluster di galassie nel quale siamo, dovremmo rivelare la radiazione prodotta dall'annichilazione materia-antimateria. In definitiva tutte le nostre osservazioni depongono a favore del fatto che non esistano grandi regioni di antimateria almeno entro decine di miliardi di anni luce e, forse, in tutto l'universo. Questo fatto è uno dei problemi irrisolti della moderna cosmologia. In questo campo la teoria più accreditata che descrive l'evoluzione dell'universo è la teoria del Big Bang. Secondo tale teoria la materia è stata creata nei primissimi istanti dell'universo e, conformemente con le teorie prevalenti in fisica delle particelle, materia e antimateria dovrebbero essere state create in ugual misura. E qui sorge il problema: durante l'evoluzione dell'universo l'annichilazione materia-antimateria dovrebbe aver portato non soltanto alla scomparsa dell'antimateria ma anche a quella della materia! Ma, allora, perché di quest'ultima ce ne è ancora mentre la prima è praticamente scomparsa? Tre sono le possibilità:

1. per qualche oscura ragione e in contrasto con quanto oggi sappiamo della fisica delle particelle, l'universo è nato con un eccesso di materia rispetto all'antimateria.
2. L'universo è nato simmetrico e lo è rimasto. Esso si espanse abbastanza rapidamente da non dare il tempo alla materia e all'antimateria di annichilire completamente prima che fluttuazioni casuali di densità materia/antimateria si separassero. In questo caso dovremmo avere agglomerati locali di galassie e clusters di sola materia o sola antimateria.
3. Dopo il Big Bang deve essere accaduto qualche cosa che ha originato la presente dissimmetria tra la presenza di materia e quella di antimateria.

La prima ipotesi è molto insoddisfacente. Alla luce delle nostre conoscenze non si riesce nemmeno ad immaginare una possibile ragione per tale eventuale dissimmetria. Inoltre, in base a considerazioni termodinamiche, è abbastanza verosimile che una eventuale dissimmetria iniziale sarebbe stata eliminata rapidamente.

La seconda ipotesi è da escludersi per le ragioni alle quali abbiamo già accennato in precedenza. Infatti se essa fosse vera dovrebbero verificarsi una serie di fenomeni sperimentalmente osservabili. Dovremmo osservare radiazione di annichilazione dallo spazio interstellare ove materia e antimateria si mescolerebbero. I raggi cosmici di alta energia dovrebbero grosso modo contenere materia e antimateria in eguale misura, visto che ci si aspetta che essi campionino equamente tutto l'universo. Invece tutte le evidenze sperimentali depongono il

contrario: non vediamo alcuna radiazione isotropa di annichilazione e, nei raggi cosmici, i protoni sono diecimila volte più numerosi degli antiprotoni.

La terza ipotesi è più plausibile e potrebbe trovare nella violazione di CP un tassello utile per imbastire una spiegazione.

Tale possibilità fu considerata già nel 1967, poco dopo la scoperta della violazione di CP, dal fisico russo Andrei Sakharov (premio Nobel per la pace 1975). Secondo Sakharov ci sono tre condizioni necessarie (ma non sufficienti) se si vuole elaborare una teoria che giustifichi il presente eccesso di materia in un universo che durante il Big Bang presentava un'assoluta simmetria tra materia e antimateria.

Una di queste condizioni è proprio la violazione di CP (e di C). Una seconda condizione riguarda la stabilità della materia e se verificata avrebbe come conseguenza la possibilità che il protone possa decadere. La terza condizione, un po' più tecnica, richiede che le interazioni che hanno dato luogo alla dissimmetria siano avvenute in condizioni di non equilibrio termico, ma mi limito a citarla.

Risulta, pertanto, evidente la grande importanza che riveste la violazione di CP anche dal punto di vista cosmologico.

Ricerche per scoprire se il protone è instabile o no sono state già condotte. Per ora il decadimento del protone non è mai stato osservato e dalle ricerche condotte risulta che se effettivamente esso fosse instabile la sua vita media non potrebbe essere inferiore a circa 10^{34} anni.

Dai calcoli effettuati pare anche che la piccola violazione di CP osservata non sia sufficiente. C'é quindi ancora molto lavoro da fare sia sperimentale che teorico. I teorici, in particolare, partendo dalle conoscenze presenti in materia di costituenti fondamentali della materia e delle leggi che regolano le loro interazioni, stanno lavorando molto all'elaborazione di modelli che possano rendere ragione della dissimmetria materia-antimateria nell'universo.

Un interesse particolare riveste l'ipotesi che la violazione di CP non sia limitata alle interazioni deboli dei soli adroni ma una proprietà simile a quella dei quark possa esistere anche tra i leptoni, in particolare tra i neutrini. Al fine di verificarlo giocano un ruolo unico esperimenti in atto nel campo delle cosiddette oscillazioni dei neutrini. Risultati preliminari sembrano suggerire che tale proprietà sia effettivamente presente ma per avere qualcosa di definitivo occorre ancora aspettare.

BIBLIOGRAFIA

Close F. (2009), Antimatter, Oxford University Press Inc., New York, USA.

Sym. Mag. (2009), https://www.symmetrymagazine.org/2009/07/23/antimatter-from-bananas.

IOP (2013), https://www.iop.org/publications/iop/2013/file_59436.pdf.

Jackson G. (2002), Commercial production and use of antiprotons. *Proceedings of*

EPAC 2002, Paris, France.
CERN Web (2011), http://angelsanddemons.web.cern.ch/antimatter/making-antimatter.
Gross D. J. (1996), The role of symmetry in fundamental physics. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 93 no. 25*.
Weisskopf V. (1994), Il privilegio di essere un fisico. Jaca Book, Milano, Italia.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 55-61

BMD sequences: are they modified by learning?

Nota del socio Antonio Giuditta* e di Joyce Casalino[1]
(Adunanza del 20 aprile 2018)

Keywords: brain, metabolic DNA, learning, DNA sequences

Abstract – The marked increase of brain metabolic DNA (BMD) in rodents learning a two-way active avoidance task has suggested that BMD sequences might be modified by learning. To examine this possibility the BMD of learning mice has been sequenced and compared to that of control mice. Data indicate that BMD sequences aligned to mice chromosomes are consistently higher in learning mice but to a different extent in different chromosomes.

Riassunto – Il notevole aumento del DNA metabolico cerebrale (BMD) presente in roditori che apprendono un compito di evitamento attivo a due vie ha suggerito che le sequenze del BMD potrebbero essere modificate dall'apprendimento. Per esaminare questa possibilità il BMD di topi addestrati è stato sequenziato e paragonato a quello dei topi di controllo. I dati indicano che le sequenze di BMD allineate ai cromosomi del topo sono consistentemente maggiori nei topi addestrati ma in misura diversa per ogni cromosoma.

1 - INTRODUCTION

The recent publication of a review article (Giuditta *et al.*, 2017) summarizing the experimental data on brain metabolic DNA (BMD), and the concurrent evidence supporting its cytoplasmic origin by reverse transcription (Salganik *et al.*, 1983; Rutigliano and Giuditta, 2015; Giuditta and Rutigliano, 2018) have called attention on the BMD quantitative modulation by learning. Of special interest are the results of rats learning a two-way active avoidance task which display a marked increment in newly synthesized BMD (Reinis, 1972; Ashapkin *et al.*, 1983; Scaroni *et al.*, 1983). The latter effect has suggested that BMD sequences of learning rodents might also be modified with respect to control BMD.

*giuditta@unina.it
[1] Biology Dept., Federico II Univ., Naples, Italy

To examine this possibility, cytoplasmic BMD of mice trained for a two-way active avoidance task and of related control mice have been sequenced and aligned to mice chromosomes. Data show that the aligned BMD sequences are consistently higher in learning mice than in control mice but also indicate that the prevalence of learning BMD markedly differs in different chromosomes.

2 - MEDHODS

Experiments were made with male BL63/c57 mice of about two months. At 9.00-9.30 a mouse taken from its home cage was transferred to a shuttle-box kept in a darkened room. After familiarization with the new environment (15 min), training started in 30 s cycles continuously administered for half an hour. Each cycle began with the switching on of a white light that lasted 6 s, and was followed by the administration a foot-shock during the last 3 s of light. The foot-shock was turned off if the mouse moved to the other side of the shuttle-box. If this response occurred during the foot-shock it scored as an escape; conversely, if it occurred before the foot-shock, that is during the initial half of the light period, it was scored as an avoidance. Mice were considered to have learned the task when the majority of responses were avoidances, thus indicating the light had become a reliable precursor of the foot-shock. Since training cycles were administered irrespective of the mouse position on either side of the shuttle-box, learning the avoidance task required mice to be trained during three half hour periods separated by rest intervals of the same duration.

At the end of the training session, learning and control mice were sacrificed by dislocation at about the same time of the day. Dissected brains were freed of major vessels and extraneous material, and cerebral hemispheres were homogenized with 9 volumes of ice-cold isotonic medium (0.32 M sucrose, 10 mM Tris-Cl pH 7.4). Homogenates were centrifuged at 4 °C in an Eppendorf table centrifuge (1000 g, 4 min) to sediment the nuclear fraction while the supernatant fractions were centrifuged at higher speed (20,000 g for 30 min) to sediment the cytoplasmic fraction. Cytoplasmic sediments were stored at -80 °C. In preliminary analyses cytoplasmic sediments were found to lack nuclei identified by their staining with the dsDNA-specific Hoechst 33258 dye (Invitrogen).

Purification of cytoplasmic DNA from trained and control mice, sequencing by NGS, and sequence alignment to individual chromosomes were made by BMR Genomics (Padova, Italy).

3 - RESULTS

3.1 - Training data

Behavioral responses of the two learning mice are presented in Figs. 1 and 2. They consisted in their running to the other side of the shuttle-box during the 6 s

of the light period. Since foot-shocks were delivered during the last 3 s of the light period, the responses occurring in that period were escapes prompted by the foot-shock, while responses occurring before the foot-shock delivery were avoidances since they prevented the foot-shock.

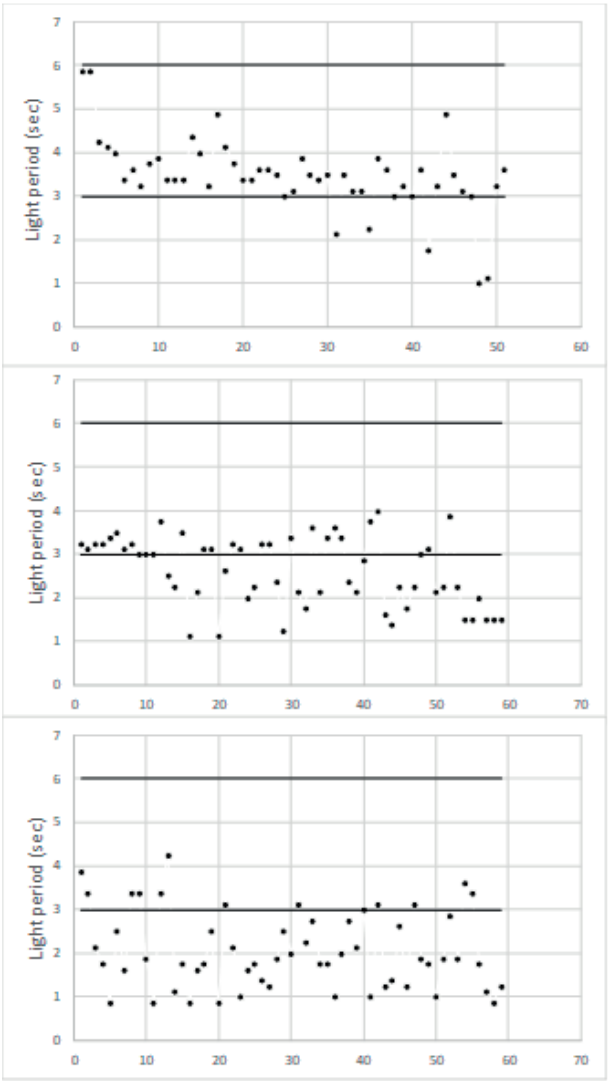


Fig. 1 – Behavioral responses of the learning mouse (L_1) of the first couple of learning and control mice. The three training periods are listed from top to bottom.

Data from the three training periods clearly indicate the initial prevalence of escapes and the progressive prevalence of avoidances.

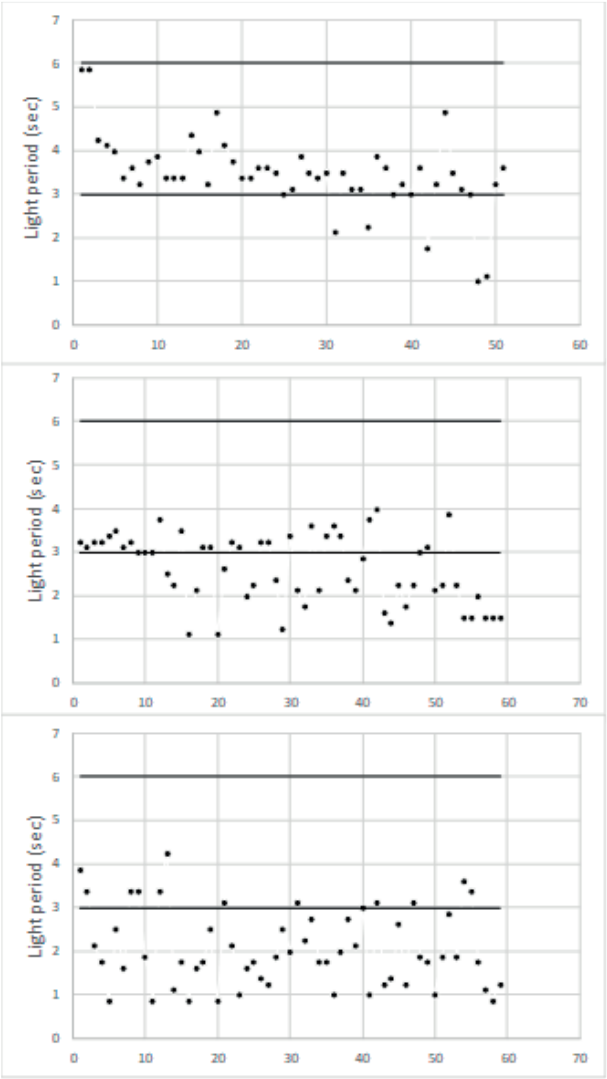


Fig. 2 – Behavioral responses of the learning mouse (L_2) of the first couple of learning and control mice. The three training periods are listed from top to bottom.

3.2 - Alignment of BMD sequences to mouse chromosomes

The number of BMD sequences aligned on each mouse chromosome is presented in Fig. 3 with regard to the learning and control mouse of each couple. Data show the consistent prevalence of sequence number in the two learning mice (L_1 and L_2) with respect to the corresponding control mouse (C_1 and C_2) and the relative similarity of the differences exhibited by each chromosome of either

couple. The latter results are expressed in the last column of each couple. Their values appear similar in most chromosomes but in chromosomes 2 and 9 of either couple they attain markedly higher values (emphasized in bold).

It is also worth noting that the prevalence of the learning mouse over the control mouse is higher in the first couple (L_1 minus C_1) than in the second couple (L_2 minus C_2) in several chromosomes (2, 6, 7, 9, 13, 15, 17, 19, X, Y and in the P fraction: shown in bold) but becomes smaller in the remaining chromosomes, in Mt and in the * fraction (Figure 4).

	Couple 1				Couple 2		
Crom	L_1	C_1	$L_1 - C_1$		L_2	C_2	$L_2 - C_2$
1	23465	21152	2313		29606	26862	2744
2	**58246**	**46330**	**11916**		**64467**	**58750**	**5717**
3	16604	15114	1490		22073	19867	2206
4	17622	15731	1891		23062	20576	2486
5	17105	15267	1838		22108	19868	2240
6	17796	15449	2347		22231	20991	1240
7	18162	15565	2597		22102	19960	2142
8	14798	12810	1988		18892	16935	1957
9	**45177**	**35253**	**9924**		**48761**	**44627**	**4134**
10	13899	12246	1653		18378	16402	1976
11	14309	12745	1564		18243	16441	1802
12	14281	12447	1834		17900	16069	1831
13	13641	11756	1885		17361	15967	1394
14	14768	13072	1696		18689	16694	1995
15	11053	9694	1359		14317	13207	1110
16	10443	9303	1140		13533	12094	1439
17	11000	9394	1606		13613	12790	823
18	9721	8657	1064		12606	11354	1252
19	6580	5616	964		8433	7676	757
Mt	8401	11000	-2599		9701	7296	2405
X	9582	8220	1362		12025	11142	883
Y	6096	4838	1258		6531	5981	550
*	664	14282	-13618		376	600	-224
P	5771	4355	1416		5553	5245	308

Fig. 3 – Number of BMD sequences aligned on each chromosome of the learning and control mouse of each couple.

4 – DISCUSSION

The number of avoidances scored in the third training period was almost the same in the learning mice of each couple but previous behavioral responses differed in their time of occurrence (Figs. 1 and 2). Indeed, in the first training period, most escapes made by the learning mouse of the first couple occurred within the first second after the foot-shock (Fig. 1) while those of the learning mouse of

the second couple initially occurred during the terminal part of the foot-shock period (Fig. 2). Additional differences were recorded in the second training period: most avoidances made by the learning mouse of the first couple occurred two seconds after the light was turned on (Fig. 1) but they occurred much sooner (within one second after the light was on) for the learning mouse of the second couple (Fig. 2).

Crom	A	B	A - B
	L_1 - C_1	L_2 - C_2	
1	2313	2744	-431
2	**11916**	**5717**	**6199**
3	1490	2206	-716
4	1891	2486	-595
5	1838	2240	-402
6	**2347**	**1240**	**1107**
7	**2597**	**2142**	**455**
8	1988	1957	31
9	**9924**	**4134**	**5790**
10	1653	1976	-323
11	1564	1802	-238
12	1834	1831	3
13	**1885**	**1394**	**491**
14	1696	1995	-299
15	**1359**	**1110**	**249**
16	1140	1439	-299
17	**1606**	**823**	**783**
18	1064	1252	-188
19	**964**	**757**	**207**
Mt	-2599	2405	-5004
X	**1362**	**883**	**479**
Y	**1258**	**550**	**708**
*	-13618	-224	-13394
P	**1416**	**308**	**1108**

Fig. 4 – Differences in sequence number between the learning and the control mice of each couple (A and B) and their relative prevalence (A-B).

Since BMD synthesis is modulated by cell activity (Giuditta *et al.*, 2017), the temporal differences recorded in the behavioral responses of the two learning mice suggest that learning BMD might be partly different in the two learning mice. This possibility finds some support in the more marked prevalence of BMD sequences aligned to chromosomes 2, 6 and 9 of the learning mouse of the first couple with respect to the learning mouse of the second couple (Fig. 4). If these correlations will be proved correct, the different timing of escapes in the first two training periods and of avoidance in the last training period should be expected to largely concerns chromosomes 2, 6 and 9. It is of additional interest that

aligned sequences of learning and control mice display their more marked prevalence in chromosomes 2 and 9 (Fig. 3).

5 - ACKNOWLEDGEMENTS

We warmly thank Prof. Michele D'Amico and Prof. Sabatino Maione of the Second University of Naples Medical School for their generous permission to use the facilities of their research labs.

6 - REFERENCES

Ashapkin V.V., Romanov G.A., Tushmalova N.A., Vanyushin B.F. (1983) Selective DNA synthesis in the rat brain induced by learning. *Biokhimija* **48**:355-362.

Giuditta A., Rutigliano B. (2018) Brain metabolic DNA in rat cytoplasm. *Mol. Neurobiol.* **55** (9): 7476-7486.

Giuditta A., Grassi-Zucconi G., Sadile A.G. (2017) Brain metabolic DNA in memory processing and genome turnover. *Rev. Neurosci*. **28**:21-30.

Reinis S. (1972) Autoradiographic study of 3H-thymidine incorporation into brain DNA during learning. *Physiol. Chem. Phys.* **4**:391-397.

Rutigliano B., Giuditta A. (2015) The unexpected recovery of misplaced data on brain metabolic DNA. *Rend. Acc. Sci. fis. mat.* **LXXXII**: 99-106.

Salganik R.I., Parvez H., Tomson V.P., Shumskaya I.A. (1983) Probable role of reverse transcription in learning: correlation between hippocampal RNA-dependent DNA synthesis learning ability in rats. *Neurosci. Lett.* **36**:317–322.

Scaroni R., Ambrosini M.V., Principato G.B., Federici F., Ambrosi G., Giuditta A. (1983) Synthesis of brain DNA during acquisition of an active avoidance task. *Physiol. Behav.* **30**:577-582.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 63-69

Plastiche, Bioplastiche e Economia Circolare

Nota del socio Mario Malinconico[1]
(Adunanza del 15 Giugno 2018)

Keywords: circular economy, green chemistry, plastics, bioplastics

Abstract - The circular economy, an essential paradigm of sustainable development, has found a powerful allied in the bioeconomy, based on the principle of reducing dependency on non-renewable fossil fuels for all sectors of commodities. In this scenario, plastic is at the center of attention, both for the environmental implications of packaging, and for the real possibility, today, of developing the biorefinery chain on it. Research focuses on the development of chemical and chemical-physical technologies to facilitate the recovery and reuse of plastics. Another topic of great attention is the development of biodegradable and compostable plastics. The latter, without compromising the level of safety in the management of consumer goods, such as food products, today guaranteed by polyolefin-based plastics, can be managed at the end of life as organic matter and therefore can follow the supply chain compostable fraction of waste. The balance of these two options, recycling and biodegradability, can be the guarantee of a better future.

Riassunto - L'economia circolare, paradigma imprescindibile dello sviluppo sostenibile, ha trovato una sponda potente nella bioeconomia, basata sul principio della riduzione della dipendenza dalle fonti fossili non rinnovabili per tutti i settori delle *commodities*. In questo scenario la plastica è al centro dell'attenzione, sia per le implicazioni ambientali degli imballaggi, sia per la reale possibilità, oggi, di sviluppare su di essa la filiera della bioraffineria. La ricerca concentra la sua attenzione sullo sviluppo di tecnologie chimiche e chimico-fisiche per facilitare il recupero e riutilizzo delle plastiche. Altro tema di grande attenzione è lo sviluppo di plastiche biodegradabili e compostabili. Queste ultime, senza compromettere il livello di sicurezza nella gestione dei beni di consumo, quali ad esempio i prodotti alimentari, oggi garantito dalle plastiche a base di poliolefine, possono essere gestite, a fine vita, come materia organica e quindi possono seguire la filiera della frazione compostabile dei rifiuti. L'equilibro di queste due opzioni, riciclo e biodegradabilità, può essere la garanzia di un futuro migliore.

[1] Istituto Polimeri, Compositi e Biomateriali, CNR, Via Campi Flegrei, 34 – 80078 Pozzuoli, Napoli, e Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli

1 - INTRODUZIONE

In seguito alla recessione globale del 2009, sono state esaminate soluzioni per un modello economico più stabile in modo da abbracciare problemi interconnessi come l'esaurimento delle riserve fossili e allo stesso tempo affrontare l'inquinamento che esse causano. Reagendo alle principali recessioni nella prima parte del 20° secolo, il modello economico globale è stato progettato per fare molto affidamento sull'"obsolescenza programmata" per far crescere l'economia e sostenere il mercato del lavoro. Comunque tale approccio viene raggiunto solo a spese delle risorse e quindi non può essere continuato indefinitamente. Così come incoraggiando una durata più breve dei prodotti, in una certa misura anche un'economia lineare convenzionale premia inefficienza di prodotto, consumo eccessivo e quindi spreco. Con l'aumento dei consumi creato dalla crescita della popolazione mondiale e una maggiore affluenza ai consumi delle nazioni in via di sviluppo, i problemi di una economia lineare stanno diventando più acuti. Il 2 dicembre 2015 la Commissione europea ha pubblicato una proposta "ambiziosa" per una economia circolare. A distanza di 3 anni sembrerebbe un momento opportuno per interpretare l'annuncio, considerare le opinioni espresse finora sull'argomento e valutare cosa ci si aspetta dai chimici che lavorano nella ricerca e sviluppo e quali sono le responsabilità dei produttori di sostanze chimiche in un'economia circolare.

2 - L'ECONOMIA CIRCOLARE: DAI PRODOTTI AI SERVIZI

Un'economia circolare aumenta il valore di una risorsa materiale massimizzando la sua conversione in prodotti (alto valore), eliminando così gli sprechi (basso valore). Inoltre, la durata dei prodotti è aumentata attraverso la loro progettazione responsabile. Quando un prodotto raggiunge la fine della sua funzione, il riutilizzo e il riciclo offrono l'opportunità di prolungare ulteriormente l'utilità delle sue parti costitutive. Nel frattempo il valore intrinseco del materiale incorporato nel prodotto viene esteso piuttosto che sprecato. In tal modo la domanda di risorse finite risulta ridotta e di conseguenza un'economia circolare è un mezzo per ridurre le emissioni di gas serra. Mentre la precedente legislazione europea sull'economia circolare era incentrata sulla gestione dei rifiuti, quella attuale nasce da una visione più completa di una catena del valore a ciclo chiuso (Fig. 1). Una volta che sia completato il piano della Commissione per un'economia circolare, si può prevedere che i produttori dovranno dimostrare che i loro prodotti sono stati progettati in modo tale da massimizzare il loro potenziale di riutilizzo e riciclaggio. Se i chimici accetteranno la sfida delle richieste imposte ai progettisti e ai produttori da un'economia circolare, questa diventa un motore stimolante per la ricerca e l'innovazione, piuttosto che un peso.

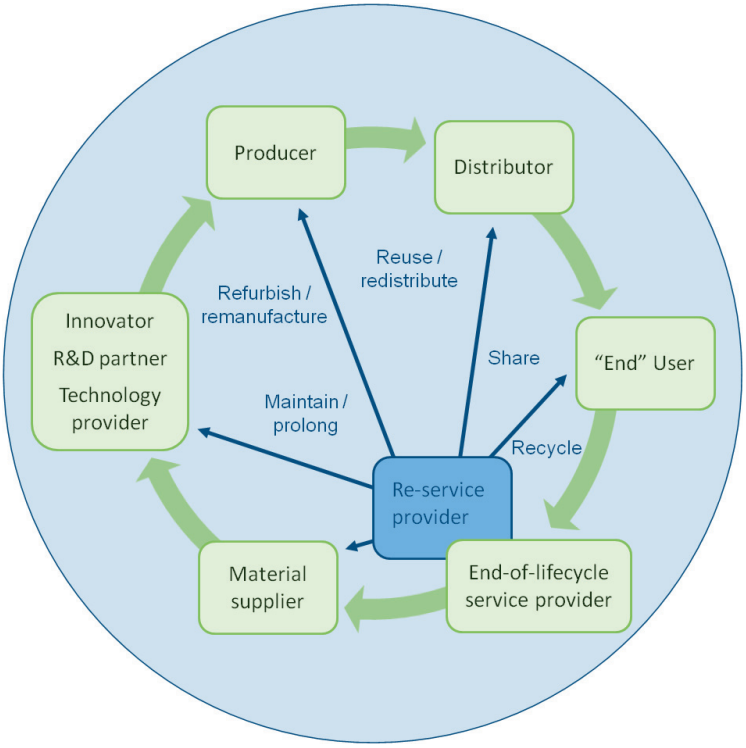


Fig. 1 – Una visione integrata di economia circolare

Al fine di ridurre il consumo di materiali e la produzione di rifiuti, un'economia circolare richiederà ai consumatori e ai fornitori di aumentare la loro associazione di valore con la funzione fornita da un dato prodotto. Questo è un considerevole adattamento filosofico che richiederà tempo per essere ampiamente accettato. Un prodotto di breve durata incoraggia il consumo ripetuto, a vantaggio dei fornitori. Un'alternativa a un modello di business basato sulla vendita di un prodotto è un modello basato sulle prestazioni di servizio. Quando si è pagato per un particolare servizio piuttosto che per fornire una certa quantità di prodotto, il consumo eccessivo di risorse primarie e la produzione di prodotti sostitutivi diventano un ostacolo per i produttori.

In un modello di *business* basato sui servizi, vi è un chiaro incentivo economico per ridurre l'uso di materiale e aumentare efficienza e longevità del prodotto. L'eliminazione degli sprechi attraverso un design innovativo del prodotto per migliorare le opportunità di riutilizzo o riciclaggio si adattano perfettamente a questa filosofia. È quindi prevedibile che entrambi i fornitori e i consumatori cercheranno nuovi materiali e formulazioni, con la comunità scientifica spinta ad avviare progetti pertinenti e a sviluppare i materiali più appropriati.

Non sono solo i prodotti finali sul mercato che vengono ripensati utilizzando una mentalità di fornitura di servizi. il concetto di "leasing chimico" è stato promosso dall'Organizzazione per lo sviluppo industriale delle Nazioni Unite (UNIDO). L'origine di questo approccio alla minimizzazione dei rifiuti può essere ricondotta a ben consolidate strategie di gestione chimica in cui l'utilizzo di meno sostanze chimiche è stato equiparato a riduzione di costi, rischio ed esposizione. In questo modello di business è il servizio fornito da quella sostanza chimica che viene pagata, (ad esempio il volume di acqua trattata, il numero di articoli verniciati) e non la quantità di sostanze chimiche acquistate. Se è l'efficienza che premia il produttore invece del consumo di materiale, si ottiene una riduzione dei rifiuti. UNIDO afferma che, disaccoppiando il pagamento dal consumo, il "*chemical leasing*" incoraggia una migliore gestione delle sostanze chimiche con conseguenze positive per l'ambiente (Tab. 1). Simili tipi di schemi sono già operativi in alcuni settori del consumo, dai computer ai vestiti, e sono particolarmente vantaggiosi per prodotti meno durevoli se opportunamente riprogettati. La responsabilità estesa del produttore può incentivare l'inclusione degli aspetti ambientali nella progettazione di prodotti, ma quale sia il modo migliore per implementarlo senza penalizzare inutilmente le imprese è ancora attivamente discusso in letteratura.

I prodotti progettati per facilitare il loro riutilizzo e riciclaggio consentono di continuare il servizio che forniscono ripetutamente, senza inutilmente esaurire le risorse naturali. Quando il design di un prodotto rende il riciclaggio o lo smontaggio per ristrutturazione e riutilizzo tecnicamente impossibile, questo equivale ad una riduzione del servizio che può essere fornito dalla risorsa materiale contenuta in quel prodotto. Alcune combinazioni di materiali diversi possono rendere la separazione lenta o altrimenti difficile, così come i mezzi con cui i componenti sono uniti (ad esempio, l'utilizzo di collanti ostacola il disassemblaggio). La raccolta e il trattamento dei prodotti alla fine della loro vita utile è altrettanto importante. Se i componenti del flusso di rifiuti non sono facilmente separati, o sono costituiti da sostanze chimiche e materiali senza un prestabilito percorso di riciclo, la preziosa risorsa contenuta in ciascun prodotto di scarto non sarà conservata all'interno dell'economia circolare.

L'economia circolare è chiaramente la combinazione di molte iniziative.

La prospettiva completa della efficienza di risorse che può provenire da una corretta strategia di prevenzione dei rifiuti è stata ipotizzata in grado di salvare ogni anno 30 milioni di tonnellate di materie prime consumate nel solo Regno Unito entro il 2020. I rifiuti sarebbero ridotti del 20%. Il risultante vantaggio economico in tutti i settori manifatturieri europei è potenzialmente di centinaia di miliardi di euro all'anno. Un'economia circolare non è certamente limitata all'Europa. Altri paesi tra cui la Cina e gli USA hanno avviato proprie iniziative. La Cina in particolare ha una politica avanzata di economia circolare implementata per la prima volta nel 2002, che si è evoluta dalle leggi di riciclaggio di ba-

se in un approccio globale basato sulla simbiosi industriale e sulla conservazione delle risorse.

Tab. 1 – Esempi specifici di progetti di *chemical leasing*

Processo	**Paese**	**Modalità di pagamento**	**Benefici**
Pulitura metalli	Austria	Per numero di parti	Volume di solventi ridotto del 71 %, consumo di energia dimezzato
Trattamento delle acque reflue	Colombia	Per metro cubo di acqua	Consumo di sostanze chimiche dimezzato
Tintura di tessuti	India	Per kg di tessuti	Risparmio annuale: 2 milioni kWh di energia, 78 ton di coloranti, 75 milioni di litri di acqua
Verniciatura	Sri Lanka	Per area di edificio trattato	Uso del materiale più efficiente del 10 %. Riduzione dell'uso di acqua e di imballaggi
Lubrificazione macchine	Serbia	Per ora di operazione	Sostituzione di sostanze chimiche pericolose e risparmio di 6.5 milioni di acqua

3 - DESIGN CHIMICO E DEI MATERIALI PER UN FUTURO A RIFIUTI ZERO

Il ruolo della chimica nella nostra società non è solo quello di continuare a creare prodotti di plastica, additivi per formulazioni e altri prodotti chimici funzionali. I chimici e gli ingegneri chimici dovrebbero condividere la responsabilità per la progettazione di prodotti ecocompatibili con i produttori, sviluppando adeguate sostanze chimiche e processi per un'economia circolare. Oltre a progettare sostanze per soddisfare specifiche criteri di applicazione, ad es. oggetti duraturi, non tossici, ecc., devono essere tenuti in considerazione gli aspetti aggiuntivi di un "fine vita" equilibrato rispetto alle prestazioni del prodotto. I bisogni sempre più esigenti della società moderna sono protetti da una continua revisione della legislazione chimica. Sempre più questo sarà guidato dalla necessità di preservare le limitate risorse. I requisiti fino al livello delle singole sostanze chimiche per il riutilizzo a valle e la riciclabilità dei prodotti di consumo

devono essere in prima linea nei futuri sviluppi scientifici. Ad esempio, l'immobilizzazione di un catalizzatore consente di riutilizzarlo. Questo approccio può mantenere l'alta attività tipica dei catalizzatori omogenei e forse offre anche una migliore selettività di reazione. Allo stesso modo, l'introduzione di legami chimici labili in tensioattivi per renderli biodegradabili rapidamente nel l'ambiente (riciclaggio organico) può essere ottenuto senza compromettere le prestazioni del prodotto.

4 - IL RUOLO DELLE BIOPLASTICHE

Un'area di profondo interesse e impatto nei consumi e nella produzione di rifiuti è quella degli imballaggi, oggi prodotti ad un ritmo di 500 milioni di tonnellate all'anno e con una capacità globale di riciclaggio, differente da paese a paese, che non supera il 20 %. In questo settore abbiamo assistito negli ultimi 20 anni allo sviluppo delle plastiche biodegradabili e compostabili, che stanno conquistando quote di mercato via via più significative.

La ricerca in questa area specifica è enorme, specialmente in quei paesi, come l'Europa e gli Stati Uniti, dove la produzione di imballaggi in plastica da fonti fossili va perdendo quote di mercato a vantaggio dei paesi in cui il costo della mano d'opera è molto inferiore. Plastiche come l'acido polilattico (PLA), i copoliesteri alifatici (PBSA, PBAT), le miscele di amido termoplastico e poliesteri (Mater Bi), i poliidrossialcanoati (PHA), sono già presenti in commercio con costi sempre più vicini a quelli delle plastiche non biodegradabili di origine petrolifera. La sostenibilità delle bioplastiche è oggetto di numerosi studi in letteratura. Le conclusioni a cui si è giunti mostrano come una corretta analisi del ciclo di vita (LCA) sia fondamentale per valutare l'impatto di questa opzione. È sempre più evidente come, a fianco al riciclo organico (compostaggio o digestione anaerobica) debbano essere perseguiti gli obiettivi di un efficace riciclo materico che consenta di allungare il ciclo di vita funzionale dei prodotti in bioplastiche.

5 - IL RUOLO DELLE NORMATIVE AMBIENTALI

Mentre la chimica verde può essere interpretata come una filosofia guida per migliorare lo sviluppo di nuovi prodotti e processi chimici, alla fine è la legislazione (e talvolta la pressione dei clienti) a forzare il cambiamento. Questo principio è alla base del regolamento europeo REACH (sigla che sta per Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals) che sta portando all'identificazione e alla restrizione di sostanze tossiche o pericolose per l'ambiente. Da oggi in poi le misure per promuovere un'economia circolare richiederanno allo stesso modo ai produttori chimici europei e agli importatori di cambiare le loro abitudini riguardo a come vedono il design dei prodotti. Questo

deve trasformarsi in un entusiasmo tra una generazione di scienziati responsabili che sono in grado di fornire le competenze necessarie. In caso contrario, le restrittive regolamentazioni e gli elevati costi associati (ad es. ulteriori test chimici) potrebbero facilmente trasformarsi in una barriera costosa, riducendo le opportunità di attuare qualsiasi riforma nella progettazione chimica, nella produzione e nella selezione dei composti. La risposta necessaria alla crescente necessità di sostituire le sostanze chimiche pericolose è lo sviluppo di molecole nuove ma attentamente considerate.

Una riduzione nell'uso di sostanze chimiche pericolose è vantaggiosa in un'economia circolare. Ad esempio, plastiche senza additivi tossici possono essere riciclate in sicurezza. Un esempio è il bando dell'uso di ftalati nella produzione del PVC, sostituito da adipati di origine sintetica o naturale, o l'uso dei perfluoroalchilici (PFAS) nella produzione dei rivestimenti in teflon e derivati. Gli sforzi per ridurre i rifiuti chimici tossici devono essere praticati nei principali centri di produzione del mondo, che non sono necessariamente situati dove esistono legislazioni restrittive. Per far prosperare l'economia circolare, i principi dell'eco-design e dell'uso sostenibile dei materiali devono essere applicati in modo proattivo e non trascurati a favore di trattamenti "*end-of-pipe*" o pratiche di gestione di scarti di basso valore. Limitarsi ad operare nell'ambito dei controlli regolamentati imposti sulle sostanze chimiche pericolose ridurrà inevitabilmente l'innovazione, mentre investire in alternative benigne porterà benefici a lungo termine.

6 - CONCLUSIONI

È facile comprendere che se i prodotti vengono riutilizzati e riciclati diminuisce la domanda di risorse non rinnovabili al nostro pianeta. Per ottenere un efficace ricircolo della materia in un'economia circolare, è cruciale una corretta progettazione a monte degli oggetti. L'importanza del design del prodotto non può essere oscurata dalla gestione dei rifiuti, che essenzialmente ha lo scopo di trattare i rifiuti con mezzi economici. La gestione dei rifiuti è un insieme di pratiche che si applicano spesso a flussi di materiali eterogenei e mutevoli. Prodotti intrinsecamente progettati per essere rapidamente smontati, ricondizionati, riutilizzati o facilmente riparati quando necessario, possono essere restituiti per l'uso con una alta efficienza piuttosto che rischiare di essere inviati a discarica o semplicemente inceneriti per comodità. Il piano d'azione circolare dell'economia della CE recentemente presentato propone di rivedere la Direttiva UE sui rifiuti per rispecchiare meglio i requisiti di un'economia circolare. Gli Stati membri dovranno emanare i propri decreti *End-of-Waste* sulla base dei quali nuove opportunità emergeranno sia nuove opportunità per le imprese ma anche un nuovo modello di sviluppo sostenibile per l'Europa.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 71-76

BMD sequences from learning mice differ from those of control mice

Nota di Claudia Angelini[1], Joyce Casalino[2] e del socio Antonio Giuditta[*]
(Adunanza del 15 giugno 2018)

Keywords: metabolic DNA, brain, sequences, learning, reverse transcription

Abstract – Brain metabolic DNA (BMD) was purified and sequenced from the cytoplasmic fraction of learning and control mice. Sequence analysis of chromosome aligned, high quality consensus regions indicates that sequences of learning mice partially differ from those of control mice.

Riassunto – Il DNA metabolico del cervello (BMD) è stato purificato e sequenziato dalla frazione citoplasmatica di topi esposti ad un protocollo di apprendimento e a topi di controllo. L'analisi delle regioni di consenso di elevata qualità allineate ai cromosomi indica che le sequenze dei topi che hanno appreso sono in parte differenti da quelle dei topi di controllo.

1 - INTRODUCTION

The publication of a review article on brain metabolic DNA (Giuditta *et al*., 2017) and of data supporting its cytoplasmic origin by reverse transcription (Salganik *et al*., 1983; Rutigliano, Giuditta, 2015; Giuditta, Rutigliano, 2017) and demonstrating its presence in squid presynaptic synaptosomes (Cefaliello *et al*., 2018), have called attention on the marked increase of BMD synthesis in rats learning a two-way active avoidance task (Reinis, 1972; Ashapkin *et al.*, 1983;

*giuditta@unina.it.
[1] Istituto per le Applicazioni del Calcolo "M. Picone".
[2] Biology Dept., Federico II Univ., Naples, Italy.

Scaroni *et al.*, 1983). The latter effect has suggested that learning BMD might also be differing from control BMD in the newly synthesized sequences.

To examine this possibility, cytoplasmic BMD from two mice trained for a two-way active avoidance task and two control mice kept in their home cages have been sequenced as 2X300bp using Illumina MiSeq, and sequences have been aligned to mouse genome (mm10; Giuditta, Casalino, 2018). Sequences were assembled in consensus regions and associated to genes on the basis of the shortest distance. The analyses have now shown that some associated genes present in learning mice are absent in control mice, and some other associated genes from control mice are absent in learning mice. Data indicate that newly synthesized BMD sequences are modified by the enhanced brain activity elicited by learning.

2 - METHODS

Experiments were made with male BL63/c57 mice of about two months. Two of them were trained for a two-way active avoidance task (Giuditta, Casalino, 2018) and at the end of the training session were sacrificed by dislocation. Control mates kept in their home cages were similarly treated at the same time of the day. Brain hemispheres were homogenized in 9 ml ice-cold isotonic medium (0.32 M sucrose, 10 mM Tris-Cl pH 7.4) and the homogenates centrifuged at 4 °C in an Eppendorf table centrifuge (1000 g, 4 min) to sediment the nuclear fraction. The supernatant fractions were then centrifuged at higher speed (20,000 g for 30 min) to sediment the cytoplasmic fraction. Cytoplasmic sediments that were shown to lack nuclei were stored at -80 °C. Purification of cytoplasmic DNA from trained and control mice, sequencing by NGS and sequence alignment to individual chromosomes were made in the laboratory of BMR Genomics (Padova, Italy).

DNA fragments of non-canonical chromosomes and mtDNA, fragments mapping in multiple genomic positions, and low-quality fragments were discarded. Conversely, fragments with either mate mapped were assembled, combined into single DNA fragments, and retained with fragments with only one mate mapped. Inconsistencies due to chromosomes and paired-mate distance were removed. These operations concerned the cytoplasmic DNA of each mouse of the two couples of learned and control mice that were respectively identified as L_1 and C_1, and L_2 and C_2. The number of the retained DNA fragments were respectively 157965 and 135974 for L_1 and C_1, and 197159 and 178994 for L_2 and C_2. Overall, the retained DNA fragments were 670092.

The number of fragments per kilobase per million of mapped sequences (FPKM) normalized for chromosome length and sequencing depth was close to 0.35 in most chromosomes. Their values were higher in chromosome 2 and 9 (ranging from 0.68 to 0.83) but markedly smaller in chromosome X (0.14) and Y (0.06).

Consensus regions were obtained by superposing all data, merging overlapping regions, and allowing a gap of 2000 bp between sequences. Read coverage

was determined in each consensus region for each sample. Regions with more than 7 reads (as sum of all samples) were selected, annotated with genes (UCSC mm10 annotation) according to their shortest distance, and classified in terms of the relative gene position (upstream or downstream) and overlapping transcription (starting/ending site, inside, or including). Annotated genes were finally submitted to Gene Ontology enrichment analysis.

3 – RESULTS

The merged consensus regions of superposed data were 325899. Of them, 1461 regions showed a high read coverage and were further investigated. The ten most significantly enriched terms in Gene ontology (GO) are shown in Table 1 with regard to GO identification, GO term and number of annotated genes.

Table 1
The most significant enriched terms in gene ontology (GO)

No.	GO id	GO term	Gene number
1	0036477	somatodendritic compartment	85
2	0045202	synapse	85
3	0098794	postsynapse	51
4	0030425	dendrite	63
5	0043005	neuron projection	112
6	0097447	dendritic tree	63
7	0097458	neuron part	131
8	0120025	plasma membrane bounded cell projection	156
9	0042995	cell projection	166
10	0044456	synapse part	66

As separately indicated in Tables 2 and 3, three associated genes were exclusively present in learning mice, and four additional genes were exclusively present in control mice. Their respective symbol, chromosome alignment and inside feature are also indicated in the two tables. In addition, the numbers written below each mouse refer to the number of reads of mapped consensus sequences, while those of the last column identifies the length of the consensus region in terms of nucleotide number.

Table 2
Associated genes in learning mice only

Symbol	Chr	Feature	L_1	C_1	C_2	L_2	Length
Mir7025	5	downstream	5	0	0	4	10803
Tead1	7	inside	4	0	0	4	11684
Slc10a2	8	upstream	4	0	0	4	9073

It is worth noting that of the genes exclusively present in learning mice, Mir7025 is involved in post-transcriptional regulation by modulating the stability and translation of mRNAs, Tead1 is a transcriptional enhancer, and Slc10a2 encodes the bile acid sodium symporter involved in Alzheimer's disease of African Americans. In addition, the related Slc10a4 gene encodes a protein of synaptic vesicles associated with Alzheimer's disease.

On the other hand, of the genes exclusively present in control mice, Col19a1 encodes a collagen protein that is differently expressed in amyotrophic lateral sclerosis (ALS) patients, Nectin3 encodes an immunoglobulin-like cell adhesion molecule linking corticotropin-releasing hormone receptor 1 to stress-induced memory deficits, Suds3 is a member of the chromatin remodeling complexes, and Gm8179 is a lncRNA gene.

Table 3
Associated genes in control mice only

Symbol	Chr	Feature	L_1	C_1	C_2	L_2	Length
Col19al	1	upstream	0	20	10	0	3095
Nectin3	16	upstream	0	3	5	0	8278
Suds3	5	inside	0	5	3	0	11703
Gm8179	8	upstream	0	4	5	0	8702

4 - DISCUSSION

The present data provide the first indications on the nature of BMD sequences and, more relevantly, the first evidence that some BMD sequences of learning mice are lacking in control mice, and that some different sequences of control mice are lacking in learning mice. These results agree with previous significant

differences between learning and control BMD with regard to their distribution in repetitive and non-repetitive DNA fractions (Giuditta *et al*., 1986).

Since brain activity is selectively enhanced in learning mice with respect to control mice, our data demonstrate that learning BMD, in addition of being considerably more abundant in learning rodents (Reinis, 1972; Ashapkin *et al*., 1983; Scaroni *et al.*, 1983), is also harboring partly different sequences from control BMD. Furthermore, since brain activity is selectively elicited by the spatial-temporal events of the training session, learning BMD appears to be intimately related to the mouse adaptation to the novel experience (learning the task).

True, only few genes were selectively associated to learning BMD or to control BMD, and analyses only regarded a few mice, thus preventing any reliable statistical approach. Nonetheless, the observed differences are to be assessed with due consideration to the following contextual conditions:

(i) BMD was purified and sequenced from the entire brain cytoplasm rather that from the synaptosomes that were presumably involved in its synthesis (Cefaliello *et al.*, 2018);

(ii) cytoplasmic BMD was purified and sequenced after a training session that lasted less than three hours, that is a very minor fraction of the entire time (several weeks) during which BMD was synthesized and retained in the cytoplasm under normal housing conditions (Giuditta, Rutigliano, 2017).

It is nonetheless of considerable interest that two of the three BMD associated genes selectively present in learning mice are involved n the modulation of gene expression: Mir7025 in post-transcriptional regulation, and Tead1 as a transcriptional enhancer. On the other hand, the role of the Slc10a2 that codes the sodium bile acid symporter appears of more dubious significance despite its connection with Alzheimer disease.

Of equal interest are the associated genes selectively present in control mice. Two of them (Col19a1 and Nectin 3) encode extracellular proteins: collagen that is differently expressed in amyotrophic lateral sclerosis patients, and immunoglobulin-like cell adhesion molecule. Conversely, the other two associated genes (Suds3 and lncRNA) are respectively involved in chromatin remodeling and post-transcriptional regulation, that is operations comparable to those performed by Mir7025 and Tead1 in learning mice. The mechanisms ruling the selective turning off of Suds3 and lncRNA in learning mice and the corresponding selective turning on of Mir7025 and Tead1 remain obviously obscure.

An additional but equally relevant comment regards the merged consensus regions of all superposed data. Indeed, of the 1461 regions displaying high read coverage, the ten most significantly enriched in gene ontology are concurrently localized in synaptic regions. Since these regions fully modulate the plasticity-dependent pattern of nerve impulses, they suggest that the key role of BMD may be related to learning and memory processing (Giuditta, 2014; Giuditta *et al.*, 2017).

5 - ACKNOWLEDGEMENTS

We warmly thank Prof. Michele D'Amico and Prof. Sabatino Maione from the Second University of Naples Medical School for their generous permission to let us use their research facilities.

6 - REFERENCES

Ashapkin V.V., Romanov G.A., Tushmalova N.A., Vanyushin B.F. (1983) Selective DNA synthesis in the rat brain induced by learning. *Biokhimija* **48**:355-362.

Cefaliello C., Prisco M., Crispino M., Giuditta A. (2019) DNA in squid synaptosomes. *Mol. Neurobiol*. **56**: 56-60.

Giuditta A. (2014) Sleep memory processing: the sequential hypothesis. *Front. Syst. Neurosci.* **8**, Art. 219, Doi: 10.3389/fnsys.2014.00219.

Giuditta A., Perrone Capano C., D'Onofrio G., Toniatti C., Menna T., Hydèn H. (1986) Synthesis of rat brain DNA during acquisition of an appetitive task. *Pharmacol. Biochem. Behav.* **25**:651-658.

Giuditta A., Grassi-Zucconi G., Sadile A.G. (2017) Brain metabolic DNA in memory processing and genome turnover. *Rev. Neurosci*. **28**:21-30.

Giuditta A., Rutigliano B. (2018) Brain metabolic DNA in rat cytoplasm. *Mol. Neurobiol.* **55**: 7476-7486.

Giuditta A., Casalino J. (2018) BMD sequences: are they modified by learning? *Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli*. This volume.

Reinis S. (1972) Autoradiographic study of 3H-thymidine incorporation into brain DNA during learning. *Physiol. Chem. Phys*. **4**:391-397.

Rutigliano B., Giuditta A (2015) The unexpected recovery of misplaced data on brain metabolic DNA. *Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli*. **LXXXII**: 99-106.

Salganik R.I., Parvez H., Tomson V.P., Shumskaya I.A. (1983) Probable role of reverse transcription in learning: correlation between hippocampal RNA-dependent DNA synthesis and learning ability in rats. *Neurosci. Lett*. **36**:317-322.

Scaroni R., Ambrosini M.V., Principato G.B., Federici F., Ambrosi G., Giuditta A. (1983) Synthesis of brain DNA during acquisition of an active avoidance task. *Physiol. Behav.* **30**:577-582.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 77-131

Omaggio a Leonardo: la scoperta della lunghissima storia della Terra

Nota del socio Annibale Mottana[1]
(Adunanza del 16 novembre 2018)

Keywords: Earth, palaeontology, geomorphology, Earth history, history of science, deluge, Noah's flood, Po Plain filling, Earth's destiny, Renaissance studies, ichnology.

Abstract - The great majority of Leonardo's contemporaries, who read the Bible only, believed that God had created the Earth from nothing about 6000 years before. Some men of learning, who had read Aristotle and were less deferential to the church, thought that the Earth had always existed but underwent recycles, following time rules suggested either by the official Scholastic doctrine or by one or another philosophical interpretation. Near the end of his life Leonardo, who relied on his own experience rather than on the sayings of others, believed that the Earth is much older than the Bible tells. He reached this opinion by considering only what he could see on the Earth surface, which was the only field where he could exercise his imaginative thinking as a man who claims to be "a student of experience, the teacher of good authors". Thus, he thought that the Earth is a star and is not the centre of the universe; that it revolves round itself over the 24 hours; that it shines as the Moon does i.e., by reflecting light received from the Sun, which "does not move". What Leonardo could actually inspect on the Earth is just a small fragment of the continental crust (some 300 x 500 km), but what he did notice and reckoned upon it makes him a precursor of geomorphology and palaeontology. He accepts Aristotle's idea of a sublunary world made up by four concentric spheres of elements, that of the earth being at the geometrical centre of the world but having a strong asymmetry. This makes it bulge over the water sphere i.e., the sea, which is perfectly spherical. In addition, Leonardo senses that water is the medium that modifies the Earth surface: he sees the rivers carrying earth to the sea, by letting down first boulders, then gravel and sand and finally very thin and greasy clay hosting and nourishing "nichi" i.e., shells lying underwater all along the sea-shore. He concludes that the layers of "nichi" he can see on the mountains, up to the top, cannot having been left there from the Deluge, but are the remains of the living organisms lying upon the shores of the islands of the sea existing before the rivers

[1] Dipartimento di Scienze, Università Roma Tre, Largo Murialdo 1, 00146 Roma e Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli; annibalemottana86@gmail.com.

could fill the present River Po plain. He measures the time that occurs to any present-day "nichi" to move and computes what it would had taken to it to reach Monferrato from the present Adriatic shore (250 miles away), thus deducing a much longer time than accepted by the official science respectful of the authority of the church. Then, he foresees that European rivers will fill with their debris the entire Adriatic, Black and Mediterranean seas, so that the Nile alone will outflow from the Gibraltar strait. The Earth deprived of water will be arid and lifeless, and this will be the end of world history. Leonardo did not disclose his ideas. He wrote and sketched them as notes in his personal pads. He was right in his precautionary measures: for similar ideas, as late as 1600 the church burned Giordano Bruno alive!

Riassunto - I contemporanei di Leonardo credevano, in base alla loro lettura della Bibbia, che l'età della Terra fosse di 6000 anni o poco di più. In alternativa, i più dotti, seguendo Aristotele, credevano che il mondo esistesse da sempre e fosse regolarmente rinnovato secondo un costante riciclo. Le età erano basate o su affermazioni dottrinali oppure su congetture filosofiche, spesso fraintese nella loro trasmissione attraverso varie lingue. Leonardo, invece, arriva a concludere che la Terra è molto più vecchia di quanto affermato dai testi biblici e lo fa osservando evidenze riscontrate sulla superficie terrestre. Solo qui, infatti, egli poteva sviluppare la sua immaginativa riflessione di "discepolo della sperientia, maestra de' boni altori". A questa conclusione egli arriva quasi alla fine del suo percorso intellettuale, quando ancora considerava la Terra una stella che non è situata nel centro del cerchio del Sole né nel mezzo del mondo e che gli appariva simile alla Luna perché, come questa, è brillante di luce riflessa dal Sole, il quale "non si move", mentre la Terra, il cui diametro è di 7000 miglia, è rotante su se stessa in 24 ore. Sulla Terra, ciò che Leonardo poteva effettivamente osservare e su cui poteva ragionare è un piccolo frammento di crosta continentale, eppure basta questo a farne il precursore della geomorfologia e della paleontologia. Egli accetta l'idea di Aristotele delle quattro sfere degli elementi, fa della sfera della terra il centro del mondo, ma la riconosce asimmetrica e tale da superare in alcuni punti la sfera dell'acqua, che per la sua natura liquida assume sempre una forma perfettamente sferica. Inoltre intuisce che l'acqua è il mezzo che modifica la superficie terrestre; vede nei fiumi i portatori di terra al mare; scompone questo apporto in macigni, sassi, sabbie, fanghi e argille di spiaggia, dove hanno sede i "nichi" ossia gli organismi dotati di conchiglia. Conclude che i "nichi" che trova in più livelli nei monti sono stati anch'essi organismi viventi e non vi sono stati portati dal Diluvio, ma si sono sparsi naturalmente sulle rive del mare che occupava la pianura ora riempita dal Po e dai suoi affluenti. Dalla velocità di movimento di un organismo attuale e dal fatto di averne trovato l'equivalente nel Monferrato, Leonardo non solo intuisce che la pianura padana è stata creata e riempita dall'apporto solido dei fiumi, ma calcola anche (sia pure molto in difetto) il tempo intercorso da quando le montagne emergevano dal mare come isole e prevede che in futuro tutto l'Adriatico sarà colmato, poi tutto il Mediterraneo e che, infine, essendosi l'acqua spostata tutta agli antipodi, la Terra resterà arida e priva di vita. Egli ebbe cura di tenere per sé le sue idee: esse sono brani e schizzi sparsi nei suoi taccuini, non destinati alla divulgazione. Aveva ragione, perché fu per queste stesse idee che, nel 1600, fu bruciato vivo Giordano Bruno!

1 - INTRODUZIONE

«*During the centuries following Leonardo's death his legacy has inevitably become dispersed and in part lost. Our responsibility, as heirs to this precious legacy, is to draw together the dispersed and disorderly fragments, creating some kind of synthesis in order to make as good a sense of the whole as the vagaries of survival have permitted*» (Kemp, 1981 p. 349). Questo è esattamente ciò che intendo fare in questo saggio, ovviamente per un settore piccolo, ma non trascurabile, delle sbalorditive, estese e, malauguratamente per chi ora le analizza, talora anche mutevoli intuizioni naturalistiche che ci sono state lasciate da Leonardo. Queste idee, testimoniate alla rinfusa nei suoi appunti, sono di una vastità e profondità tale che sfidano non solo i moderni uomini di cultura dediti allo studio e alla ricostruzione della sua complessa personalità di artista, scienziato e tecnologo, ma perfino gli specialisti delle singole discipline tecniche cui si riferiscono le sue osservazioni.

Come geologo, tra tutto ciò che Leonardo tratta della Terra nel suo complesso, ho scelto come unico argomento come essa sia cambiata nel tempo. Tra le diverse discipline tecniche, modernamente intese, quelle che concorrono a rivelare come si sia sviluppato l'ambiente in cui l'umanità vive non hanno certo un ruolo minore e, all'incirca nel 1490 fu, infatti, Leonardo stesso a scrivere, riferendosi all'acqua come elemento modificatore della Terra, che: «*infra le dannose cagione delli umani beni a me pare i fiumi co' le superchie e impetuose inondazione tenere il principato*» (CA f. 1007*v* ex 361*v.a*)[2]. Un quindicennio più tardi, studioso pienamente formato, egli ribadì di fare affidamento quasi del tutto sull'acqua corrente nei ruscelli e nei fiumi per interpretare le modificazioni che aveva osservato nella morfologia della Terra e per stimare i tempi necessari affinché esse si potessero verificare (CA f. 433*r* ex 160*v.a*; Lei f. 10*v*, f. 11*v*, f. 17*v*).

Analizzare tutto il pensiero di Leonardo su come si è modificata la superficie terrestre e, di conseguenza, come si è evoluta la Terra, richiede un lavoro impervio e un tempo molto maggiore di quanto mi è qui consentito. Rinvio coloro che sono interessati a questo argomento non tanto alle pur ottime biografie pubblicate

---

[2] I codici leonardeschi sono indicati con le seguenti sigle (in un ordine che, grosso modo, rispetta il tempo d'inizio della composizione): CA = Codice Atlantico; Lei = Codice Leicester; Ms A = codice A (incluso codice Ash I = Ashburnham 2038; Ms B = codice B (incluso Ash II = Ashburnham 2037): Ms C = codice C; Ms D = codice D; Ms E = codice E; Ms F = codice F; Ms G = codice G; Ms H = codici H^1 H^2 H^3; Ms I = codici I^1 I^2; Ms K = codici K^1 K^2 K^3; Ms L = codice L; Ms M = codice M; CT = codice Trivulziano; VU = codice sul Volo degli Uccelli; For I^1 I^2 II^1 II^2 III = codici Forster; Md I = codice di Madrid 8937; Md II1 II2 = codice di Madrid 8936; WRL = codici, fogli e disegni di Windsor; Ar = codice Arundel.

su Leonardo[3] quanto piuttosto a alcuni brani di ciò che io stesso ho letto, capito e infine rielaborato sui suoi scritti[4] in due miei lavori recenti[5]. Ma, soprattutto, li rinvio agli scritti ancora preliminari ma già preparatori della interpretazione attuale che furono argomento di pubblicazioni di alcuni grandi geologi del secolo scorso, tra i quali spicca un collega e consocio accademico napoletano: Giuseppe De Lorenzo.

Primo tra tutti, però, è per me doveroso ricordare Giambattista Venturi (1746-1822), reggiano di nascita ma professore a Modena. Egli fu colui che per primo valorizzò gli studi scientifici di Leonardo, di cui per tre secoli tutti gli ammiratori avevano percepito, apprezzato e analizzato l'elevatissima qualità della pittura, ma solo raramente citato quella che fu la sua reale professione: quella di ingegnere di corte. Sottovalutarono così le sue abilità tecniche, ignorando volutamente quei progetti tecnologici che essi consideravano irrealizzabili, quasi che fossero i sogni di una mente malata. Venturi colse l'occasione di poco più di un anno trascorso a Parigi come inviato diplomatico del duca di Modena per effettuare lo studio sistematico[6] dei manoscritti leonardeschi che erano stati conservati e a

---

[3] Le biografie di Leonardo sono innumerevoli e spesso contradditorie. Mi limito a menzionarne due che ho particolarmente apprezzato: quella in inglese di Martin Kemp (1981) e quella in italiano di Carlo Vecce (2007). Informazioni miscellanee sulle idee naturalistiche di Leonardo, in particolare per quanto riguarda le acque e in italiano, sono state raccolte a cura di Mario De Micheli (1952, 1991[2]), Claudio Scarpati (1999) e Marianne Schneider (2001).

[4] Si stima che Leonardo, che era un maniaco della conservazione dei suoi scritti, abbia riempito con note, disegni e schizzi non meno di 19.000 fogli, di cui circa 6000 sono sopravvissuti. La loro pubblicazione (dopo un primo tentativo parziale nel 1651 da parte di Raffaele Trichet de Fresne col *Trattato della Pittura*, che fu da lui edito accorciato e piuttosto male, eppure divenne un testo di riferimento dell'arte pittorica per oltre due secoli) cominciò coi manoscritti rimasti a Parigi presso l'Institut de France dopo il sequestro fattone da Napoleone a Milano (Ms A … M). La stampa dei testi cominciò con Charles Ravaisson-Mollien nel 1881 e terminò nel 1974 (per ora) con Ladislao Reti, che pubblicò due codici rimasti dimenticati nella Biblioteca Nacional di Madrid (MdI e MdII). Ovviamente, tra queste due date si inseriscono numerose altre edizioni intese a migliorare almeno la leggibilità, se non la comprensione, dei diversi originali, tra cui spicca per qualità e ampiezza quella italiano-inglese di Jean Paul Richter (1883), epitomata solo in inglese da Irma A. Richter (1952), poi interamente riedita (J.P. Richter 2017). Nelle mie citazioni, ho sempre cercato di avvalermi delle edizioni più recenti e più sicure (cfr. C. Vecce 2017 pp. 195-197).

[5] In corso di pubblicazione sulla rivista "La Chimica e L'Industria online" (Mottana, 2018a) e nel Catalogo della Mostra agli Uffizi in Firenze (Mottana, 2018b).

[6] Fu Venturi a classificare e denominare i 13 codici arrivati a Parigi da Milano il 25 novembre 1796, dando loro la titolazione abbreviata da A a N. Dodici di questi codici rimasero in Francia presso l'Institut (da A a M) e furono quelli pubblicati da Ravaisson-Mollien (vedi sopra). Il tredicesimo codice, denominato N da Venturi, per le sue grandi di-

lungo poco analizzati a Milano nella Biblioteca Ambrosiana, ma che Napoleone aveva voluto trasferire a Parigi come preda bellica. Non fidandosi della custodia francese, egli ne curò anche una trascrizione, parziale e senz'altro imperfetta a causa della fretta, ma tale da conservare brani che sono poi andati perduti. Egli fu così il primo a richiamare su di essi l'attenzione dei "*savants scientifiques*". Purtroppo, però, non prestò grande attenzione alle idee geologiche di Leonardo, preferendo evidenziare, nello "*Essai*" che pubblicò al termine della sua fatica (Venturi 1797), altri aspetti del sapere scientifico del grande fiorentino. Il brano concernente la geologia, qui riportato in Appendice, è un sunto tradotto in francese di tre brani di Leonardo sparsi in diversi codici. In poche parole: il frammento riporta come Leonardo abbia esposto le sue idee innovative sull'inversione del rilievo facendo riferimento all'origine organica delle conchiglie e all'azione erosiva delle acque correnti, ma non va oltre[7]. In realtà, la lettura completa dei testi leonardeschi corrispondenti dimostra che egli aveva riferito e riflettuto su altre, numerose osservazioni di cui Venturi non colse né l'importanza né il significato, forse perché quel che vi era contenuto era ancora troppo avanzato perfino all'epoca sua, quando la geologia muoveva i primi incerti passi e risentiva ancora fortemente di nozioni bibliche così da trovarsi, comunque, in una fase di rapida ma confusa evoluzione verso una modernità che era ancora ben lontana dall'essere raggiunta.

Per uno strano caso nella storia della scienza, o forse più esattamente per il loro reale interesse a identificare un precursore di altissimo prestigio in un periodo in cui le scienze della Terra italiane non sembrano godere di un credito internazionale proporzionato al loro effettivo merito, sono cinque e tutti italiani coloro che hanno meglio studiato gli scritti di Leonardo che si riferiscono ai diversi settori delle geoscienze.

Il primo, Mario Baratta (1868-1935), basò le sue deduzioni solamente sui testi che erano stati pubblicati in Francia e Inghilterra fino a quel momento e, inoltre,

---

mensioni (392 fogli) era stato collocato nella Bibliothèque Nationale. Il suo riconoscimento come materiale da restituire all'Italia fu, apparentemente, casuale e la sua restituzione non fu un merito di Venturi, ma del rappresentante austriaco che curava gli interessi del Regno Lombardo-Veneto. Fu, comunque, l'unico codice riportato a Milano nel 1816, dove è tornato ad assumere il nome originale di Codice Atlantico.

[7] Il commento di Venturi (non allegato a questa Appendice) interessa uno studioso di storia della scienza perché egli, pur senza decisamente contestare le idee di Leonardo che le montagne fossero una volta fondi marini, le pone in dubbio sulla base della fisica newtoniana e della legge di gravità. Egli osserva che i risultati geofisici ottenuti prima da Pierre Bouguer (1698-1758) e poi da Nevil Maskelyne (1732-1811) sull'attrazione esercitata dalle montagne non si accordano con la densità complessiva della Terra in quanto pianeta, che allora era già nota. Si noti che egli scriveva al tempo dell'incontrastato dominio del nettunismo di Abraham G. Werner (1749-1817), quando l'attualismo e il plutonismo concepiti da James Hutton (1726-1797) erano ancora poco noti e certamente non adeguatamente diffusi.

sul CA, la cui trascrizione completa a opera di Giovanni Piumati era diventata da poco disponibile. Egli ne trasse un lodevole saggio pieno di acute osservazioni (Baratta 1903), che però presto diventarono obsolete, ma poterono tuttavia indirizzare verso una migliore comprensione del contributo offerto da Leonardo alla geologia ancora in fasce non appena cominciarono a essere pubblicati nella loro interezza tutti i suoi scritti. Il trattato di Baratta si può leggere anche ora con un certo profitto perché prende in considerazione tutta quanta la Terra e non solo una parte limitata di essa.

Il secondo, Giuseppe De Lorenzo (1871-1957), poté usufruire non solo del CA nella trascrizione di Piumati, ma anche della trascrizione del Lei eseguita da Gerolamo Calvi e pubblicata nel 1909 (De Lorenzo 1920). Questo codice[8] è un'ampia selezione di pensieri e scritti sulla geomorfologia e sulla paleontologia (in parte già presenti nel CA e in parte nei Ms F e Ar) che fu eseguita da Leonardo stesso tra il 1505 e il 1510 e ne rappresenta pertanto le concezioni più maturate, anche se vi si trovano mescolate, qua e là, altre di cui egli voleva disfarsi e che aveva probabilmente inavvertitamente trascritto. Il libro di De Lorenzo ebbe profonda influenza sugli studiosi di storia delle scienze della Terra in Italia e non solo. Al suo testo fanno riferimento tutti gli scritti di coloro che si reputano i "geologi veri"[9], ossia coloro che puntano a evidenziare solo un settore limitato della materia (la geologia dei sedimenti) che però – a conti fatti – è quello in cui Leonardo dimostrò il meglio della sua originalità.

Il terzo, Ladislao Reti (1901-1973), si dedicò a un aspetto delle geoscienze che abitualmente è il meno considerato da coloro che si autodefiniscono "geologi veri": la natura chimica e fisica delle sostanze che formano la superficie terrestre[10]. Queste sostanze erano oggetto, all'epoca di Leonardo, delle sperimentazioni e delle speculazioni degli alchimisti. Leonardo non solo non ebbe alcuna stima dell'alchimia ma, quando vi si dovette quasi per forza applicare, non ottenne risultati di particolare rilievo. Gli scritti pertinenti che gli furono dedicati (Reti 1952a, 1952b, 1965; Mottana 2018a) sono ancora pochi, tardivi e non godettero mai di vasta diffusione, ma sono ora da rivalutare perché mostrano di precorrere vari aspetti geochimici, mineralogici e geofisici che il cambiamento di concezioni nella natura e sviluppo della Terra, avvenuto mezzo secolo fa, ha reso d'attualità e che, quando sono presi in considerazione insieme a quelli dedicati da sempre alla superficie della crosta terrestre, stanno facendo rapidamente avanzare

[8] Questo codice è quello più noto al grande pubblico per il fatto di essere passato di mano tra due ricchissimi collezionisti privati con uno straordinario incremento di valore.

[9] Cito, un po' alla rinfusa e senza approfondimenti ulteriori, i nomi di grandi docenti e studiosi di Geologia del primo Novecento quali Mario Cermenati, François Ellenberger, Ramiro Fabiani, Michele Gortani, Martin Rudwick, Carlo Zammattio, ecc. senza neppure citare gli storici della scienza professionali, che sono innumerevoli.

[10] Egli, inoltre, scoperse e pubblicò in edizione critica i due codici di Madrid (Reti 1974), curandone la diffusione, oltre che in italiano, anche in inglese e spagnolo.

la comprensione del pianeta nel suo complesso.

Il quarto, Giancarlo Ligabue (1931-2015), raccolse tutti i riferimenti ai «*nichi*» ossia ai resti di organismi marini dotati di guscio[11] frequentemente rinvenuti sulle spiagge marine e nelle rocce sedimentarie appenniniche e alpine che Leonardo ebbe modo di esaminare. Nella sua mentalità di studioso moderno, Ligabue (1977) li interpretò al lume delle attuali conoscenze sull'evoluzione delle specie, viventi e scomparse, compiendo così un chiaro errore diacronico: Leonardo aveva compreso esattamente che cosa fossero i «*nichi*», ma il darwinismo non poteva neppure immaginarselo!

Il quinto, Gian Battista Vai (n. 1938), tuttora molto attivo (Vai 1986, 1995, 2003, 2010), ha il merito di avere evidenziato nell'opera pittorica di Leonardo particolarità geologiche che solo molto di recente sono state interpretate correttamente e di averle messe in relazione con certi suoi scritti fino a quel momento sottovalutati. Da tali particolarità si ricava la più diretta e migliore documentazione possibile dell'eccezionale capacità di osservazione naturalistica di Leonardo fin negli aspetti più minuti, anche quando poi negli scritti egli non le interpreta oppure le descrive e interpreta in modo inadeguato. Sono queste minute osservazioni, riportate graficamente da Leonardo con la perfezione artistica che gli è propria, quelle evidenze che permettono di estrapolare al meglio le sue idee sull'evolversi del sistema Terra. È, infatti, un dato fondamentale, per chiunque cerchi di ricostruire la storia della conoscenza della Terra attraverso lo studio dello sviluppo delle epistemologie che si sono seguite nel tempo, la realtà che con un anticipo di quattro o cinquecento anni è esistito un grandissimo artista che seppe vedere e documentare certe peculiarità naturali quasi impercettibili, che solo ora alcuni moderni super-specialisti sono arrivati a spiegare in modo soddisfacente e razionale.

Nel presentare il mio omaggio a Leonardo, grande illustratore della natura che ha usato la sua capacità di artista per disegnare e dipingere cose mai vedute o, per lo meno, mai osservate con attenzione da altri, io sono partito da ciò che scrisse su di lui Giuseppe De Lorenzo. Considero questo suo libro il mio migliore punto di riferimento non solo perché è il più diffuso tra i cultori italiani di scienze della Terra[12], ma perché, tra i geoscienziati che hanno studiato gli scritti di Leonardo, De Lorenzo gli era culturalmente il più affine, in quanto era egli stesso un geologo del sedimentario. Ben sapendo, però, che egli non poteva conoscere l'opera completa di Leonardo, allora non del tutto pubblicata o perfino non ancora scoperta, né poteva intuire aspetti che lo sviluppo delle scienze della Terra ha

[11] Li definisce meglio Leonardo stesso: «*le ostriche e li nichi e bovoli e cappe e ossa de grandi pesci*» (Lei f. 1*v*). Poi, abitualmente, usa solo il termine «*nichi*».

[12] Il libro è stato ripubblicato, in versione anastatica, nel 1980 dall'editore che aveva curato l'edizione originale sessant'anni prima. Non sono mancati, in Italia e all'estero, gli studi d'aggiornamento e d'integrazione, ma nessuno si è finora arrischiato a pubblicare un libro onnicomprensivo paragonabile a quello di De Lorenzo.

messo in chiaro da poco perfino nella geologia dei sedimenti, pur sempre riferendomi alla traccia da lui lasciata ho arricchito il contenuto di questo scritto con molti particolari che sono emersi dal ristudio dei testi e dei disegni leonardeschi e che modernamente sono diventati decifrabili, così come ha fatto, primo tra tutti, Gian Battista Vai, ma in misura incompleta. Ne risulta un Leonardo ancor più proiettato all'attualità, ma – ovviamente – con molte precise limitazioni scientifiche.

Vi è un secondo motivo per cui presento qui a Napoli questo mio omaggio a Leonardo. È emerso recentemente (Buccaro, 2011; vedi anche Laurenza, 2018 p. 282) che una copia "in chiaro"[13] del Lei, che raccoglie gran parte delle sue ultime idee sulla storia della Terra, realizzata a Firenze nella prima metà del Settecento, era presente a Napoli nella biblioteca del duca Luigi Serra di Cassano (1747-1825). Qui essa fu letta e consultata da colti studiosi di "geognosia" vesuviana come Vincenzo Corazza (1722-1799), Leonardo Giuseppe Bossi (1777-1815) e, soprattutto, il mineralista Teodoro Monticelli (1759-1845), prima di essere alienata e acquistata dal duca Carlo Augusto di Sassonia-Weimar-Eisenach su sollecitazione di Johann Wolfgang Goethe (1749-1832), notoriamente interessato alle geoscienze oltre che grandissimo poeta e scrittore. Questa copia è tuttora conservata a Weimar[14], ma nella prima decade dell'Ottocento, quando fu letta a Napoli nell'appena costituita Scuola di Applicazione di Ponti e Strade, poi diventata la Facoltà di Ingegneria, contribuì sicuramente a sviluppare la mentalità geologica negli studiosi locali e in tutti quelli che, fin dall'estero, vi arrivavano per studiare il Vesuvio[15]. Diffuse, cioè, quella mentalità avanzata di valutare artisticamente e strutturalmente l'interazione che esiste tra un materiale da costruzione e la tipologia del luogo della sua estrazione che è rimasta tipica della scuola ingegneristica e architettonica neoclassica della prima metà dell'Ottocento. Questa scuola di pensiero non soltanto si diffuse in Europa fino a San Pietroburgo e nell'America

[13] Con "in chiaro" intendo dire che essa fu trascritta da sinistra verso destra in una grafia elegante e, chiaramente, settecentesca, anche completando le parole incomplete con interpretazioni nella maggior parte dei casi ragionevoli. Non intendo in alcun modo riferirmi ad essa come un'edizione diplomatica, né, tanto meno, come un'edizione critica. L'unica edizione doppia diplomatica e critica finora pubblicata è ancora quella di Gerolamo Calvi (1909, 1980[2]). Le citazioni che seguiranno sono tratte dall'edizione critica, mantenendo la diplomatica solo per alcuni casi esemplari.

[14] Ne rimase a Napoli un apografo, noto come "Codice Corazza" (BNN, Manoscritti e rari XII.D.79), che fu utilizzato da Buccaro (2011) per una splendida edizione commentata e corredata del fac-simile.

[15] Non è impossibile che alla diffusione delle idee geologiche di Leonardo abbia contribuito anche Matteo Tondi (1762-1835), che era a Parigi quale assistente di René Just Haüy proprio quando il Venturi effettuava le sue ricerche sui volumi che erano stati sottratti da Napoleone a Milano. Tornato poi a Napoli come professore di "Mineralogia e Geologia", Tondi influì su Arcangelo Scacchi, ma cercò di farne anzitutto un mineralista (Mottana, 1993 p. 60).

fino a Washington, ma seppe mettersi in grande evidenza culturale nel 1845, con la guida dei Campi Flegrei compilata da Arcangelo Scacchi (1810-1893) in occasione del VII° Congresso degli Scienziati Italiani[16]. Dall'escursione ai Campi Flegrei si impiantò anche nel resto d'Italia quella epistemologia geologica attualista e plutonista che già prevaleva nell'università napoletana e in Europa. Essa ottenne un grande riconoscimento quando, nel 1860, la luogotenenza garibaldina istituì la prima cattedra universitaria in Italia specificamente intitolata alla Geologia, di cui fu primo titolare Guglielmo Guiscardi (1821-1885), l'assistente di Scacchi (rimasto titolare della sola Mineralogia nell'Università, ma sempre incaricato della Geologia nella Scuola di Applicazione di Ponti e Strade, tanto in epoca borbonica quanto in epoca sabauda).

2 - IL CONTESTO STORICO: LE GEOSCIENZE DEL PRIMO RINASCIMENTO

Leonardo sviluppò la sua molteplice attività di scienziato, ingegnere e artista nella fase di transizione culturale tra Umanesimo e Rinascimento e si perfezionò, per quanto riguarda le sue idee sulla Terra, nei primi dieci anni del Cinquecento, durante quel breve periodo che è il culmine del Rinascimento più pieno.

Lo stato delle conoscenze naturalistiche in questo periodo era molto vario, a seconda dell'argomento preso in esame, anche perché esso è effettivamente complesso, così come è complesso il sistema Terra. Su tutto dominava ancora l'impostazione epistemologica di Aristotele fatta propria da Alberto Magno[17], eminentemente descrittiva, anche se dal Quattrocento in poi tutta l'attività dei cultori delle diverse scienze risentiva di una forte inclinazione verso la matematica, soprattutto intesa come geometria. Questa nuova impostazione derivava dalla lettura approfondita dei libri di Euclide e di Archimede ed era rafforzata dal successo evidente che aveva arriso all'astronomia[18]: la prima tra le discipline naturalistiche che si era emancipata dalle ubbie medievali e che, tramite l'invenzione

[16] Questo contributo scientifico, importante soprattutto per la Vulcanologia, è contenuto nel primo volume di "*Napoli e i luoghi celebri delle sue vicinanze*" pubblicato da Gaetano Nobile (AA. VV. 1845).

[17] Il *doctor universalis* che, essendo riuscito a riconciliare il pensiero di Aristotele con le espressioni della Bibbia, vincolò tramite il suo allievo Tommaso d'Aquino e tutta la sua scuola (la Scolastica) il pensiero filosofico e scientifico della chiesa cattolica fino a Seicento inoltrato.

[18] Il punto di snodo tra Medioevo e Rinascimento in questo fondamentale settore della scienza è, a mio parere, la pubblicazione a stampa nel 1472, da parte di Johannes Müller *Regiomontanus*, del *Theoricae novae planetarum* (= Nuove teorie sui pianeti) di Georg von Peuerbach, che per oltre un secolo rimase il trattato astronomico più influente anche se era tutto basato sulla teoria geocentrica. Il cambio di paradigma che portò all'accettazione della teoria copernicana non fu il risultato delle scoperte di Galileo, ma piuttosto della pubblicazione, tra il 1618 e il 1621, del trattato di Johannes Kepler *Epitome astronomiae copernicanae* (= Compendio divulgativo della teoria copernicana) in tre volumi

e l'utilizzazione sistematica di semplici strumenti geometrici di misura, era stata capace di reimpostarsi su basi matematiche, appunto (anche se poi l'uso prevalente che si faceva della maggior parte di essa e delle sue misure può ora sembrare assurdo: predizioni astrologiche e oroscopo).

Per la concezione del mondo in quanto entità naturale, il testo base su cui ci si basava era sempre e solo la Bibbia, pur se con una varietà di interpretazioni ermeneutiche che andavano da estremamente rigide, alla lettera, a piuttosto lassiste, così da lasciare spazio alle nuove scoperte e alle innovazioni che ne derivavano. Due affermazioni del libro della Genesi, tuttavia, non erano mai poste in discussione oppure, se lo erano, erano trattate con grande cautela: 1) il mondo era stato creato in sei giorni da Dio dal caos così come noi ora lo vediamo[19]; 2) il mondo era stato creato a beneficio dell'uomo, vertice della creazione e massimo tra tutti gli esseri viventi nell'attenzione di Dio. Se si parte da questi due presupposti ogni reperto naturale ha una sua funzione già predisposta dalla provvidenza divina e deve essere utilizzato dall'uomo eventualmente modificandolo, ma solo in un modo che lo renda più pratico per ciò cui Dio lo aveva destinato.

Questa era l'impostazione ufficiale che era insegnata nelle università nel corso di *philosophia naturalis* (= scienza della natura). Era, sostanzialmente, un'accettazione acritica da un lato della verità rivelata, cioè della Bibbia, dall'altro lato dell'interpretazione dei trattati di *Physica* di Aristotele che, come già accennato, era stata fatta accogliere dalla chiesa cristiana occidentale, non senza gravi difficoltà ermeneutiche[20], dall'insegnamento di Alberto Magno e dal suo allievo Tommaso d'Aquino. Tra questi trattati[21], due descrivono la natura in senso

distinti e gradualmente più difficili.

[19] Quando fosse stato creato era materia di libera discussione. L'opinione prevalente nell'Europa occidentale (che seguiva il parere di Eusebio da Cesarea) è che fosse stato creato 5199 anni prima della nascita di Cristo. La chiesa ortodossa bizantina, invece, considera tuttora il 1° settembre 5509 a.C. come data d'inizio del tutto. Per gli Ebrei, essa è il 6 ottobre 3761 a.C.

[20] In due circostanze almeno (1270 e 1277) l'università di Parigi e la chiesa parigina che le era strettamente legata avevano considerate eretiche numerose proposte dei due teologi domenicani, per essere poi rintuzzate dalla curia pontificia che invece le adottò e, col tempo, le costrinse a lasciar cadere nell'oblio le loro pregiudiziali. Nel Quattrocento l'interpretazione di Aristotele secondo la Scolastica domenicana regnava incontrastata su tutto il mondo cristiano occidentale, con le minime eccezioni degli eretici valdesi, costretti a rifugiarsi in remote vallate alpine.

[21] Tralascio, ai fini di questo scritto, un altro testo fondamentale per la formazione dei naturalisti del Rinascimento come il *De generatione et corruptione* (= Sulla generazione e la corruzione), che tratta lo sviluppo della vita proseguendo un tracciato iniziato da Aristotele col *De anima* (= Sull'anima) e che egli, per l'etica, aveva continuato nei *Metaphysica* (= metafisica).

non etico ma concreto: il *De coelo* (= Sul cielo) e il *Meteorologica* (= La meteorologia)[22]. Questi due testi sono dedicati alle leggi generali del moto applicandolo in particolare alle sfere dei pianeti e delle stelle fisse e, rispettivamente, a come esso può realizzarsi nella regione sublunare, ossia sulla superficie terrestre e tra questa e la Luna. In quest'ultimo libro Aristotele si concentra in particolare sulla distribuzione sferica e concentrica dei suoi quattro elementi fondamentali (fuoco, aria, acqua e terra) e si pronuncia sull'eternità del mondo, che sarebbe sempre esistito anche se mai uguale a se stesso perché sottoposto a un perenne rinnovamento ciclico[23]. A questo scritto si rifà l'interpretazione di Aristotele data da Averroè[24] che cercava di conciliare le osservazioni naturali che si incominciavano a fare e a valutare per via matematica con i dettami della fede (islamica nel suo caso). Questo tipo di studio della realtà prese l'avvio dall'interpretazione degli eventi e delle variazioni climatiche che sono effettivamente osservabili nelle diverse aree del mondo abitato allora conosciuto ossia dalla Meteorologia. Essi riguardano la nostra possibile sopravvivenza, che è basata sull'agricoltura; inoltre avvengono secondo cicli abbastanza ravvicinati e, per conseguenza, non vengono perduti dalla memoria umana.

Uno dei primi filosofi occidentali a suggerire interpretazioni alternative a quella della Scolastica tardo-medievale fu il francese Jean Buridan (latinizzato in *Ioannes Buridanus*: ca. 1300 – ca. 1360). Egli spiegò che la sfera della terra, pur essendo questo l'elemento più pesante, emerge dal mare, che costituisce il limite superiore della sfera dell'acqua, perché contiene al suo interno enormi caverne vuote, cosicché anche il centro di gravita della sfera diverge geometricamente da quello della sfera dell'acqua. La naturale tendenza a riportare i due centri in coincidenza costringerebbe una parte della terra a inabissarsi nel mare e una parte del fondo marino a emergere e a sostituirsi ad essa. In questo consisterebbe il rinnovamento della superficie terrestre affermato da Aristotele, che sia lui sia altri osservatori greci antichi avevano osservato verificarsi in varie località costiere del Mediterraneo. Secondo Buridano il ciclo relativo avrebbe una durata molto maggiore dei 36.000 anni comunemente ammessi dai filosofi suoi contemporanei[25]

---

[22] Leonardo fa riferimento a un anonimo volgarizzamento medievale delle "Meteora" che egli possedeva (Md II f. 3*r*).

[23] Il concetto di rinnovamento ciclico risale a Platone, così come è dovuto a una sua interpretazione tardo-antica che esso avvenga ogni 36.000 anni.

[24] Abū al-Walīd Muḥammad ibn Aḥmad Ibn Rušd, latinizzato come *Averrhoës* o *Averroës* (1126 - 1198) fu un gigante della filosofia medievale non solo araba, subito tradotto in latino da Giacomo da Venezia e ricordato da Dante come colui "*che il gran comento feo*" (Inferno IV, 144). Egli commentò così a fondo l'opera di Aristotele da influenzare profondamente anche Alberto Magno e Tommaso d'Aquino nella loro opera di conciliazione tra scienza e fede (cristiana) e poi altri a riconsiderare l'opera tutta di Aristotele per cercare soluzioni conciliative d'altra maniera (vedi oltre).

[25] La supposta durata del ciclo di rinnovazione cosmica risale a un concetto di natura

che sembravano convalidati anche dai calcoli dei primi astronomi medievali.

Dopo Buridano, che non fu accolto bene dai filosofi del suo tempo, un'interpretazione semplificata sostanzialmente analoga fu proposta dal francese Nicolas d'Oresme (1323-1382) che però, prudentemente e nonostante fosse un vescovo, la scrisse in francese (*Livre du ciel et du monde*), ossia in una lingua che non suscitava turbamenti nei filosofi curiali e accademici, rimasti attaccati al latino. Da queste due fonti, opportunamente rielaborate, prende spunto la cosiddetta "scuola filosofica aristotelica averroistica patavina" di cui sono rappresentanti insigni Nicoletto Vernia (ca. 1420-1499), Pietro Pomponazzi (1462-1525), Agostino Nifo (1470-1538) e Gaetano Thiene (1480-1547), tutti contemporanei di Leonardo, anche se in momenti diversi. Questi studiosi erano tutti tesi a conciliare l'idea di Aristotele dell'eternità del mondo con quella biblica della creazione divina del mondo dal nulla sfidando l'opposizione dei teologi osservanti, ma mantenevano un profilo basso per non suscitarne la reazione.

In un contesto siffatto (censorio e, in ogni caso, soffocante verso chiunque manifestasse nuove idee), la naturale capacità di innovazione di Leonardo non poteva trovare molto spazio per esercitarsi, eppure egli ci riuscì. Fu però cauto, non tanto nella prima fase della sua vita, quando viveva tra Vinci e Firenze ed era ancora un apprendista rispettoso di quanto gli era insegnato o che di sua iniziativa apprendeva verbalmente da altri senza porlo in discussione, quanto piuttosto nella seconda fase, quando visse a Milano, dove era socialmente emancipato e libero di leggere, concepire, sperimentare, dedurre e proporre idee nuove a un ambiente interessato che lo apprezzava. Pur se lasciato libero, egli si guardò bene dal comunicare i suoi pensieri se non alla carta, dove - oltre tutto - scriveva in modo quasi incomprensibile perché in senso opposto al normale[26], nel ragionevole timore che essi potessero provocargli un'accusa di eresia.

Il periodo in cui, pur mantenendosi nelle condizioni di segretezza, egli si diffuse maggiormente nello scrivere è quello finale della sua vita trascorso tra Firenze e Milano, ma anche quando andava vagabondando tra varie città dell'Italia centrale, prima di trasferirsi definitivamente in Francia. Per nostra fortuna, risalgono proprio a questo periodo i suoi manoscritti d'argomento geologico che ci sono pervenuti più completi: il Lei, anzitutto e, solo in misura minore, l'Ar e il CA. In questi due codici (e, in ancor minor misura, nel Ms F e nel Md II) sono contenute le osservazioni geologiche più raffinate e le riflessioni più articolate, oltre che più innovative

---

filosofica molto antico, forse precedente a Empedocle ma rimasto sempre privo di alcun fondamento concreto. Il numero fu considerato probabile da Platone (Timeo, 39D) e fatto proprio da Aristotele e da tutta la sua scuola, fino alla Scolastica cristiana. Un esame approfondito delle diverse teorie interpretative dell'età della Terra si può leggere, *e.g.*, in Bianchi (1987) e, più recentemente, in Dal Prete (2014). Quest'ultimo, però, si concentra soprattutto su ciò che avvenne durante e dopo la Controriforma cattolica.

[26] E qualche volta addirittura in cifra, per nomi o nozioni particolarmente delicate (*e.g.* «*ingil*» per "Ligny" riferendosi a un comandante francese: CA f. 351 ex 346*r*).

e intriganti, tra cui, appunto, quelle sul tempo geologico e sul diluvio.

3 - LEONARDO A FIRENZE: L'APPRENDISTATO

Leonardo, figlio illegittimo di un notaio non considerato degno di apprenderne l'arte, ma idoneo piuttosto a un lavoro pratico, fu dal padre e dal nonno destinato[27] a compiere il suo apprendistato nella bottega di Andrea del Verrocchio (1435-1488), orafo, bronzista e pittore di grido nella Firenze del suo tempo. Nel 1471 fu proprio costui, dopo che altri avevano fallito, a installare in cima alla cupola di Santa Maria del Fiore la sfera di rame dorato che chiude la lanterna[28]. Leonardo restò presso il Verrocchio dal 1469 al 1476 e, grazie al maestro, ottenne il suo primo riconoscimento: l'iscrizione all'arte dei pittori (1472). Dopo di ciò, continuò a lavorare nella bottega come collaboratore autonomo.

Il primo documento di mano del solo Leonardo databile con sicurezza è un disegno conservato agli Uffizi che rappresenta la valle dell'Arno nei dintorni di Vinci, denso di particolari geologici e idrologici che fanno pensare a una lunga serie di osservazioni sempre più accurate per cogliere le variazioni anche minime dell'ambiente (Fig. 1)[29]. Le grandi dimensioni del foglio (19 × 28,5 cm) e la

[27] Non fu un arbitrio: come primo maschio nato, Leonardo fu molto amato e curato in famiglia, in particolare dal nonno paterno, da uno zio, dal padre e dalle due prime mogli di questo (rimaste sterili), fin tanto che la terza non lo caricò di numerosi altri figli maschi. Si trattò, probabilmente, di una decisione meditata e presa seguendo un'inclinazione che Leonardo aveva manifestata precocemente nella bottega da fornaciaio ("orciaiolo") del fratello della nonna, a Bacchereto, dove era utilizzata argilla dell'Arno presa a Collegonzi per produrre maioliche nello stile che sarà poi detto di Montelupo. I lavori ceramici attribuiti a Leonardo sono rari, ma notevoli per la caratterizzazione fisiognomica dei personaggi (*e.g.*, una "testicciola" di terracotta firmata LV, ritenuta un ritratto del Salaì, ora in collezione privata).

[28] Non si sa se Leonardo, da poco accolto come apprendista, abbia contribuito in qualche maniera al complesso montaggio delle varie sezioni curve della sfera e alla loro saldatura. Quel che è certo è che egli se ne ricorderà in un suo testo sugli specchi parabolici scritto a Roma nel 1515 circa (CA f. 750 ex 250*r.a*).

[29] Il paese è stato identificato grazie al castello dei conti Guidi che, alto su uno sperone di roccia isolato sulla sinistra, domina la valle e il fiume che, lontano, va a disperdersi nel piano formando una grande palude: il Padule di Fucecchio. Lo spuntone di roccia al centro presenta le caratteristiche morfologiche dei banchi di arenaria "Macigno", soprastati in discordanza da strati di arenaria più sottili, del tipo "Pietra serena" (cfr. Accordi 1987). Del disegno sono state date anche altre interpretazioni completamente differenti, come da parte di Martin Kemp (2018, *in schedis*) che ne fa una immagine idealizzata del Valdarno superiore e considera il castello una raffigurazione di quello di Montagliari, purtroppo distrutto.

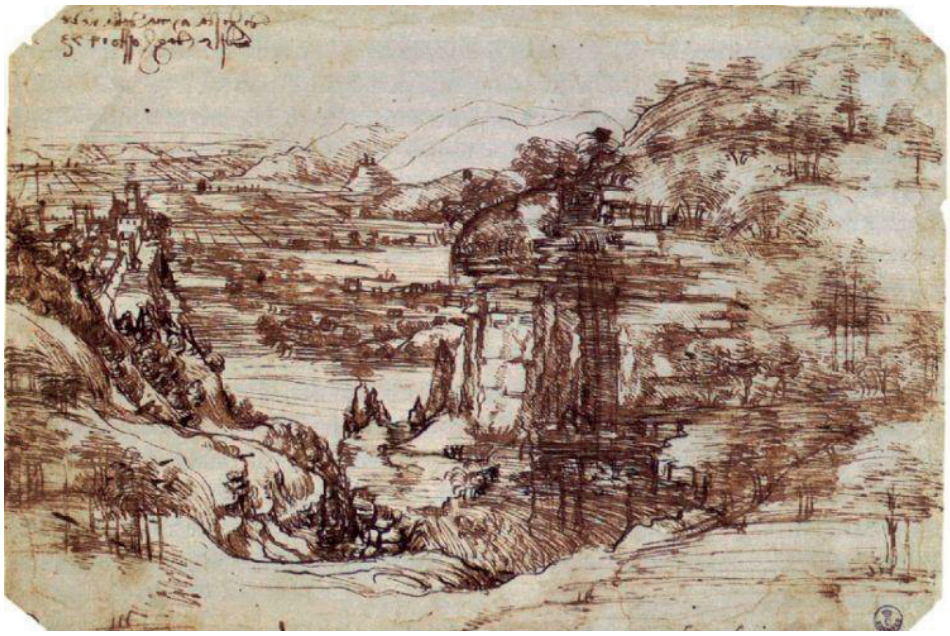


Fig. 1. Vista di Vinci (a sinistra) ripresa da un'altura di fronte a Vitolini alle pendici del Monte Albano, con sullo sfondo il Padule di Fucecchio (al centro) e con i contrafforti del Monte Albano in direzione della bassa Val di Nievole (a destra), nel documento Inv. 436E del Gabinetto dei Disegni e delle Stampe, Gallerie degli Uffizi, Firenze. Questo disegno è il primo documento sopravvissuto interamente di mano di Leonardo ed è datato (in alto a sinistra, su due righe): «*Dì de Sta Maria della Neve / Adì 5 daghosto 1473*». I roccioni esposti sono riferibili ad arenarie della "Formazione Macigno" in diversi gradi d'alterazione, con una forte copertura di suolo; il padule è ora stato interamente bonificato e il suolo agrario ottenuto è attualmente in parte coperto da costruzioni industriali; la zona boschiva all'estrema destra, dopo un abbozzo di cascata che potrebbe corrispondere a cadute d'acqua che in periodi umidi ancora si osservano nei pressi di Vitolini, porta in direzione del villaggio di Bacchereto, dove i bisnonni di Leonardo facevano gli "orciaioli".

straordinaria precisione del tratto, privo di pentimenti pur se il soggetto è articolato e complesso, fanno pensare che la data apposta al disegno (5 agosto 1473) sia quella della rifinitura a tavolino più che quella di un disegno preso "*en plein air*". Se così è, possiamo essere certi che questo paesaggio contiene tutte le osservazioni geologiche compiute in zona da Leonardo fin dai tempi in cui, ragazzo di campagna non ancora trasferito a Firenze[30], si inerpicava su per le pendici del

[30] La data del suo trasferimento da Vinci a Firenze, prima fatta coincidere con la sua col-

Monte Albano seguendo il corso del torrente Vincio e prendeva mentalmente nota di come cambiasse il deflusso di questo rivo a seconda delle stagioni. Nella sua produzione pittorica, soprattutto della fase iniziale, i paesaggi fantastici da lui inseriti alle spalle delle figure di carattere religioso o profano non sono rappresentazioni del tutto arbitrarie, ma sono il prodotto della selezione di accurate osservazioni dal vero. Dalla raffigurazione, poi, spesso nasce l'idea: le osservazioni idrologiche di Leonardo vanno di pari passo con le sue osservazioni geologico-paesaggistiche e queste si sviluppano in intuizioni che, a conti fatti, sono da considerare come già fissate in età molto precoce e, quindi, come quasi consustanziali col suo sviluppo culturale e mentale.

Un secondo, significativo testimone della sua attenzione per l'ambiente geologico si ha nel dipinto *Il battesimo di Cristo*, ora agli Uffizi, databile nella sua esecuzione tra 1475 e 1478. Le figure del Cristo e del Battista sono di mano del Verrocchio, ma tutto il resto è attribuito alla sua bottega, come era d'uso in quei tempi. In particolare, sono concordemente attribuite al pennello di Leonardo la figura dell'angelo di sinistra e una parte dello sfondo. Il fiume Giordano è raffigurato come un corso d'acqua che divaga su cui affaccia un alto spuntone di rocce rossicce, che richiamano le balze delle pendici appenniniche e che sono, per le velature tipiche della tecnica pittorica di Leonardo, evocative di un paesaggio toscano, forse al limite della palude verso la Val di Nievole[31]. Non sono sicuramente di Leonardo, invece, i sassi su cui le figure posano i piedi, che sono grossolanamente sbozzati in forme geometriche. È opportuno ricordare qui che, secondo una tarda testimonianza di Giorgio Vasari (1568), nel vedere il suo lavoro superato in qualità da quello di un giovane allievo, Andrea del Verrocchio si depresse al punto da non voler più dipingere. Passò definitivamente alla sola fusione in bronzo, in cui diede prove di grande valentia.

Chiude l'attività pittorico-geologica del primo periodo fiorentino di Leonardo l'incompiuta *Adorazione dei magi*, datata dagli storici dell'arte al 1480-81, il cui cartone è conservato agli Uffizi. Nell'affollatissima rappresentazione vi sono alcuni particolari che indicano come Leonardo sapesse usare bene le sue osservazioni geologiche. Si tratta in particolare del giro di rocce alle spalle della Vergine. In uno spazio ricavato tra una roccia e l'altra sono inserite le figure. Anche lo spazio antistante alla Vergine risulta in riflettometria nell'infrarosso più articolato di quanto non appaia nel visibile. La Vergine seduta poggia i piedi su una roccia

---

locazione alla bottega del Verrocchio, è stata anticipata sulla base di documenti di famiglia. Fu nel 1462 o 1463: allora fu preso in casa del padre naturale e lasciato sotto il controllo educativo di due buone matrigne, che si affezionarono molto al ragazzo.

[31] Queste velature e questo sfondo di rocce e di acque infinitamente "slontanante" fanno ritenere ad alcuni critici d'arte che il dipinto sia opera di un artista già maturo, più vicino ai trent'anni che ai venti. Non si può perciò escludere che Leonardo, come era suo costume, si sia tenuto l'opera in studio e le abbia dato gli ultimi ritocchi poco prima di lasciare Firenze, appunto a trent'anni.

che si affaccia su una specie di cavità (carsica?) nella quale vi è un accenno di acqua. Bisogna dunque concludere che i paesaggi fantastici concepiti da Leonardo non sono rappresentazioni arbitrarie, ma sono strutture da lui ben individuate e non usate mai a sproposito. Per questo motivo c'è stato, tra gli esperti d'arte, chi (Kallab 1908) lo ha proclamato il primo teorico della pittura di paesaggio[32].

Tuttavia, va anche ricordato che in questo stesso periodo Leonardo si addottrinava nelle conoscenze tradizionali ascoltando esperti di varie discipline e ne trascriveva le indicazioni, probabilmente condividendole. Ne abbiamo l'evidenza materiale nei codici CA e Ar. Questi due codici contengono passi che furono scritti senza ordine dal 1478 al 1518 che, in certe loro parti, possono essere confrontati con i taccuini, meglio databili perché molto più brevi[33] e, qualche volta, con date precise. In ogni caso, vuoi per la difficoltà di datare i codici vuoi per la rarità dei dipinti, è difficile giudicare quanto il giovane Leonardo si appassionasse realmente alle scienze della Terra: sicuramente egli osservava, anzi osservava con grande attenzione e capacità analitica, ma non andava più in là che imparare e raffigurare, tanto nell'arte quanto nella scienza.

4 - LEONARDO A MILANO: LA MATURAZIONE

Tra la fine del 1482 e l'inizio del 1483 Leonardo si trasferì a Milano alla corte di Ludovico Sforza, detto il Moro (1452 [1494-1499] 1508), allora reggente per il nipote, ma duca di fatto, facendosi precedere da una lettera in cui elencava tutte le esperienze che offriva per assicurarsi l'impiego. Non c'è nulla di geologico, nella sua autocertificazione[34]: egli si presenta come ingegnere militare, ma molte

---

[32] Pur se mi è necessario tracciare un profilo biografico di Leonardo per illustrarne l'evoluzione del pensiero geologico (potrei dire: seguire il suo sviluppo dall'osservazione alla teorizzazione attraverso le esperienze), non è compito mio vagliare il suo profilo di pittore. Chi è interessato alla bibliografia su Leonardo pittore sappia che essa è sterminata, ma facilmente reperibile.

[33] I codici di Parigi si datano in due periodi: un primo gruppo elaborato a Milano tra ca. 1490 e ca. 1498 (A, B, C, H, I, M) e un secondo gruppo, elaborato in vari luoghi tra ca. 1503 e ca. 1515 (D, E, F, G, K, L). In particolare il Ms F è datato 1508-09, ossia agli stessi anni del Lei, cominciato quando egli era di nuovo a Firenze. Il CT è datato 1488-90 e quelli di Madrid (Md I e Md II) tra 1491 e 1505. Questi codici rientrano, perciò, ancora nel periodo milanese, durante il quale Leonardo continuava ad acquisire tramite l'osservazione di varie località soprattutto padane le nozioni geologiche e paleontologiche che trasformerà in teoria durante la piena maturità (cfr. Vecce 2017 pp. 195-196).

[34] La minuta della lettera è scritta con la grafia normale di un amanuense ed è destrorsa (CA f. 1082*r* ex 391*r.a*). Perciò fu dettata, ma certamente non fu scritta da Leonardo. Solo alla fine di un elenco di varie capacità militari, egli si permette di dichiarare: «*In tempo di pace credo satisfare benissimo a paragone de omni altro in architectura, in composizione di edificii publici et privati, et in conducer acqua da uno loco ad uno altro. Item,*

delle opere belliche di cui si dichiara capace (senza averne fatto ancora alcuna!) hanno a che fare con l'acqua (canali, ponti, dighe) e con la terra (argini, baluardi) ossia interconnettono idrologia e geologia applicate, com'era appunto suo costume e specialità. Più interessante sarebbe conoscere il percorso da lui seguito per raggiungere Milano, perché questo gli permise, nell'attraversare l'Appennino, osservazioni nuove e gli espose panorami geologici nuovi. Purtroppo, di questo suo primo percorso egli lascia una sola testimonianza: colpirono la sua attenzione le «*ruote de' mulini che ss'uxano sul Po*» (CA f. 47*v* ex 14*v.a*).

Se non conosciamo l'itinerario seguito per l'andata a Milano, conosciamo però quello del suo ritorno a Firenze di molti anni dopo, che non sarà stato molto diverso da quello che aveva tenuto in andata: è la Via Emilia, da Piacenza fino almeno a Bologna[35]. Poi l'itinerario si poteva diversificare: se continuato fino a Imola, il cammino risale la valle del fiume Santerno fino a Firenzuola. All'epoca, questa doveva essere considerata una strada sicura, perché per un fiorentino c'era l'alternativa di una via ancor più sicura. Se, infatti, Leonardo avesse continuato lungo la Via Emilia fino a Forlì, gli sarebbe stato possibile deviare nella valle del fiume Montone ed entrare quasi subito in territorio amministrato da Firenze. Tra il 1394 e il 1403, infatti, si era andata formando una *Provincia Florentiae in partibus Romandiolae* (= provincia di Firenze dalle parti della Romagna) con centro principale la rocca di Castrocaro situata ad appena 10 km da Forlì. Questa via, col suo valico appenninico, era fondamentale per i traffici fiorentini perché continuava direttamente nella "via del sale" che da Forlì porta a Cervia, dalle cui saline era rifornita quasi tutta la Toscana orientale. La strada era ben sorvegliata, ma era anche controllata sotto l'aspetto (sgradevole in tutti i tempi, per i mercanti) dei dazi e delle dogane, per cui molti viaggiatori preferivano seguire una via alternativa meno frequentata e meno onerosa, come quella già detta della vallata del fiume Santerno da Imola fino a Firenzuola oppure quella del fiume Lamone, che da Faenza porta a Brisighella, e da qui nel Mugello, oppure ancora quella del fiume Marzeno che porta a Marradi per arrivare infine al Mugello. Queste strade someggiabili erano meno agevoli, ma divennero abituali per coloro che volevano attraversare la catena appenninica senza troppi controlli. C'erano poi altre vallate trasversali e altri passi che, scavallando le creste, scendevano fino al corso superiore dell'Arno.

Gli attraversamenti, qualunque essi fossero, avvenivano su terreni spogli e su rocce ben in vista. Ciò permise a Leonardo numerose osservazioni geologiche

---

conducerò in scultura di marmore, di bronzo et di terra, similiter in pictura, ciò che si possa fare ad paragone de omni altro, et sia chi vole. Item si poterà dare opera al cavallo di bronzo, che sarà gloria immortale et aeterno onore de la felice memoria del Signore vostro patre et de la inclita casa Sforzesca…»

[35] «*firēzola borgho asandōnijno parma reggio modana bolognja*» (CA f. 260*v* ex 95*r.f*): Firenzuola, Borgo S. Donnino (= ora Fidenza), Parma, Reggio [nell'Emilia], Modena, Bologna).

anche in formazioni diverse da quella del Macigno, che egli conosceva fin dall'infanzia nella varietà tipica del Monte Albano. Tra queste formazioni, prevalentemente detritiche, per le sue innovazioni geologiche fu importantissima la "Formazione marnoso-arenacea romagnola", di cui vediamo varie caratteristiche nei suoi quadri (Vai, 1985, 2003, ecc.) e fin dal primo che eseguì interamente a Milano (vedi oltre)[36].

Nei suoi primi anni milanesi Leonardo non fece molto per la corte sforzesca, almeno apparentemente[37]. Secondo un suo antico biografo, Giovanni Ambrogio Mazenta (1565-1653)[38], egli si dedicò soprattutto a magnificare la già fastosa vita della corte sforzesca, studiando e facendo costruire nuovi strumenti per incidere cammei, intagliare cristalli, accrescere perle e forare gemme per collana. Inoltre, organizzò sontuose feste e rappresentazioni teatrali che richiedevano insieme le competenze di un ingegnere e l'inventiva di uno scenografo.

Nei tempi liberi, egli passò buona parte del suo tempo a vagabondare per il

---

[36] Il primo soggiorno milanese è quello fondamentale nel consolidare l'epistemologia di Leonardo: se non ne foggiò il pensiero di fondo che era già stato largamente stabilito dall'educazione fiorentina, lo consolidò tramite nuove osservazioni e nuove esperienze. Sarebbe splendido conoscere i momenti in cui queste si verificarono, ma un pur lodevole tentativo in questo senso fatto ricostruendo l'ordine cronologico dei fogli del CA (Marinoni 2004 pp. 75-77) ha portato solo a risultati modesti, tutti o quasi tutti largamente discutibili. Le uniche date sicure sono quelle apposte da Leonardo stesso sui fogli, e sono solo 17 (Marinoni 2004 p. 78), di cui la prima (1458!) è chiaramente spuria. Ulteriori date sicure si ricavano dai contratti notarili e dalle fonti scritte da terzi, ma non sono comunque sufficienti a delineare con chiarezza il quadro delle attività di Leonardo in questo periodo.

[37] Nell'interpretazione di Edmondo Solmi (1912 p. 186), CA conterrebbe indicazioni tali da suggerire che Leonardo, oltre che l'organizzatore delle feste con le quali Ludovico il Moro si faceva propaganda presso i Milanesi, fosse anche un occulto sostenitore della sua azione politica, intesa a spogliare il nipote Gian Galeazzo Maria della autorità ducale effettiva, per sbarazzarsene poi e arrivare poi lui stesso a diventare duca di Milano. Lo divenne, infatti, ma solo dopo la morte a Pavia del nipote, forse per veleno (21 ottobre 1494), e nonostante egli lasciasse un erede, Francesco Maria, che sarà poi portato in Francia da Luigi XII e morirà nel 1512. Solo nel il 5 settembre 1495 Ludovico, con un esborso di 500.000 ducati dato come dote della nipote Bianca Maria, riuscì a farsi riconoscere formalmente duca dall'imperatore e a far riconoscere il figlio Ercole come suo erede legittimo: il bambino perciò assunse il nuovo nome di Massimiliano e sarà duca titolare alla morte del padre.

[38] La biografia di Leonardo che Mazenta scrisse nel 1635 circa è rimasta a lungo manoscritta e solo nel 1919 è stata pubblicata a cura di Luigi Gramatica. Tuttavia, una parte del suo contenuto era noto tramite brani contenuti nei taccuini *(e.g.* Ms I f. 23*v*; CA f. 1036*v*) e testimonianze di artisti e artigiani contemporanei a Leonardo (cfr. Venturelli 1998, 2002). Le evidenze di gemme lavorate da Leonardo sono oggetto di discussione, così come lo sono i suoi lavori fittili (v.s.). Non tutti i critici d'arte accettano l'autografia leonardesca attribuita da Rudolf Distelberger (2002 pp. 102-105) a un cammeo conservato a Vienna (*Kunsthistorisches Musaeum*, inv. XII 247).

paese, familiarizzandosi col nuovo ambiente in cui aveva deciso di vivere: il triangolo Como-Milano-Lecco con alle spalle tutte le vallate, i fiumi, i laghi e i monti che si affacciano sul lago e sulla piana briantea. È in questo periodo e in questa zona che Leonardo compie altre osservazioni geologiche per lui nuove e intanto si rafforza nella comprensione delle osservazioni già compiute.

Di ciò abbiamo una prima prova documentaria sicura grazie alla sua abilità pittorica. Il 25 aprile 1483, insieme ai fratelli Evangelista e Giovanni Ambrogio de Predis, egli firmò il contratto per un altare della Vergine che avrebbe dovuto decorare una cappella laterale della chiesa di S. Francesco Grande a Milano[39]. La pala d'altare, nota come *La Vergine delle rocce* (ora al Louvre), che fu portata avanti da Leonardo con sconcertante lentezza (sarà consegnata solo nel 1489), presenta uno sfondo complesso, in cui si evidenziano particolari geologici che egli non poteva aver visto in Toscana, ma che doveva aver memorizzato[40] compiendo escursioni, soprattutto nelle stagioni propizie, nelle Prealpi calcaree lombarde (Fig. 2). Anzitutto, la frastagliata apertura della grotta alle spalle della Vergine è stata messa in relazione[41] con la grotta di Laorca, sopra la frazione Cereda di Lecco, mentre i picchi montani in lontananza, nitidi in primo piano e via via più sfumati in azzurro a mano a mano che si allontanano, sono sicuramente il gruppo delle Grigne, per il tratto che separa la Valsassina dalla profonda incisione del ramo di Lecco del lago di Como[42]. L'interno della grotta stessa potrebbe essere stata una rivisitazione ideale di Leonardo della grande grotta della Ferrera in Val Meria sopra Mandello Lario, la cui sala più grande (180 × 50 m) scende di ben 37 m a gradinata e arriva fino al livello del lago[43]. Che egli l'avesse visitata

---

[39] Era la seconda chiesa più grande della città per dimensioni, ed era molto antica, come dimostra il nome del santo suo primo dedicatario: Nabore. Fu demolita nel 1806 dopo essere stata spogliata dei suoi arredi nel 1798 per ordine dei militari francesi.

[40] O forse schizzato nei suoi primi taccuini, di cui non rimangono tracce sicure, ma solo fogli strappati e sparsi.

[41] Che sia proprio la stessa, come vorrebbe Conato (2003 p. 79), è improbabile perché la percolazione delle acque e l'alterazione della coltre vegetale che copre l'apertura al livello del suolo l'avrebbero cambiata nel corso dei 500 anni trascorsi.

[42] Nell'identificazione dei siti faccio riferimento alle numerose guide locali e ai testi dei frequentatori della zona, perché la crescente urbanizzazione del versante del lago rende spesso l'esplorazione diretta inopportuna, oltre che impervia.

[43] «*E i magior sassi scoperti che si truovno in questi paesi sono le montagnie di Mandello, visine alle montagnie di Leche e di Gravidonia. In verso Bellinzona a 30 miglia a Leco, è quelle di valle Ciavenna; ma la maggiore è quella di Mandello, la quale à nella sua basa una busa di verso il lago, la quale va sotto 200 scalini e qui d'gni tempo è diaccio e vento*» (CA f. 573*bv* ex 214*v.e*). I nomi sono spesso in forma dialettale e la descrizione di Leonardo è stata spesso mal interpretata (*e.g.,* Cermenati, 1899), ritenendo che la "busa" si riferisca alla cosiddetta Ghiacciaia del Moncódeno, a 1600 m d'altezza. Questa era una grande grotta naturale dove il ghiaccio restava tale anche d'estate, quando era cavato e portato a Milano per essere venduto allo scopo di moderare la calura estiva. La

Fig. 2. La Vergine delle Rocce, prima versione 1483-86, particolare superiore della tavola conservata al Musée di Louvre, Paris. La Vergine (con il Bambino, San Giovanni Battista e un angelo) siede all'interno di una grotta che è stata tentativamente identificata con la grotta di Laorca, sopra Lecco. L'ambiente geologico dello sfondo montano prealpino, meticolosamente caratterizzato, presenta (dall'alto verso il basso): tre dossi in arenaria a erosione sferoidale (rettangolo superiore), quattro pinnacoli di erosione (riquadro a sinistra) e due pinnacoli a fessurazione colonnare (riquadri in centro e a destra), particolarmente ben visibile nella estremità a destra in secondo piano non riquadrata.

al lume delle torce risulta dal fatto che ne misurò le dimensioni. Altre visite alla zona sono attestate da vari riferimenti (qui non riportati) contenuti nel CA, ma una informazione, in particolare, mi interessa segnalare: Leonardo afferma di avere rinvenuto livelli di "nichi" a varie altezze nelle montagne (due o anche quattro) fin quasi in vetta, e ciò non può essere avvenuto se non nelle Prealpi calcaree che costeggiano la sponda lecchese del lago di Como. Probabilmente è lì che egli incontrò quel livello fossilifero a 1000 braccia (= ca. 600 m) di «*altura*»[44] che gli apparve evidenza convincente per confutare chi potesse credere che vi fosse stato portato dal diluvio oppure da un rigonfiamento del mare perché

grotta della Ferrera (detta anche "dell'acqua bianca") è a quota molto minore e, scendendo «*200 scalini*» come indica Leonardo, arriva proprio al livello del lago (cfr. Recalcati, 1997 p. 130).

[44] In un'epoca in cui non esisteva il barometro, la valutazione della «*altura*» (= altezza, ma sul livello di che non è precisato: certo non del mare) era solo approssimativa: dipendeva da misure angolari effettuate con la balestriglia e di distanza effettuate con l'odometro, due strumenti poco usati in una impervia zona montana.

«*li nichi come cosa grave, non son sospinti dal mare alli monti, né tirati a sé dalli fiumi contro il corso delle loro acque*» (Lei f. 3*r*).

Avendo Leonardo partecipato nel 1487 a un concorso per l'erezione del tiburio del Duomo di Milano, poté salire sul tetto della navata e riprendere dall'alto un'eccezionale panoramica della cerchia di montagne che corona la città. In un giorno in cui la visibilità era particolarmente nitida egli poté tracciare, per spezzoni anche piuttosto lunghi, il profilo di tutto il versante sinistro del Lago di Como, ramo lecchese, che dalla Grigna arriva al Monte Legnone all'imbocco della Valtellina. Delinea, perfino, il Pizzo Stella, nel settore mediano della Valle di Chiavenna, che appare piccolissimo e poco percettibile all'estremità sinistra del disegno. Tutti gli splendidi sette disegni su carta rossa (ora conservati a Windsor, tra cui eccellono RLW 12410 e 12414) non sono solo esempi della tecnica leonardesca di accentuare lo sfumato con la distanza, ma sono anche accuratissime riproduzioni di attente osservazioni naturalistiche che, ai fini di questo studio, forniscono la conferma che in Leonardo si era verificato un totale mutamento di pensiero. Lungi dal continuare a rimpiangere di essere «*omo sanza lettere*» (CA f. 327*v* ex 119*v.a*) e dal sentirsi bistrattato come tale dai cortigiani sforzeschi, egli si era andato sempre più convincendo che sua sola guida doveva essere «*la sapienza* [che] *è figliola della sperientia*» (For III)[45] e che, inoltre, è la «*maestra ai loro maestri*» (CA f. 323*r* ex 117*r.b*).

Sulla base di un'esperienza accumulata pian piano lungo due o tre decadi di osservazioni sempre più accurate e, probabilmente, facendo anche riferimento inconsapevole all'epistemologia che era stata sviluppata da Seneca nelle *Naturales quaestiones* (= Questioni naturali), alle quali sicuramente aveva avuto accesso, Leonardo si sentiva allora (siamo nel 1490 circa) in grado di progettare il «*cominciamento del trattato de l'acqua*»[46]. L'acqua che circola nella terra è messa in confronto col «*mondo minore*», ossia col corpo umano[47], e vi è vista come «*il sangue che tiene viva essa montagna e forata in essa o per traverso essa vena*» (Ms H f. 77*r*) e il «*vitale omore della terrestre macchina mediante il suo natural calore si muove*» (Ms H f. 95*r*).

---

[45] Questa graduale evoluzione si riscontra più volte nel CA ed è raggiunta nel modo più completo e convinto nella frase: «*le mie cose son più da esser tratte dalla sperienza, che dall'altrui parola; la quale fu madre di chi bene scrisse, e così per maestra la piglio e quella in tutt'i casi allegherò*» (CA f. 327*v* ex 119*v.a*), scritta da Leonardo all'incirca nel 1503, a poco più di 50 anni d'età.

[46] «*Adì 23 d'aprile 1490 chominciai questo libro e richominciai il cavallo*» (Ms C f. 15*v*; CA f. 207*r* ex 76*r.a*).

[47] «*Se l'omo ha in sé osso, sostenitori e armadura de la carne, il mondo ha i sassi, sostenitori de la terra. Se l'omo ha in sé il laco del sangue, … il corpo de la terra ha il suo oceano mare, il quale ancora lui cresce e decresce ogni sei ore per lo alitare del mondo. …*» (Ms A f. 55*v*).

Nello stesso periodo (anzi da molto tempo prima[48], forse fin da quando era appena arrivato a Milano, a giudicare da disegni equini ben rifiniti databili fin dal 1484: WRL 12358*r*), Leonardo era impegnato nella realizzazione del grande monumento equestre dedicato a Francesco Sforza («*il cavallo*»), di cui il 20 novembre 1493 fu esposto al pubblico il modello «*di terra*»[49]. Tra queste due date furono portati a Leonardo dai monti attorno a Parma e Piacenza le crete con quei «*nichi*» e quei «*coralli intarlati anchora appiccicati alli sassi*» (Lei f. 9*v*) che risuscitarono in lui l'interesse per i reperti paleontologici che aveva già trovato in Toscana nelle gole di vari torrenti, in particolare nelle argille lasciate dall'Arno là dove, superata le strette della Gonfolina e di Monte Albano e liberatosi da massi e ghiaie, scorre placido depositando solamente argille tra Spicchio e Collegonzi[50]. Parallelamente, riprese a meditare sul problema del diluvio. Questo precoce riferimento alle argille con "nichi" di Parma e Piacenza, quindi, non è trascurabile, anche se poi l'argomento dei depositi fluviali troverà il suo pieno sviluppo nel codice Leicester, che è del 1505-1508[51]. È questo, infatti, l'unico riscontro delle osservazioni geologiche fatte da Leonardo sul versante padano degli Appennini durante la sua permanenza stabile a Milano, quando i viaggi oltre il Po erano solo occasionali.

Negli scritti conosciuti di Leonardo non c'è traccia di un suo contributo come

---

[48] Leonardo stesso fornisce una data certa: il 23 aprile 1490 (Ms C f. 15*v*), quando scrive di aver «*cominciato il libro e ricominciato*» il cavallo. Le vicende di questa impresa, fallita come lo furono tante altre, ma questa volta non a causa delle incertezze di Leonardo, sono ben descritte da Andrea Bernardoni (2007). Secondo l'autore, prima del 1490 il monumento era stato pensato a grandezza naturale e solo dopo come «*grandissimo*»: tanto più grande del vero da richiedere procedimenti di fusione eccezionali, che però non furono portati alla fase esecutiva per mancanza del metallo necessario, il bronzo, che fu invece usato per fondere bombarde. Il lavoro andò a rilento anche perché, nel 1490, Leonardo era impegnato ad allestire la "Festa del Paradiso", svoltasi nel castello in onore di Isabella d'Aragona, venuta sposa al duca formale. Costruì per l'occasione una macchina scenica complicata che includeva la rotazione dei sette pianeti, rappresentati da altrettanti figuranti, e allietata con musiche e recite.

[49] Così si esprime Leonardo stesso (Md II f. 148*r*). Si tratta, ovviamente, di creta, altrimenti detta argilla figulina, ossia proprio come quella in cui Leonardo in vari luoghi aveva riscontrato la presenza di "nichi".

[50] Era da questa località che si rifornivа d'argilla la bottega del bisnonno (v.s.).

[51] Allora Leonardo riporterà quanto segue (Lei, f. 8b): «*... più oltre si scaricava il fango, nel quale abitava i nichi, il quale s'inalzava a gradi, secondo che le piene d'Arno torbido in quel mare versava, e di tempo in tempo s' inalzava il fondo al mare, il quale a gradi producea essi nichi, come si mostra nel taglio di Colle Gonzoli, deripato dal fiume d'Arno, che il suo piede consuma: nel qual taglio si vede manifestamente li predetti gradi de' nichi in fango azzurreggiante, e vi si trova di varie cose marine».* Questo argomento, significativo per comprendere il pensiero geologico di Leonardo, sarà ripreso più oltre.

ingegnere militare alla costruzione delle fortezze e delle cinte murarie né di Chiavenna né di Tirano, iniziate nel 1487. Allora Ludovico aveva cominciato a fortificare i borghi principali della Valtellina e della Val Chiavenna contro le continue infiltrazioni dei Grigioni, che fin dal 1408 si erano installati stabilmente a Poschiavo, creando in questa valle un saliente che si incuneava profondamente nei domini milanesi. Ed è probabilmente proprio nel 1487 che Leonardo aveva effettuato la sua prima visita in Valtellina. Fu una visita prolungata perché non solo della valle esalta la bellezza paesaggistica, la ricchezza dell'economia agraria basata sul vino e sul bestiame da latte, che porta a un'elevata qualità della vita[52], ma recepisce perfino (e riporta) la fantasia popolare che il temolo si nutra di argento di cui la valle sarebbe ricca e a causa di ciò i Grigioni aumentassero i loro sforzi per occuparla. Nel declino della potenza sforzesca, le Tre Leghe finirono con l'impadronirsi delle due maggiori valli confluenti nel lago di Como, ma ciò avvenne solo nel 1512. Significativa, inoltre, è l'impressione che lasciarono su Leonardo le montagne valtellinesi piene di neve e, con esse, l'intera «*valle circumdata d'alti terribili monti … dove passa Adda, la quale corre più che 40 miglia per la Magna*» (CA f. 573*br-v* ex 214*re-ve*). La frase finale è piuttosto equivoca: può indicare la distanza ancora da percorrere per arrivare in territorio tedesco ("la Magna" = Alemagna = Germania, intesa come Sacro Romano Impero) oppure può sembrare adombrare una dominazione asburgica sulla valle dell'Adda fino al lago di Como, o per lo meno una sua pretesa.

Leonardo frequentava spesso, evidentemente perché l'ambiente gli piaceva, tutta la sponda del Lago di Como e nel 1487 era arrivato anche fino a Chiavenna, cogliendo la caratteristica morfologia di origine glaciale della valle terminale della Mera che, prima di sfociare nel lago di Mezzola (o meglio, allora, in quello di Como perché non si era ancora sviluppato così com'è oggi il delta dell'Adda che separa i due bacini)[53], è racchiusa tra due pareti rocciose subverticali quasi inaccessibili.

Sulla via del ritorno egli visitò di nuovo la Valsassina, trovandovi una natura

---

[52] «*Voltolina, … valle circumdata d'alti e terribili monti, fa vini potenti e assai e fa tanto bestiame che da' paesani è concluso nascervi più latte che vino. Questa è la valle dove passa Adda, la quale prima corre più che 40 miglia per la Magna. Questo fiume fa il pesce temere* (= témolo) *il quale vive d'argento, del quale se ne trova assai per la sua rena. In questo paese ognuno può vendere pane e vino, e il vino vale al più uno soldo il boccale, e la libbra della vitella un soldo e il sale 10 dinari e simile il buolo ed è la loro libbra 30 oncie, e l'ova un soldo la soldata*.» (CA f. 573*br* ex 214*r.e*).

[53] «*Su pel lago di Como di ver la Magna, è valle di Ciavenna dove la Mera fiume mette in esso lago. Qui si trovano montagne sterili e altissime con grandi scogli…. Non ci si può montare se non è a 4 piedi. … Queste montagne strette mettono in mezzo il fiume, sono a destra e a sinistra per l'ispazio di miglia 20 tutte a detto modo…. Su per detto fiume si trova cadute d'acqua di 400 braccia, le quali fanno bel vedere…*» (CA f. 573*br* ex 214*r.e*).

altrettanto aspra, ma una flora più adatta alla propria mentalità[54]. Fu allora che descrisse anche la cascata della Troggia («*Trosa*») tra Introbio e Primaluna, dove l'acqua caduta si infila subito in un corso sotterraneo che la porta a sfociare nel torrente Pioverna e a formare con questo l'Orrido di Bellano[55]. Non manca di accennare all'insolito comportamento del Fiumelatte, che rilascia l'acqua solo nei mesi estivi e che, visto da Bellagio, col biancore della sua schiuma merita in pieno il nome che lo caratterizza. Accenna, perfino, alla presenza di una cava di minerali di rame, argento e ferro in una località isolata poco lontana[56].

Nel dicembre 1493 Leonardo, soddisfatto del grande interesse suscitato dall'esposizione del modello in creta del monumento a Francesco Sforza e sempre curioso di conoscere località nuove, si unì al fastoso corteo nunziale che portava Bianca Maria Sforza, figlia di Galeazzo Maria e perciò nipote di Ludovico il Moro, allo sposo, il re dei Romani e futuro imperatore Massimiliano I d'Asburgo (1459 [1493-1519]), attraverso Como, Bellagio, Gravedona, Morbegno, Sondrio, Tirano e Bormio (di cui Leonardo cita i famosi "bagni") fino al passo del Braulio / Umbrail[57].

---

[54] «*Valsasina viene di verso la Italia; questa è quasi di simile forma e natura; nascevi assai mapello, ecci gran ruine e cadute d'acqua*.» (CA f. 573*bv* ex 214*v.e*). Il «*mapello*» è il napello (*Aconitum napellus L.*), essenza erbacea caratterizzata da grandi fiori violacei, apprezzata dagli alchimisti e dai medici dell'epoca per le sue proprietà tossiche che, sapientemente dosate, possono risultare medicinali.

[55] «*In valsasina infra Vimognio et Introbbio a man desstra entrando per la via di Leccho si trova la Trosa fiume che chade da un sasso altissimo e chadendo entra sotto terra elli finisscie il fiume*» (CA f. 573*bv* ex 214*v.e*).

[56] «*3 miglia più in là si trova li edifizi della vena del rame e dello arzento …, presso una terra detta Pra San Tetro, e vene di ferro, …*» (CA f. 573*bv* ex 214*v.e*).

[57] Alcuni commenti moderni ritengono che si tratti del passo dello Stelvio, ma ciò è del tutto improbabile perché il transito attraverso questo passo fu reso percorribile solo nel 1830. La via di collegamento usuale tra Valtellina e Val Venosta durante il Medioevo passava da Bormio su per le Scale di Fraele, risaliva la valle di Fraele e usava il passo di Val Mora per varcare il crinale e scendere fino a Santa Maria in Val Monastero/Müstair e di qui in Val Venosta/Vintschau. Solo più tardi, per un cambiamento ambientale, passate le Scale deviava a destra per la valle del Braulio e il passo omonimo. Fino alla battaglia della Calva/Calvern (1499), tutta la zona al di là dello spartiacque e anche l'alto bacino dell'Adige/Etsch erano dominati dalla Lega Caddea, formalmente capeggiata dal vescovo di Coira/Chur. Si trattava di una delle tre leghe associate che costituivano la repubblica dei Grigioni/Graubünden, sulla via di rendersi indipendenti dagli Asburgo, che come conti dominavano il Tirolo. Solo Glorenza/Glurns costituiva un'enclave, essendo città libera dell'impero. Varcato il confine tra Lega Caddea e Burgraviato, il corteo nunziale poteva raggiungere Castel Tirolo/Schloss Tirol dove avvenne l'incontro tra Bianca Maria e Massimiliano. Da questo castello proseguirono insieme per Innsbruck, dove in aprile si tennero le nozze religiose. Una parte del corteo però era rimasta in territorio milanese, probabilmente a Bormio, e con loro rimase Leonardo. Esiste una breve relazione del viaggio nunziale redatta da un testimone oculare: il cortigiano milanese Tristano Calco. È

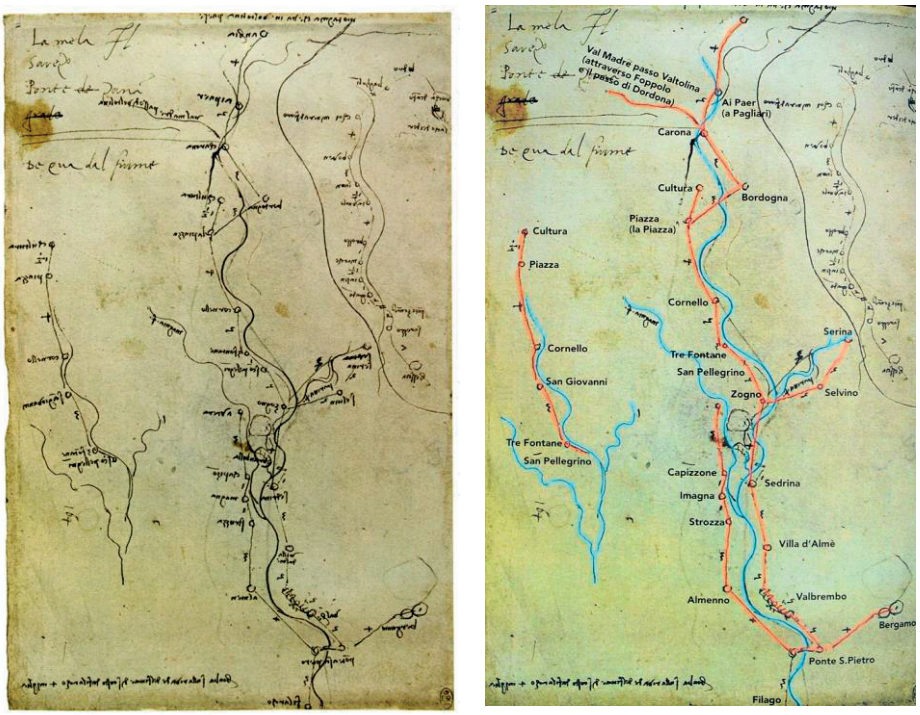


Fig. 3. Schizzo topografico della Val Brembana, nell'originale (a) e con le località espresse in chiaro (b): in basso al centro il punto di partenza Ponte San Pietro, appena a sinistra di Bergamo (angolo inferiore destro); al centro figura Zogno, da cui parte l'ingrandimento a sinistra da San Pellegrino a Cultura; in alto è Carona, dove la strada si divide verso la Val Madre in Valtellina attraverso il Passo di Dordona a sinistra e verso la Valle di Venina e il relativo passo a destra. Le scritte da destra a sinistra (in alto a sinistra) non sono di mano di Leonardo. L'itinerario in alto a destra, separato da una linea e non interpretato nella figura a destra, si riferisce alla Val Trompia e arriva fino al Lago d'Idro. Notare i numeri che connettono i diversi centri indicati: sono le tappe da percorrere in distanze espresse in miglia milanesi.

E fu forse ancora in quegli anni, oppure nel periodo tra giugno 1496 e gennaio 1497[58] che Leonardo abbandonò tutto e si assentò da Milano senza una ragione apparente o, almeno, senza che questa ragione fosse nota ai principali cortigiani di Ludovico il Moro[59]. In questo periodo egli forse percorse la Val Brembana

breve, piena di nomi dialettali trasferiti in latino e decisamente meno accurata nella descrizione dei luoghi di quanto ne scrisse Leonardo (CA f. 573*bv* ex 214*v.e*), che evidentemente si avvalse delle conoscenze personali raccolte in occasioni precedenti.

[58] In alternativa, è stato proposto che egli abbia compiuto due ricognizioni, la seconda delle quali nel 1509 su ordine di Luigi XII, allora in piena ostilità con Venezia.

[59] Una lettera di Bartolomeo Calco, cancelliere della corte, datata l'8 giugno 1496 rende

(Fig. 3), la Val Seriana, la Val Calepio, il lago d'Iseo e la Val Camonica tracciandone schematiche, ma accurate carte in cui sono indicati i paesi, le distanze percorse e l'angolatura dei meandri dei fiumi.

Dobbiamo qui ricordare che tutto ciò che era alla sinistra orografica dell'Adda ossia le attuali province di Bergamo e di Brescia, erano stati lasciati sotto la dominazione incontrastata della repubblica di Venezia fin dal 1456, con la pace di Lodi. Gli Sforza allora avevano accettato il fatto compiuto, ma fu forse in previsione di una possibile guerra con Venezia (che si appoggiava ai Grigioni per mantenere i suoi domini strappati a Milano) il motivo per cui Leonardo si assentò: doveva essere un motivo talmente importante da non fare sollevare obiezioni al duca neppure in considerazione del fatto che Leonardo in quello stesso periodo avrebbe dovuto operare in campo artistico, in un complesso monastico che sia Ludovico sia sua moglie Beatrice d'Este particolarmente curavano. Stavano, infatti, predisponendo la decorazione del refettorio del convento di S. Maria delle Grazie (nella cui chiesa egli intendeva costruire il sepolcro per sé e per sua moglie)[60]. Leonardo, appena tornato, non si sottrasse a questo impegno artistico, per quanto gli potesse risultare gravoso. Ne sarebbe risultato il suo massimo capolavoro e, al tempo stesso, quello che fu il suo massimo insuccesso pittorico a causa del rapidissimo deterioramento: l'*Ultima Cena* o *Cenacolo*, completato nel 1498, era già poco visibile nel 1517. Non c'è traccia delle aspre montagne valtellinesi in quest'opera: i piccoli sfondi nelle aperture alle spalle del Cristo contengono sì un accenno di paesaggio, ma si tratta di un morbido paesaggio collinare e verdeggiante. Non è stato identificato quale esso sia, tanto più che prima di iniziare l'opera pittorica Leonardo aveva compiuto un breve viaggio a Firenze, ma il paesaggio potrebbe ben riflettere le dolci e basse montagne alberate della Val Calepio che dal lago d'Endine arrivano al lago d'Iseo.

Nel 1498 Lodovico il Moro lo nominò "ingegnere camerale" col compito di sorvegliare l'estesa rete di rogge e canali che attraversava la pianura soprattutto a Ovest di Milano e, per quelli irrigui, di calcolarne il deflusso e, per conseguenza, l'accisa che competeva al duca come proprietario dell'acqua (un diritto di origine feudale; cfr. Solmi, 1890 pp. 117-134). Leonardo certamente approfittò della sua posizione per visitare quanto più poteva della pianura padana, ma pochi sono i luoghi che attrassero in modo particolare la sua attenzione e di cui ci ha lasciato documentazione. Andò a Ivrea, probabilmente proprio nell'estate 1498, e vi disegnò accuratamente la chiusa e il ponte a tre archi su cui scorre il canale derivato che, nella nota accanto, egli chiama «*Navilio d'Invrea facto dal fiume Doira*» (CA f. 563*r* ex 211*v.a*), costruito in modo tale che l'altezza del ponte non fosse

noto al duca l'assenza di Leonardo, lagnandosene, ma senza saperne dare una motivazione (Albini, 2015).

[60] Ciò non gli fu consentito da un mutato regolamento ecclesiastico sulle sepolture in una chiesa officiata. Il sepolcro vuoto, scolpito da Cristoforo Solari in marmo di Carrara, trovò posto nella Certosa di Pavia, che era la cappella funeraria della dinastia.

d'ostacolo al sottostante transito sul fiume delle barche a pieno carico. Inoltre, schizzò in un modo quasi invisibile una serie di monti lontani che, sempre nella nota, chiama «*montagni d'Invrea, nella sua parte silvagia, producie di verso tramontana*»: sono le boscose alture della Serra, attraverso le quali scorre la Dora Baltea, oppure quelle della bassa Val d'Aosta. Non sembra, però, che Leonardo si sia addentrato, a meno che non abbia tentato la salita al misterioso Mon Boso per la valle di Gressoney[61].

Intanto a Firenze l'amministrazione repubblicana lo reclamava affinché tornasse in patria. Aveva costruito il Salone dei Cinquecento e intendeva farlo decorare dai maggiori pittori fiorentini. Per il momento non se ne fece nulla, ma il viaggio al quale Leonardo fu convocato ebbe l'effetto di ravvivare nella sua mente il paesaggio toscano, più dolce e per lui meglio vivibile perfino delle Prealpi bergamasche, per non dire dei dirupi alpini. Forse gli fu utile anche sotto un altro aspetto: lo costrinse a riconsiderare le sue idee sull'azione che hanno le acque sul terreno e su come esse, alla lunga, modifichino il paesaggio. Ne terrà conto nei suoi quadri successivi e, in particolare, nella seconda versione della *Vergine delle rocce* (ora a Londra), concepita e dipinta in un lungo periodo (1494-1508), durante il quale, però, fu ancora una volta distratto dalla pittura a causa di un inaspettato interesse che Luca Pacioli (1445-1517) seppe ispirargli per la matematica, intesa sia come puro calcolo sia come geometria, tanto bi- quanto tridimensionale. Per Pacioli, negli ultimi anni quando ancora era a Milano al servizio di Ludovico il Moro, Leonardo disegnò alcuni solidi platonici sia pieni sia vuoti che, trasportati in xilografie, apparvero nell'edizione 1509 del trattato *Divina proportione*, ultimato il 14 dicembre 1498 e dedicato appunto a Ludovico[62].

Fu questo il suo ultimo contributo cortigiano alla fastosa signoria sforzesca e fu di carattere culturale e non militare.

5 - LEONARDO ERRABONDO: NUOVE OSSERVAZIONI GEO-IDROLOGICHE

Il 14 dicembre 1499 Leonardo lasciò Milano, che Ludovico il Moro aveva dovuto precipitosamente abbandonare incalzato dalle truppe di Luigi XII (1462

[61] Si tratta, molto probabilmente, di un'antecima del Monte Rosa il cui accesso è, preferibilmente, da localizzare nell'ambito del ducato di Milano, quindi o in Valsesia oppure in Valle Antrona o Valle Anzasca (cfr. Uzielli, 1890 pp. 13-35; Di Teodoro, 1997 p. 94). Secondo Vecce (2017 p. 141) la salita avvenne durante il primo soggiorno milanese di Leonardo, quando queste valli erano saldamente controllate da Ludovico il Moro. La Val d'Aosta con le sue valli confluenti da sempre appartenevano al ducato di Savoia e, per una impresa allora eccezionale come la salita a un alto monte che non poteva passare inosservata, sarebbe stata necessaria un'autorizzazione. Le osservazioni meteorologiche e atmosferiche compiute da Leonardo sul Mon Boso furono assolutamente le prime mai effettuate e lo restarono per due secoli a venire (Lei f. 4r).

[62] Il trattato fu però stampato solo un decennio più tardi (Pacioli, 1509).

[1498-1515]). Il re di Francia era venuto a reclamare il ducato in quanto erede della nonna Valentina, ultima propaggine del ramo legittimo della famiglia Visconti. Leonardo dovette lasciare la sua posizione privilegiata a corte e una situazione economica florida[63] per mettersi alla ricerca di un altro signore che apprezzasse la sua arte e gli offrisse uno stipendio.

Nel febbraio 1500 era a Mantova, dove disegnò il cartone per un ritratto della marchesa Isabella d'Este. Questo cartone è ora conservato al Louvre, perché Leonardo, pur avendone l'intenzione, non lo finì mai e lo portò in Francia con sé.

A marzo era a Venezia, per correre subito nell'Isontino per incarico della Repubblica, che aveva bisogno di lui come ingegnere militare esperto di idraulica per rafforzare le sue difese contro un possibile attacco della cavalleria turca, che faceva incursioni provenendo dalla Carniola (ora Slovenia). Egli effettuò una serie di rilievi geologici che lo portarono fino alle sorgenti del fiume «*Vilpago*» (CA f. 638*dv* ex 234*v.c*), ora Vipacco/Vipava, un affluente di sinistra dell'Isonzo/Soča che ha la sorgente oltre 30 km a Est, ben addentro nel Carso. Come risultato pratico del suo sopralluogo, propose di inondare la piana paludosa situata poco dopo la confluenza del Vipacco nell'Isonzo costruendo su quest'ultimo fiume una diga mobile[64]. La repubblica veneta non gliene fu grata, forse non lo pagò neppure e, comunque, nulla fu fatto e, deluso, egli lasciò la città.

Il 24 aprile 1500 Leonardo, passato per Bologna assieme al suo allievo Boltraffio, era a Firenze[65] e qui rimase fino al novembre del 1501. Non avendo un incarico specifico ben remunerato[66], Leonardo, per provvedere a sé e a tutta la sua famiglia, nonostante essa gli fosse spesso ostile, fu costretto a ricorrere a consulenze occasionali, come stimare il valore di vasi di cristallo intagliati che Isabella d'Este voleva comprare e accettare incarichi di ritratti privati o di piccole pale devozionali. E fu probabilmente in questo periodo che abbozzò il primo cartone per la S. Anna (Vecce, 2007 p. 201), ma per ottenere commissioni più remunerative egli fu costretto a muoversi.

---

[63] Prima di partire, si era preoccupato di depositare 600 fiorini d'oro sul conto che aveva presso il banco dell'ospedale di Santa Maria Nuova di Firenze, al tasso del 5%. Lasciò la vigna milanese che aveva ricevuta come particolare beneficio da Ludovico il Moro meno di un anno prima e che i Francesi prontamente confiscarono.

[64] Un «*serraglio*», come lo chiamerà qualche anno dopo a proposito della regolazione delle acque nella piana di Romorantin sulla Loira, precisando che doveva essere del tipo «*mobile ch'io ordinai in Frigholi*» (Ar f. 270*r*), un cui schizzo figura nel CA (v.s.).

[65] In quella data prelevò personalmente 50 fiorini in contanti dal suo deposito presso l'ospedale.

[66] A suo favore Filippino Lippi aveva rinunciato a una ben remunerata commissione per una pala d'altare della Madonna con Sant'Anna alla Santissima Annunziata (cfr. Vecce, 2007), ma non era questo ciò che Leonardo ambiva: voleva un salario fisso che fosse munifico, ma anche combinato con la piena libertà di lavorare secondo la sua inclinazione del momento.

Nel 1501, a Roma ricevette l'incarico di organizzare la struttura difensiva di Piombino, caduta nelle mani di papa Alessandro VI Borgia il 3 settembre dopo tre mesi d'assedio e da lui assegnata a suo figlio Cesare. Leonardo prese sul serio l'incarico e stilò una splendida mappa e numerosi progetti per rafforzare le difese della città, anche dopo che Cesare spostò la sua attenzione a Nord e incominciò, partendo da Milano, le azioni militari che lo condussero a impossessarsi di tutta la Romagna e il Montefeltro fino a Pesaro e Urbino[67]. L'avanzata fu rapida anche grazie alla progettazione e costruzione da parte di Leonardo di un ponte mobile in legno senza ferri né corde che facilitò il rapido spostamento delle truppe attraverso i numerosi corsi d'acqua che si incontrano a Sud-Est di Bologna. Leonardo ne trasse un altro vantaggio: ne studiò con cura i depositi, rafforzandosi nella convinzione che, molto tempo prima, essi sfociassero direttamente nel mare Adriatico e non nella pianura.

Leonardo fu presente alla presa di Urbino e vi soggiornò dal 21 giugno al 30 luglio 1502. In questo mese tracciò, probabilmente sulla base di appunti presi l'anno prima, la splendida carta a colori di Arezzo e della Val di Chiana (WRL 12277): questo suo esercizio di cartografia è un'importante indicazione di come la bonifica che fu attuata sull'idrologia dell'intera valle, entrata ormai in possesso della repubblica fiorentina, abbia potuto convertirla da paludosa e inospitale in una distesa agraria e in una sorgente di ricchezza per l'economia dello stato e degli abitanti.

Il 18 agosto 1502 Cesare Borgia, grato per la partecipazione all'impresa di Romagna, ma che probabilmente ignorava il doppio lavoro, per lui e per Firenze, che Leonardo svolgeva e continuò a svolgere, lo nominò suo «*Architecto et Ingegnero generale*» con l'incarico di visitare le città principali del suo nuovo dominio e di proporne il rafforzamento delle difese. Dal 1° agosto al 6 settembre 1502 Leonardo fu così in successione a Pesaro, Rimini, Cesena, Cesenatico, di nuovo Cesena e Imola (Ms. L ff. 36-77), effettuandovi progetti di strutture civili e militari e tracciandone carte molto accurate, quasi topografiche. Di un particolare rilievo per l'accuratezza è la carta di Imola (WRL 12284), costruita contando la distanza in passi e determinando gli angoli delle vie con il goniometro circolare.

Questo suo continuo muoversi tra la Romagna, il Montefeltro e Firenze portò Leonardo ad acquisire un'approfondita conoscenza delle rocce affioranti in Appennino, che egli attraversava in continuazione, e, soprattutto, dell'azione delle acque sulle rocce. Non solo egli raccolse fossili allo sbocco della valle del Lamone presso Faenza, che cita come un luogo in cui le argille sono ancora inconsolidate (Lei, f. 10r)[68], ma osservò anche, sulle rocce levigate dall'acqua negli

[67] L'impresa di Romagna del duca Valentino è largamente descritta da Niccolò Macchiavelli e, per quanto riguarda Leonardo, lo è quasi giorno per giorno dal Ms. L, che riporta anche lunghe serie di numeri a misura dei rilevamenti topografici eseguiti.

[68] Proprio in riferimento a questo luogo e ai suoi reperti Leonardo coglie l'occasione per

ombrosi torrenti in secca o poco bagnati durante la stagione estiva, certi particolari minuti come le tracce dei «*camminamenti dei vermi*» del tutto identiche agli «*andamenti delli lombrici, che camminavano infra esse quando* [l'argilla] *non era ancora asciutta*» (Lei, f. 10r). Qui egli notò e disegnò il *Paleodyction* (Md I ff. 24v-25*r*)[69]. La sua rappresentazione di questo fossile lo ha fatto considerare il fondatore di una speciale branca della paleontologia: l'icnologia (Baucon, 2010).

In questo stesso periodo e in questi stessi affioramenti egli osservò anche quelle eteropie di facies sedimentaria, sia lungo-strato, sia traverso-strato (Berger, 2005), che rappresentò poi mirabilmente nella parte bassa del quadro *S. Anna con la Vergine, il Bambino e l'agnello*, di cui aveva pronto da anni lo schema, ma che fu da lui finito solo tra 1506 e 1510 ed è ora conservato al Louvre a Parigi. Assieme alle variazioni regolarmente gradate delle dimensioni dei granuli di roccia che costituiscono gli strati, quelle evidenze sedimentarie possono essere ricondotte a una «duplice sequenza torbiditica intercalata da due intervalli di deposizione diversa: uno di arenaria a laminazione ondulata e uno di argilla grigiastra» (Vai, 1986 p. 48 Fig. 21, 22 e p. 49 Fig. 24). Nella "Formazione marnoso-arenacea romagnola", queste strutture sono state riconosciute e interpretate correttamente solo nel secondo dopoguerra.

Il 1503 fu un anno frenetico per Leonardo. Nel marzo era a Firenze, ma non vi si fermò a lungo, anche se il 24 luglio ottenne dalla repubblica fiorentina vari incarichi da ingegnere militare, tra cui quello di progettare un canale che deviando l'Arno facilitasse la presa di Pisa, in guerra con Firenze (Fig. 4). A questo scopo ripercorse il Monte Albano e il Monte Pisano, arrivando alle Alpi Apuane e, probabilmente, fino a Bocca di Magra. Sono di questo periodo due celebri carte topografiche: la *Carta della Toscana marittima* (WRL 12683), che egli ripeté anche accentuandone la tridimensionalità tramite l'altimetria e l'idrografia con tutti i nomi dei luoghi e la *Valle dell'Arno col percorso ad arco del canale* (Md II f. 22*v*-23*r*). La deviazione evita la stretta e le rapide della Gonfolina (WRL 12279, WRL 12685), che isolano la piana di Firenze dalla navigazione fluviale fino al mare essendo giudicate invalicabili da qualsiasi natante[70].

---

contestare vivacemente coloro che credono che i fossili sono stati portati dal diluvio oppure si sono formati per influsso celeste. Li definisce «*setta di ignoranti*».

[69] Questa pagina doppia del taccuino è l'unica in cui Leonardo delinii le immagini di organismi fossili o "nichi". Altrove egli ne parla solo e, raramente, accenna al fatto che si tratta di ostriche, bovoli ecc.

[70] Un primo schizzo in bianco e nero del canale deviatore dell'Arno, che partiva subito dopo Firenze e passava per Prato, Pistoia, Serravalle e Lago per tornare nell'alveo naturale del fiume dopo Pisa, si ha in CA f. 127*r* ex 46*r.b.* I numerosi disegni preparatori e le carte topografiche e prospettiche predisposte da Leonardo per questo programma di interventi che avrebbero modificato profondamente la Valdarno inferiore e la Toscana marittima sono stati studiati in dettaglio, anche con molte riproduzioni in bianco e nero e a colori, da Antonino Caleca e Renzo Mazzanti (1982).

Fig. 4. Carta topografica a colori della Valdarno inferiore da Firenze (in basso a destra) fino a Pisa (al centro a sinistra). I toponimi sono scritti in grafia normale da sinistra a destra. In giallo le aree elevate corrispondenti alle due catene del Monte Pisano (a sinistra) e del Monte Albano (a destra) che delimitano la piana in cui si trovano il Lago di Bientina (a sinistra) e il Padule di Fucecchio (a destra) entrambi in azzurro. Ben marcato il percorso a fitti meandri dell'Arno (in basso). Una sottile traccia di penna definisce il decorso ad arco del progettato canale che, partendo dall'Arno poco prima della stretta della Gonfolina e passando per Prato, Pistoia, Serravalle e il lago di Bientina, ritorna in Arno in un meandro da definire compreso tra Vicopisano e Calcinaia (ripreso da Codice Madrid II fogli 22*v*-23*r*).

Seguì poi ancora Cesare Borgia a Roma, dove però le morti di Alessandro VI (18 agosto 1503) e subito dopo di Pio III (18 ottobre), sostenitori del Valentino, e l'elezione di Giulio II (1° novembre), suo fiero oppositore, resero di colpo vano ogni successo conseguito da duca: ebbe salva la vita ma dovette rifugiarsi a Napoli, da cui fu trasferito in Aragona e tenuto in prigione fino al 1506. Leonardo

non lo seguì a Napoli[71] e continuò a studiare come migliorare le difese di Piombino[72].

In ottobre, a Firenze, Leonardo fu incaricato di dipingere nel salone dei Cinquecento di Palazzo Vecchio la "battaglia di Anghiari" secondo un progetto grafico scritto da Niccolò Machiavelli in un foglio autografo rimasto nelle carte di Leonardo (CA f. 72 ex 24*r*). Tuttavia, ancora nello stesso anno fu richiamato a Milano, richiesto alla Repubblica fiorentina dal governatore francese, Charles II d'Amboise, Seigneur de Chaumont (1473-1511), per un periodo breve che però fu rinnovato almeno una volta.

Fu solo nel 1504 che Leonardo poté tornare stabilmente a Firenze. Qui, il 25 gennaio, per conto della signoria, dovette valutare (assieme con altri) quale fosse la posizione migliore in cui collocare la statua del David di Michelangelo. Inoltre completò il cartone della battaglia di Anghiari. Fu così, finalmente, che «*Addì 6 digugno 1505 invenerdì altocho delle 13 ore cominciai acolorire in palaço*» (Md I f. 1*r*). Dopo le esequie del padre, morto il 9 luglio[73], Leonardo si applicò interamente all'opera, che però già si deteriorava mentre egli la dipingeva, forse per un difetto del substrato. Continuò a dipingere almeno fino al 30 maggio 1506[74], quando ottenne un permesso di tre mesi per andare a Milano. Intanto aveva accettato di eseguire ritratti privati, tra gli altri quello detto la "Gioconda", ma non li terminò e li tenne presso di sé. È perciò probabile che fosse a Firenze quando cominciò a redigere il Lei, che per noi è il codice che raccoglie i suoi pensieri geologici più interessanti.

A differenza di quello che farà più tardi, quando datò il codice in cui voleva

---

[71] Non do alcun credito all'affermazione di uno storico locale che sostiene che, a Napoli, Leonardo avrebbe allora ritratto la duchessa Costanza d'Avalos (ca. 1460-1541) e identifica questo dipinto con la Gioconda. L'esistenza del ritratto vinciano è certa. B. Croce (1903 pp. 12-15) ne ha trovato precisi riferimenti in un Canzoniere d'amore di Andrea Irpino da Parma. All'epoca del ritratto, che Croce propone essere da porre tra 1513 e 1515 quando Costanza andò a Roma in visita ai parenti Colonna, la duchessa era vedova e cinquantenne, quindi non può essere la Gioconda, che nel ritratto è una ventenne.

[72] Il progetto si intitola «*Cassero di Piombino, a dì 20 di novembre 1504*» (Md II f. 9v, f. 24*v*) e fu presentato «*A dì ultimo di novembre* (Leggi: *ottobre*) *e per Ognissanti 1504 feci in Piombino al Signore tal dimostrazione*.» Se la data è giusta, per "Signore" qui bisogna intendere Jacopo IV Appiani, al quale Giulio II aveva restituito il dominio della città che gli era stato tolto da Alessandro VI. Una pianta delle difese a mare della città, precedente e più articolata (CA f. 115*r* ex 41*r*), non è probabilmente di mano di Leonardo ma di Antonio da Sangallo il vecchio (1455-1538), anche se è rimasta inclusa nel Codice Atlantico.

[73] Ser Piero non fu compianto a lungo: non aveva neppure citato Leonardo nel suo testamento, in cui sono citati solo i figli legittimi di terzo e quarto letto.

[74] Intanto, però, il suo intelletto inquieto lo portava a compiere esperienze sempre nuove. Egli continuava i suoi studi sul volo degli uccelli, compiendo gite a Fiesole e, forse, facendo le prime prove di volo planato con piccoli modelli di scarso peso.

raccogliere tutti i suoi scritti sull'idraulica, egli non indica né la data né il luogo in cui diede inizio alla trascrizione dei brani sparsi già composti e dispersi nei vari fogli sciolti, tra cui molti sono ora nel CA, anche se mutilati delle loro figure ad opera di Pompeo Leoni. Questi brani permettono di arguire che egli iniziò il Lei nel 1505, per la cui redazione usò anche taccuini che non sono sopravvissuti, ma in cui erano riportate evidenze che egli aveva viste in Romagna. È qui che il procedimento seguito da Giambattista Vai di avvalersi delle evidenze geologiche raffigurate da Leonardo nei suoi dipinti porta un contributo essenziale alla loro datazione, contribuendo allo stesso tempo a esaltare la funzione che l'osservazione meticolosa dei dettagli locali ebbe di generare in Leonardo idee geologiche innovative.

6 - LEONARDO DI NUOVO A MILANO: ESPLOSIONE DELL'INTUIZIONE

Dopo varie insistenti richieste alla repubblica fiorentina da parte del governatore del ducato di Milano, Charles d'Amboise[75], per ottenere distacchi temporanei di Leonardo affinché potesse compiere vari interventi a Milano, soprattutto di ingegneria idraulica, il 27 luglio 1507 fu addirittura il re, Luigi XII, di proprio pugno, che da Milano indirizzò al gonfaloniere di Firenze una richiesta a suo favore[76]. La repubblica non poteva far altro che acconsentire.

Possiamo, perciò, datare a quel giorno l'inizio del secondo periodo milanese di Leonardo: uno dei più fruttuosi per le sue conoscenze geologiche, ma anche per ogni altra sua forma d'attività. In quegli anni, infatti, oltre a completare la decorazione delle sale della Rocchetta nel Castello di Milano, a organizzare feste per i dominatori francesi e, in generale, a dipingere quadri di soggetto religioso e profano che lo resero l'artista di gran lunga preferito da Luigi XII e dai suoi cortigiani, egli continuò a riflettere e a lavorare per lo sviluppo della scienza naturale. Tra i risultati geologicamente più apprezzabili sono le sue misure delle quote relative dei laghetti briantei[77] in funzione, forse, della progettazione di un canale che, attraverso il Naviglio della Martesana, l'Adda deviata (o chiusa da una diga

---

[75] Leonardo manteneva un rapporto epistolare regolare con lui (Calvi, 1909 pp. 171-173), anche su questioni poco importanti per un politico, ma non per un amatore e collezionista, al punto di informarlo sull'arrivo in città di un carico di pietre preziose portate dall'oriente da un mercante fiorentino, Ridolfo Manini (CA f. 938*v* ex 342*v.d*).

[76] Nella lettera Leonardo è definito «*nostre painctre et ingénieur ordinaire*»: Luigi XII lo apprezzava come pittore al punto da prendere in considerazione la possibilità di rimuovere tutto il muro su cui è dipinto il Cenacolo per portarselo in Francia.

[77] «*Il lago di Pusian versa in nel lago di Serio e d'Anon e di Sala […] Il lago d'Anon ha 22 braccia più alto la pelle della sua acqua che la pelle dell'acqua del Lago di Lecco, e 20 braccia è più alto del lago di Pusian che 'l lago d'Anon, braccia 20 le quali giunte con le braccia 22 dette, fan braccia 42 e quest'è la maggiore altezza che abbia la pelle del lago di Pusian sopra la pelle del lago di Lecco.*» (CA f. 740*r* ex 275*r.a*).

mobile per evitare le rapide ai Tre Corni), i tre laghi di Annone, Segrino e Pusiano e poi il Lambro, potesse collegare Milano con Como, creando così una via commerciale fluvio-lacuale continua che dalla capitale lombarda arrivasse a Riva di Novate, dove le derrate sarebbero proseguite via terra fino a Chiavenna e da qui ai retrostanti passi alpini, arrivando infine tramite il Reno e l'Inn o altri affluenti del Danubio ai ricchi mercati tedeschi.

In preparazione di questo ambizioso progetto, forse, Leonardo pensò di impostare un trattato di idrologia intitolato «*Libro delle percussione dell'acque in diversi obbietti*» (CA f. 214b ex 79*r.a*) di cui elenca singolarmente tutti i vari argomenti da trattare. Inevitabilmente, essi coinvolgono anche le terre, essendo esse le sponde naturali dei fiumi e il luogo di contenimento delle acque. Forse intendeva comporre subito il Ms F che è datato, ma, contemporaneamente o poco dopo, cambiò idea e decise di raccogliere anzitutto tutti i suoi pensieri sparsi: così, dunque, nacque il Lei.

Per Leonardo, che era giunto quasi alla fine del suo percorso di sviluppo intellettuale essendo ormai più che cinquantenne, la situazione epistemologica era, in quel momento, la seguente. Egli ancora considerava la Terra una stella (Ms F f. 25*v*) che non è situata nel centro del cerchio del Sole né nel mezzo del mondo (Ms F f. 41*v*), ma che è simile alla Luna (Ms F f. 94*v*) perché, come questa, è brillante di luce riflessa dal Sole sulle sue acque (Ms A f. 64). Il Sole «*non si move*» (WRL 132*r*) e il cielo è fermo, mentre la Terra ruota su se stessa in 24 ore («*circumvolubile*»: Lei f. 6*v*) nonostante la sua grossezza («*7000 miglia*»[78] di diametro: Lei f. 35*r*). Ai suoi contemporanei, educati alle idee di Tolomeo e di Alberto Magno, tutto o quasi tutto ciò non poteva non sembrare altro se non il frutto di un'immaginazione troppo fervida e fu forse perché era timoroso del loro giudizio che egli ebbe cura di tenere per sé le sue idee, come brani sparsi nei suoi taccuini. Più volte aveva carezzato l'idea di trarne un volume tematico (come quello che impostò nel raccogliere i suoi appunti e riscriverli nel Lei), ma poi non lo portò a termine né a raggiungere una consistenza tale che gli garantisse un certo sviluppo. Aveva ragione nel suo continuo rinviare, perché fu per alcune di queste idee che fu bruciato - e siamo nel 1600! - Giordano Bruno.

Arrivati al momento del massimo impegno concettuale in campo geo-idrologico da parte di Leonardo, non possiamo più sottrarci dal compito di analizzare estesamente le idee da lui raggiunte, tanto più che esse sono concentrate in un modo meno frammentario del solito nel Lei e nei codicetti contemporanei. Il momento è databile con maggiore precisione del solito grazie a quanto egli scrive, da destra verso sinistra, in testa al primo foglio del taccuino Ms F: «*Comenciato*

[78] Se si tratta di unità lineari milanesi (v. oltre), la circonferenza risulta pari a *c*. 12.500 km (Sacco, 1939 p. 5): un valore molto inferiore a quello effettivo, sia del circolo meridiano (40.009,152 km) sia dell'equatore (40.076, 594 km). Ovviamente Leonardo non ebbe nessuna percezione dello schiacciamento dovuto alla rotazione, per cui la Terra è, effettivamente un solido tridimensionale vicino a un ellissoide: un geoide.

a Milano addì 12 di settembre 1508». Questo taccuino contiene moltissime considerazioni e valutazioni geologiche che si trovano anche nel Lei, che Leonardo aveva però cominciato un po' prima (nel 1505 o 1506, v.s.), ma che non mostra date di suo pugno forse perché egli non lo volle. Egli non lo datò, forse, perché non pensava di utilizzarlo per uno scopo singolo e momentaneo, come scrivere un breve trattato (come fu invece il caso del Ms F), ma per un lavoro che sapeva che l'avrebbe impegnato per parecchio tempo: doveva ritrovare e ricopiare, possibilmente con ordine, brani sparsi in numerosissimi fogli ed era cosciente di non poter evitare le ripetizioni (e anche le contraddizioni).

Tutti e due questi testi, comunque, ci offrono il meglio del suo pensiero, che parte sempre da una considerazione sul comportamento di ogni oggetto che ha un peso intrinseco (un «*grave*») che è assunto come postulato di base[79]. Questo non è un pensiero originale di Leonardo, ma egli ne era talmente convinto da spingersi a scrivere (eccezionalmente) perfino una frase in latino, lingua – come noto – a lui piuttosto ostica. Edmondo Solmi (1908 p. 55) ha dimostrato che il brano in questione fu tratto da un libro di Alberto di Sassonia (Albertuccio)[80], ma Leonardo lo fa suo, lo rielabora in senso geologico e sulla base di esso prende in esame ogni osservazione fatta sul comportamento dei costituenti fisici della Terra. Egli ha ben chiaro che acqua e terra sono i due elementi da studiare per capire lo sviluppo della superficie terrestre, e pone in un secondo piano aria e fuoco, che riguardano piuttosto la regione sublunare.

Leonardo fu sempre convinto che

> «*la cognizione del tempo preterito e del sito della terra è ornamento e cibo della mente umana*» (CA f. 1040*v* ex 873*v.a*).

Per lui conoscere le basi della geologia è essenziale all'uomo, in quanto egli vive sulla Terra e quindi si sforza di dare una spiegazione razionale a tutte le sue osservazioni geologiche. La frase ha anche un significato che non si apprezza se non dopo aver acquisito una prima formazione geologica: ora ci appare semplice, ma non è ovvia, tanto è vero che fu accettata dai più solo nell'Ottocento. L'idea

---

[79] «*Del mondo. Onni graue attende al basso e le cose alte non restano in loro altezza, ma col tempo tutte discenderanno, e così col tempo il mondo resterà sperico e per conseguenza fia tutto coperto dall'acqua. Omni graue tendit deorsum nec perpetuo potest susteneri, quare iam totalis terra esse facta sperica*.» (Ms F f. 84*r*, f. 85*r-v*). La frase in latino è copiata, con minime variazioni e adattamenti ortografici, dal trattato di Alberto di Sassonia intitolato *Quaestiones in libros de Coelo et Mundo,* per la precisione dal brano: *in librum II, quaestio XXIV*.

[80] Questo pensatore e vescovo tedesco (1316-1390), che è ora considerato secondario perché spesso è confuso o paragonato con Alberto Magno (da cui il diminutivo), alla sua epoca ebbe un vasto seguito e impresse un duraturo influsso sul pensiero cattolico, soprattutto per quel che riguarda la filosofia naturale.

è che ciò che vediamo accadere ora può essere il riproporsi di fenomeni avvenuti in passato in maniera simile, perché a modificare la superficie della Terra sono state sempre le medesime cause. Questo è lo "uniformitarismo" o "gradualismo" o ancora, cose si usa dire più recentemente, lo "attualismo": un paradigma geologico (chiaramente definito dall'aforisma: "il presente è la chiave del passato") di cui Leonardo può essere considerato un lontano precursore. L'alternativa è il "catastrofismo", secondo il quale a intervalli più o meno regolari la Terra è rinnovata da una serie di catastrofi universali, decise in modo imperscrutabile da Dio, a parere di coloro che fanno riferimento alla Bibbia, oppure per cause del tutto naturali secondo una tradizione medievale che si ricollega con l'insegnamento di Aristotele e di cui, per certi pensatori che tenevano in gran conto i calcoli astronomici fatti dagli Arabi, si immagina anche l'intervallo della sequenza: ogni 36.000 anni.

Il Lei è la principale fonte delle idee geologiche finali di Leonardo ed è anche l'unico suo documento sopravvissuto che contiene un disegno che possa essere definito intrinsecamente geologico, nel senso di essere stato tracciato come utilitario a una descrizione contenuta nello scritto a fianco: raffigura lo spaccato di un monte costituito da una serie di strati a franapoggio e con un sottile rivestimento continuo che si allarga e ispessisce alla base[81]. L'inizio cancellato di un nome nel testo (~~Vin~~: Lei f. 6*v*) dimostra, inoltre, che Leonardo aveva sempre in mente, quando pensava al comportamento dell'acqua nella terra, quale fosse il decorso del torrente Vincio, che dal Monte Albano scende a lambire il piccolo centro dove era nato e cresciuto: fin da giovane ne aveva fatto il suo termine di paragone e dal suo comportamento attraverso il corso delle stagioni egli era arrivato a concludere che dovesse essere la lunga, graduale azione dell'acqua corrente a esercitare la massima influenza nel modificare la superficie terrestre. Ciò ne fa il precursore dell'attualismo e di tutta la epistemologia geologica ora vigente, anche se non autorizza a proclamarlo il fondatore perché le sue osservazioni furono solo qualitative: egli non effettuò mai misure quantitative su cui impostare calcoli matematici, anche se fece molte osservazioni qualitative sul moto tranquillo e/o vorticoso delle acque, tanto nei fiumi quanto nei laghi, utilizzando come traccianti le foglie o le particelle di legno.

Ma piuttosto che continuare a epitomare il Lei (come ho già fatto altrove) è meglio che io segua l'esempio di Giuseppe De Lorenzo (che ho precedentemente citato come mio modello) e trascriva alcuni brani che delineano esattamente quali fossero le idee geologiche di Leonardo nel periodo della sua piena maturità. Le traggo da un appunto scritto in un formato chiaro e rigoroso, ma mal leggibile

[81] Calvi (1909 p. 179) indica questo schizzo a margine del codice come Fig. n. 7*. La scritta centrale più vicina, quasi una didascalia, recita: «*li suoli, o ver falde delle pietre, non passano troppo sotto le radici de' monti, ch'elle sono di terra da far vasi, piena di nichi, e ancora queste vanno poco sotto, che vi si trova la terra comune, come si vede n' fiumi, che scorran la Marca e la Romagnia, usciti dalli monti Appennini, e*» (Lei, f. 36*r*).

perché l'inchiostro si è un po' sparso sulla carta, che è porosa (CA f. 433*r* ex 160*v.a*). Sono le stesse frasi, pur con una formulazione leggermente diversa, che si trovano in uno scritto più o meno dello stesso periodo (Ms F f. 27*r-v*) e che egli ripete nel Lei che (come ho già avuto modo di dire) è un insieme, non selezionato se non in parte, di trascrizioni di sue precedenti note geologiche selezionate da Leonardo stesso:

(Nel margine)

L'acqua delli fiumi non dal mare ma dalli nuvoli ha origine.
La confregazione de' sassi l'un coll'altro nelli corsi fatti dalli fiumi consumano li angoli delle pietre.

(Entro la colonna)

Li sassi son composti dalli corsi de' fiumi.
Li sassi si compongono a falde, ovvero a gradi secondo lo scaricamento delle turbolenze portate dal corso de' fiumi.
Li sassi non sono, dove non fu mare o lago.
Le ghiare son create dal corso de' fiumi e al fine consumate.
Le ghiare son tanto <mi>nori, quanto el fiume che le genera si avvicina al mare.
El sasso è tanto più duro, quanto elli è più remoto dalla sua basa.
Le vene ne' sassi son rotture fatte dalle falde, quando si seccorono e si privorono dell'umido, che allora da sottil materia f<ur> rempiute tali crepature.
Le acque portatrici di sottile turbolenzia, gene<r>an pietra dal lato dove si ritardano.

(Colonna sinistra)

Tutti li mari mediterrani e li golfi d'essi mari sono fatti da fiumi che versano in mare.
Li monti son fatti dalli corsi de' fiumi.
Li monti son disfatti dalle piogge e dalli fiumi.
Li monti son più etterni e più premanenti nelle loro altezze, li quali si coprono di neve per tutta la vernata.
Le basi de' monti al continuo si restringano.
Li monti si fanno al continuo più acuti.
Li fiumi al continuo abbassano li lor letti, eccetto dove son ringorgati, perché quivi fanno il contrario.
Li laghi infra li monti si generan per le ruine d'essi monti, che serran le valli.
La destruzion de' laghi nascan dalli corsi delli lor fiumi consumatori dell'argine o del monte generator d'esso lago.
Li mari mediterrani al continuo diminuiscano.
La generazione delli mari mediterrani nascan da ruine di monti scalzati dalli corsi de' fiumi.
Le valli al continuo crescan sì per larghezza come per lunghezza.

Il frammento di CA qui sopra riportato contiene tutta l'epistemologia geologica di Leonardo. Essa rivela tutto il suo vigore soprattutto nella terza parte: sulla superficie della Terra tutto si fa o si modifica tramite l'acqua corrente nei fiumi.

C'è anche un concetto non ancora preso in considerazione nei diversi documenti finora citati[82]: che nelle valli montane i laghi si formino a causa dello sbarramento derivato dal franamento di una delle montagne, e che essi poi si svuotino a poco a poco a causa dell'erosione dello stesso fiume che li ha formati. Manca del tutto, invece, una serie di osservazioni che nel Lei si trasformano in un unico meccanismo ben chiarito: quando un fiume esce dalla valle che ha scavato nella montagna, tagliando obliquamente gli strati rocciosi in modo da crearvi due versanti di diverso pendio, si spande nel bassopiano formandovi un «*ghiareto*»[83] in cui deposita i pesi trasportati cominciando dai più grevi. Deposita prima macigni angolosi che via via diventano smussati, poi sassi più piccoli con spigoli arrotondati, poi ciottoli e ghiaie più minute, poi sabbie e infine fango («*lita*») finissimo e talmente leggero che neppure l'onda marina (se il fiume sfocia direttamente in mare) riesce a smuovere perché è troppo grasso e attaccaticcio e, concludendo, «*e qui stanno i nichi, e quest' è terra bianca daffar boccali*» (Lei, f. 6*v*): questa è argilla pura adatta alla ceramica e qui si installano gli organismi marini.

Su quest'ultima osservazione, che egli probabilmente fece in un momento molto precoce della sua vita, perché lo riferisce anzitutto a ciò che avviene all'Arno all'uscita dalla stretta della Gonfolina (CA f. 70*r* ex 194) e lo ripete per ben due volte nel Lei[84], Leonardo costruisce tutta la sua epistemologia riferita ai resti organici che rinviene nelle rocce, ossia ai fossili.

Gli organismi marini che egli ritrova inseriti nella pietra dei pendi e perfino sulle cime delle montagne, talora a quote uguali e talvolta a più livelli, non sono, perciò, né giochi di natura, né creazioni spontanee di una forza plastica che dalle stelle agisce sulla terra, ma sono i resti di quegli organismi che vivevano in fondo al mare o aggrappati agli scogli oppure appoggiati sull'argilla costiera e che o non si muovono affatto o si muovono poco perché non ne sono costretti dalla ricerca di cibo: essi traggono il loro nutrimento da particelle organiche fluitanti nelle acque (Fig. 5). Questi organismi sono rimasti intrappolati nella loro posizione originaria quando l'argilla si è seccata all'aria, così come sabbie e ghiaie si sono consolidate in rocce (arenarie e conglomerati) dopo che sono hanno perso l'acqua commista. Questo stesso meccanismo vale per quei «*coralli*» (Lei, f. 8*v*)

---

[82] Leonardo lo esemplificherà solo durante la sua traversata delle Alpi per migrare in Francia (vedi oltre).

[83] Leonardo chiama così quello che modernamente è noto come "cono o conoide di deiezione".

[84] «*… come Arno, che cadea della Gonfolina a presso Monte Lupo, e quivi lasciava la ghiara, la quale ancor si vede, che s'è insieme ricongielata, e di pietre di vari paesi, nature e colori e durezze se n'è fatta una sola congelazione …*» (Lei f. 8v). «*Arno, quando cadea del sasso della Gonfolina nel mare, che dopo quella non troppo basso si trovava perché a quelli tempi superava l'altezza di San Miniato al Tedesco, perché nelle somme altezze di quello si vede le ripe piene di nichi e ostrighe dentro alle sue mura …*» (Lei f. 9r).

che in Monferrato ritrova, «*intarlati, appiccicati agli scogli*» (Lei, f. 10*v*), ossia corrosi, ma ancora attaccati saldamente alla roccia sulla quale avevano costruito la loro colonia quando erano vivi in mare.

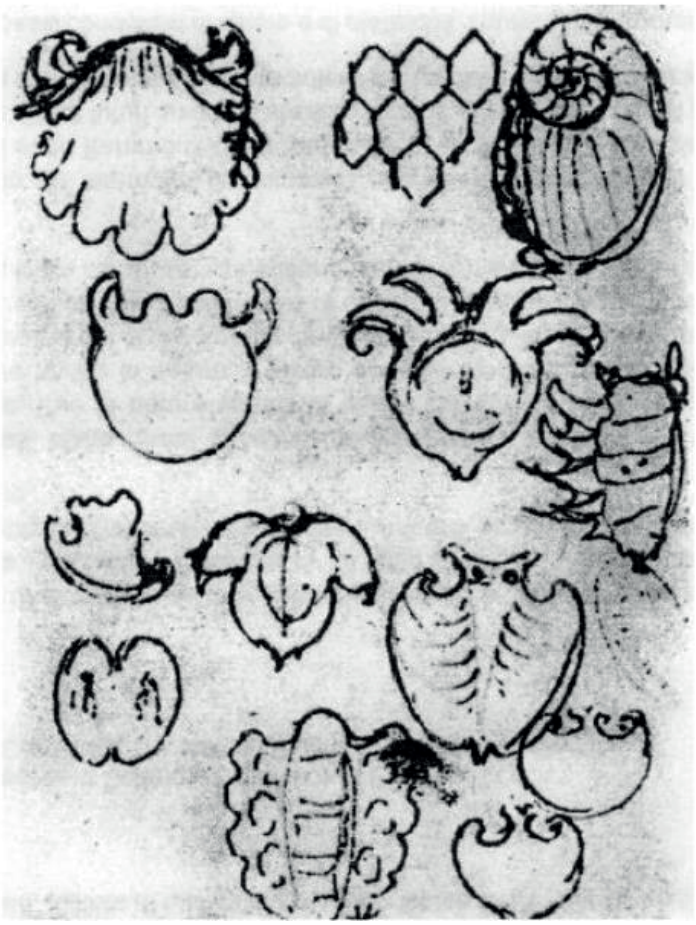


Fig. 5. Raffigurazioni di "nichi" in un appunto di Leonardo riferibile al 1497-1499 contenuto nel taccuino Ms I f. 25*r* dell'Institut de France, Paris (ripreso da G. Ligabue 1977 Fig. 15). Il secondo campione da destra in alto, a forma di nido d'ape, è il *Paleodyction*, fossile la cui traccia, ritrovata in natura in un campione di arenaria del Pratomagno, indusse A. Baucon (2010) a proclamare in Leonardo il fondatore della Paleoicnologia.

Su questa epistemologia Leonardo imposta un ragionamento consequenziale che lo porta lontano: l'azione dei fiumi che scavano le valli e affilano le creste montane alleggerisce la Terra facendola pian piano risalire rispetto al mare in cui essi hanno lasciato i loro depositi; ciò muta il centro di gravità della sfera della terra rispetto alla sfera del mare e provoca l'inversione del rilievo (Lei, f. 1*r*).

Tutto ciò era già nella mente di Leonardo giovane quando ancora osservava solamente l'Arno che traversava il Monte Albano staccandolo dalla Gonfolina, ma ora lo scrive con decisione e chiarezza: questa montagna è un

> «*altissima argine; tenea ringorgato tal fiume* [Arno] *in modo che, prima che versassi nel ma[re], il quale era dopo a' piedi di tal sasso* [la Gonfolina]*, componea 2 grandi laghi de' quali el primo è dove oggi si vede fruire la città di Firenze, insieme con Prato e Pistoja […]; insino Arezzo si creava un secondo lago, il quale nell'antidetto lago versava le sue acque, chiuso circa dove oggi si vede Girone, e occupava tutta la detta valle di sopra per lo spazio di 40 miglia di lunghezza […]; questo lago si congiugnea col laco di Perugia*» (Lei, f. 9*r*).

Molti anni dopo queste sue prime osservazioni in Toscana, quando passò per la Romagna, notò che le incisioni fluviali sfociano nella pianura con serie di strati contenenti «*gran somma di nichi insieme coll'azzurrigno terren di mare*» (Lei, f. 9*r*) e ne dedusse che quei fiumi una volta sfociavano nel mare così come, in un passato ancor più remoto, sfociavano in un mare i fiumi dei dintorni di Parma e Piacenza da cui proviene l'argilla che gli era stata portata a Milano per modellare in creta il monumento equestre a Francesco Sforza. Da ciò, e dai coralli osservati nel Monferrato, Leonardo estrapola che ci fu un tempo in cui

> «*le cime dello Apennino stavano in esso mare in forma d'isole circondate dalle acque salse*» (Lei, f. 10*v*).

Per lui queste sono prove che in tempi lontani il mare «*Adriano*» (= Adriatico) si estendeva fino ai piedi delle Alpi e che la pianura padana è dovuta a un apporto di sedimenti di lunga durata da parte del Po e dei suoi affluenti, tanto di destra come di sinistra.

Qui Leonardo introduce l'argomento che giustifica il titolo che ho dato al mio intervento. Egli parte dall'osservazione che i coralli sono organismi che impiantano le loro colonie in modo che risultino sempre solidali al loro supporto di roccia. Per conseguenza, essi non si sono mai mossi dalla loro posizione iniziale neppure su scogli che sono stati poi inglobati nel terreno circostante. Infine constata che essi si trovano

> «*inverso Monte Ferrato di Lombardia essersi tutto il dì trovati intarlati, appiccicati alli scogli scoperti dalle correnti de' fiumi […] e li detti scogli sono tutti coperti di parentadi e di famiglie d'ostriche, le quali noi sappiamo che non si movano, ma stan sempre appiccicate coll'un de' gusci al sasso, e l'altro apano per cibarsi*» (Lei f. 10v)[85].

[85] Ho riprodotto il testo dell'edizione critica (Calvi 1909 p. 51) che, inoltre, mostra le parole che Leonardo ha cassato per sostituirle con altre. Evidentemente egli, rendendosi ben conto di formulare un pensiero eterodosso, cercava di esprimersi nel modo più chiaro

Le colonie di coralli, dunque, benché bucherellate da altri organismi oppure incrostate da ostriche[86] che da un lato appoggiano la loro valva su di loro come se fossero un sasso mentre dall'altro lato aprono e chiudono la valva mobile per raccogliere il cibo fluitante nelle acque, sono sempre nel loro posto di partenza o, detto con un termine latino che è diventato tecnico, "*in situ*": costituiscono perciò un punto di riferimento per la posizione raggiunta dall'acqua del mare. Per contro, egli osserva che altri tipi di nichi da lui osservati sulle spiagge dell'Adriatico[87] sono mobili, e si spostano nella battigia allo scopo di trovare organismi più piccoli di cui cibarsi. A suo giudizio, però, un organismo che ora chiamiamo bentonico[88] (ossia un lamellibranco o un ostracode) nella sua ricerca giornaliera di cibo può spostarsi sulla battigia di un moto non più veloce di quanto sia quello della lumaca fuori dall'acqua, perché l'organismo considerato

> «*non nota, anzi si fa un solco ~~(tardissimo)~~ per la rena, mediante i lati di tal solco ove s'appoggia, camminerà al dì dalle 3 alle 4 braccia*» (Lei f. 8*v*).

Il trovare un organismo di questa specie ora in mare può ben costituire un secondo caposaldo dell'estensione del mare stesso. Leonardo esclude, quindi, che, a una simile andatura (sono da 1,78 a 2,37 m[89]: in media 2 m al giorno) un qualsiasi «*nichio*» possa coprire nei 40 giorni di durata del diluvio la distanza dal mare «*Adriano* (= Adriatico) al Monferrato che egli stima essere 250 miglia (= 440 km). In effetti, un semplice calcolo indica che al «*nichio*» occorrerebbero almeno 600 anni per coprire tale distanza: ben di più dei 40 giorni affermati dai dotti teologi che si basano solo sulla Bibbia. Questo tempo si raddoppia se il calcolo si applica alla distanza che intercorre tra lo sfociare del Po dalla sua valle nelle Alpi nella pianura a Rivoli presso Saluzzo e se la costa dell'Adriatico da considerare è quella dell'Istria («*trecento e quattro cento miglia*»: Lei f. 9*r*) che

---

possibile e trovava le parole adatte solo a fatica. Quando si confronta il testo con l'edizione diplomatica, si nota come egli usi le abbreviazioni consuete e non cerchi di introdurre forme di crittografia: egli era dunque convinto del suo pensiero e non voleva nasconderlo a se stesso, ossia all'unico destinatario degli appunti contenuti nel suo taccuino.

[86] Con questo nome Leonardo intende cozze, telline e altri bivalvi che hanno una valva fissa al supporto e una seconda valva mobile che si apre e chiude tramite un muscolo adduttore.

[87] Si riferisce, probabilmente, alle spiagge romagnole che aveva conosciute quando era al servizio del Duca Valentino (1502), dove non arrivano affluenti del Po, ma dove si osservano nichi praticamente identici a quelli trovati e a lui portati nel 1490-93 dalle argille azzurre tra Parma e Piacenza, queste sì nella valle di un affluente del Po: il fiume Arda.

[88] A questo punto non esito ad usare la terminologia moderna per spiegare meglio le affermazioni di Leonardo.

[89] Essendo la stesura del Lei avvenuta durante il secondo soggiorno a Milano, per questo calcolo e per il calcolo che segue uso le unità di lunghezza milanesi, secondo l'equivalenza ufficiale: 1 braccio = 0,594936 m e 1 miglio = 1784,8094 m.

comportano tempi più lunghi.

Un altro tipo di calcolo fatto da Eugène Müntz (1899 p. 295) dava per la creazione del mondo un'età di 2000 secoli, contro una data biblica di 5288 anni a.C. Non è il caso di cercare di calcolare i valori di tempo di interramento del golfo padano in un modo ancor più complicato[90], anche perché all'epoca di Leonardo non si aveva nessun indizio di quanto profondo e articolato fosse il bacino da riempire. Ciò che Leonardo intende affermare con decisione nei suoi scritti è solamente che per un grandissimo tempo le cime dell'Appennino furono isole affacciate sul mare, prima che i fiumi che scendevano torbidi dai versanti montani confluissero nel Po e arrivassero a riempire con il materiale solido da loro trasportato il golfo prima occupato dal mare «*Adriano*».

Il calcolo basato sulle distanze e le velocità di movimento osservate da Leonardo distrugge la credibilità dell'ipotesi diluviale[91] sull'origine e riporta alla naturale distribuzione della fauna costiera attuale la presenza dei «*nichi*», ma è, di fatto, molto in difetto rispetto alle misure radiocronologiche moderne. Esse attribuiscono ai fossili delle sabbie gialle del Monferrato (facies "astiana" del Pliocene superiore, eteropica ma contemporanea alle argille azzurre "piacenziane" dei dintorni di Parma e Piacenza) un'età molto maggiore di quella dei sedimenti sciolti in cui vivono gli organismi attuali: un'età compresa tra 2,588 e 3,600 Ma (= milioni di anni)[92].

I due metodi non sono confrontabili, ovviamente[93], ed è già un grandissimo merito di Leonardo di aver escogitato un procedimento di confronto, grossolano fin che si vuole, che ha dilatato di parecchi ordini di grandezza la durata possibile

---

[90] Così fece, tra gli altri, Gustavo Uzielli (1890 pp. 68-74), arrivando a 1.200.000 di anni, che poi arrotondò a 1 milione, tenendo conto solo dell'apporto solido del Po e dei suoi affluenti e senza prendere in considerazione le varie interruzioni dovute alle glaciazioni, allora imperfettamente conosciute, così come poco note erano le dimensioni e delle successive morene.

[91] Leonardo qui aggiunge che un più rapido spostamento dei nichi dovuto al modo ondoso non è possibile, perché essi sono oggetti pesanti che non galleggiano sulle acque (Lei f. 8*v*).

[92] Questi dati sono ripresi dalla *Chronostratigraphic Chart 2014*, ultima uscita.

[93] La prima datazione radiometrica in assoluto fu eseguita dall'inglese Arthur Holmes nel 1910 con il metodo uranio-piombo su un minerale norvegese e, proseguita con altre, fu pubblicata in un suo classico libro (*The Age of the Earth*, 1913) che creò un vespaio tra gli scienziati perché, oltre a distruggere definitivamente la credibilità della Bibbia, smentiva i calcoli termodinamici di Lord Kelvin (1868) sull'età di formazione e solidificazione della Terra e sulla sua durata futura. Holmes ebbe un'ulteriore intuizione, sull'esistenza di possibili moti convettivi profondi dovuti a un gradiente termico nel mantello terrestre che spiegassero il moto della crosta (1944). Tramite queste due scoperte, una sperimentale e l'altra teorica, egli contribuì a rivoluzionare le Geoscienze portandole all'autorevolezza attuale.

di un evento geologico regionale come l'interramento della pianura padana, anche se ha sbagliato clamorosamente nei tempi effettivi.

Ma a questo punto il pensiero di Leonardo, ormai in piena immaginazione eretica, non pensa più ai tempi e corre senza esitazioni al diluvio universale. Leonardo affronta questo pericoloso argomento con un procedimento retorico che ci fa dubitare che fosse davvero un «*omo sanza lettere*» come a volte lamenta di essere considerato. Egli dialoga con un interlocutore fittizio e gli argomenta:

> «*Se tu dirai che li nichi, che per li confini d'Italia, lontano da li mari, in tanta altezza si veggano alli nostri tempi, sia stato per causa del diluvio, che lì li lasciò; io ti rispondo che, credendo tu che tal diluvio superassi il più alto monte 7 cubiti, come scrisse chi 'l misurò, tali nichi, che sempre stanno vicini a' liti del mare, doveano restare sopra tali montagne, e non sì poco sopra le radici deì monti, per tutto a una medesima altezza, a suoli a suoli. ....*» (Lei, f. 8*v*).

Non continuo oltre, perché in questi brevi brani è già evidentissima l'ironia con cui Leonardo riferisce le affermazioni del Genesi (7 cubiti e, più oltre, 40 giorni di pioggia) riferite al diluvio universale, poiché nessuno sarebbe potuto uscire dall'Arca a fare le misure della profondità dell'acqua o sporgersi fuori nel buio della tempesta per cercare di stimare il numero di giorni e notti trascorsi. Tuttavia, era prudente conservare queste meditazioni nei fogli più nascosti dei propri scritti, perché erano più che suscettibili di un'incriminazione per eresia, cui sarebbe seguita una condanna capitale.

L'argomento del diluvio e dei fossili derivati da esso, per Leonardo, è una volta per tutte da considerare chiuso! Non era però finito il suo desiderio di compiere altre osservazioni geologiche.

Sul finire del suo secondo periodo milanese Leonardo ebbe una seconda occasione di entrare fino ai margini estremi della pianura piemontese, dopo quella che nel 1498 aveva avuta ad Ivrea. Dovette compiere una missione nel ducato di Saluzzo, ai piedi di quel Monviso che nei giorni limpidi si vede, alto sui contrafforti alpini, da tutta la pianura padana. Qui, nel Mombracco soprastante Barge, all'imbocco dell'alta valle del Po, egli poté visitare una cava di una durissima pietra scissile (la "bargiolina") e di farsene donare una lastra per macinare i colori[94].

---

[94] «*Monbracco, sopra Saluzzo, sopra la Certosa un miglio, al piè del Mon Viso, ha una miniera di pietra faldata, la quale è bianca, come marmo di Carrara, sanza macule, ch'è della durezza del porfido o più, della quale il compare mio, maestro Benedetto* [Brioschi] *scultore, ha inpromesso di darmene una tavoletta per li colori. A dì 2 di gennaro 1511. Sirottino da Turino n'ha alcune che son berettine, forte dure*.» (Ms G, f. 1*v*). È sorprendente che Leonardo non si sia reso conto non solo dell'enorme differenza di durezza e di grana che esiste tra un marmo e una quarzite, ma neppure del ben più importante fatto – geologicamente parlando - che le Alpi piemontesi sono costituite da rocce metamorfiche del tutto diverse dalle rocce sedimentarie dell'Appennino e delle Prealpi. Pur se grande

Questo è uno degli ultimi riferimenti precisi alle sue osservazioni geologiche d'area alpina che troviamo nei suoi documenti e, al tempo stesso, l'indicazione di uno degli estremi dell'Italia settentrionale che egli visitò professionalmente. In tutto, quindi, la sua conoscenza diretta della geologia regionale padana va dal Vipacco a Est fino al Mombracco a Ovest, il Nord essendo rappresentato dal Mon Boso, quella cima dominante (forse il Monte Rosa) che nessuno ha saputo ancora identificare con certezza.

7 - LEONARDO A ROMA: SPRAZZI DI UN INGEGNO ORMAI STANCO

La caduta della repubblica a Firenze con la restaurazione del potere dei Medici (14 settembre 1512) e la ritirata precipitosa dei francesi da tutto il ducato di Milano dopo la sconfitta da loro subita da parte degli Svizzeri nella battaglia dell'Ariotta presso Novara (6 giugno 1513) indussero Leonardo (che aveva pendenze con entrambi gli sconfitti e, soprattutto, con la propria repubblica, di cui aveva trascurato le committenze) a farsi cortigiano di Giuliano de' Medici, diventato ufficialmente il signore di Firenze (9 marzo 1513) succedendo al fratello Giovanni, eletto papa (11 marzo 1513) col nome di Leone X (1475 [1513-1521]). Insieme al suo nuovo patrono, che gli aveva assegnato uno stipendio mensile di 38 ducati d'oro, si stabilì a Roma[95] e abitò prima in Vaticano al Belvedere e poi a Castel S. Angelo.

Leonardo visse a Roma per quattro anni, duranti i quali fece poca attività geologica. Gli fu segnalato[96] dove raccogliere i prediletti «*nichi*» nelle argille di Monte Mario e andò a cercarli. Su commissione del suo patrono, come testimonia una sua carta delle paludi pontine fino a Terracina (WRL 12684), egli disegnò un doppio intervento: il ripristino del Fosso S. Martino che convoglia le acque settentrionali nel lago di Paola e lo scavo di un collettore diretto delle acque meridionali al mare di Badino sostituendo al tortuoso e lento fiume Uffente il rettilineo canale Portatore. Propose, inoltre, il ripristino del canale neroniano e della strada selciata antica che gli fa da argine contro improvvise inondazioni dei torrenti che scendono dai Monti Lepini (Ms VII f. 6*r*). Nelle intenzioni di Giuliano, queste opere di idraulica dovevano servire sia a bonificare le paludi e trasformarle in una

---

osservatore, egli non fu in grado di andare mentalmente oltre certi limiti di comprensione geologica o, meglio, litologica!

[95] «*Partii da Milano per Roma à dì 24 di settembre 1513, con Giovā Francesco de Melsi, Salaì, Lorēzo, e il Fāfoia*» (Ms E f. 1*r*). Ad esclusione dei ben noti Gian Francesco Melzi e Salaì (= Giacomo Caprotti da Oreno), gli altri accompagnatori sono solo ipotizzabili. È quasi certo che Fanfoia era il nomignolo di Cesare da Sesto, che era davvero un allievo di Leonardo, mentre Lorenzo è stato ipotizzato possa essere Lorenzo Lotto, che pure ne era un suo seguace, ma solo per certi aspetti settoriali.

[96] «*Fatti disegnare dove sono li nicchi a Monte Mari*» (CA f. 253*v* ex 92*v.c*). Non ci sono né disegni né precise indicazioni di luogo nel testo.

ricca piana a coltivo sia a ridurre il tragitto da Napoli a Roma[97], facilitando i movimenti di truppe in caso di una ripresa della contesa tra Francesi e Spagnoli (come effettivamente avvenne). A parte questo progetto, Leonardo fu alquanto trascurato dal suo patrono: Giuliano lo impegnò solo a progettare una scuderia per i suoi cavalli.

Nel complesso, per Leonardo il periodo trascorso a Roma non fu dei più fruttuosi. Fu un soggiorno tranquillo, anche se non proprio noioso perché pieno degli obblighi più diversi. Personalmente, il suo impegno principale fu quello di tracciare lunule col compasso, quadrare matematicamente figure geometriche varie, progettare specchi curvi e lenti per osservare la Luna ingrandita (CA f. 518 ex 190*r*) ed eseguire dissezioni anatomiche su corpi umani (forse ancora vivi, ma dati ormai per spacciati) che gli erano messi a disposizione dall'ospedale di Santo Spirito (rigorosamente di notte per non incappare in qualche problema con la curia, dove non godeva di gran fama perché il papa gli preferiva Raffaello). Mentre abitava a Castel S. Angelo effettuò esperimenti di acustica utilizzando gli echi rifratti e riflessi che si formano nell'interno del tamburo adrianeo. Realizzò, inoltre, probabilmente su commissione[98], un meccanismo per tagliare le lastre da cui coniare le monete secondo un perfetto contorno rotondo e con impressa una traccia marginale in rilievo che, da un lato, ne ostacolava la tosatura e, dall'altro, riduceva la possibilità d'errore di stampaggio dell'impronta al momento di passare al conio (Ms G f. 43*r*). Non si sa, però, se il suo metodo (che fu detto poi "del torchio") fu allora effettivamente usato.

Leonardo poté assentarsi frequentemente. Nell'autunno 1514 era a Parma (Ms E f. 80*r*), ma a dicembre si affrettò a tornare a Roma, perché un suo libretto anatomico intitolato "*de voce*" era stato sottoposto all'esame del papa per verificarne l'assenza di eresie (CA f. 780*r* ex 287*r.a*; Ms E f. 4*v*). Qui, il 9 gennaio 1515, lo raggiunse la notizia della morte (otto giorni prima) del suo protettore Luigi XII e dell'intronizzazione di Francesco I. Subito Giuliano de' Medici partì in fretta per la Francia (Ms G, copertina): andava a sposare Filiberta, figlia del duca di Savoia e zia del nuovo re, il quale lo nominò duca di Nemours.

Non abbiamo notizie di ciò che fece Leonardo durante l'invasione subito organizzata dal re francese per riconquistare Milano. L'esercito di Francesco I, benché raccolto in gran fretta, attraversò in massa e senza contrasti con un pesante

[97] Molto interessanti sono alcuni principi teorici relativi all'interramento di stagni e luoghi paludosi costieri facendovi depositare le torbide di fiumi appositamente deviati dal loro corso naturale, che si leggono in Lei f. 2*v*. Queste idee trovarono la loro applicazione un secolo più tardi, quando i Medici decisero di trasformare Livorno nel porto del loro granducato e bonificarono lo Stagno tra la città e Pisa, canalizzando inoltre l'Arno.

[98] Leonardo aveva ideato un sistema di laminazione e taglio probabilmente già nel 1504, quando Giulio II decise di sostituire gli usurati e svalutati "carlini", circolanti a Roma fin dai tempi di Carlo I d'Angiò, con una nuova moneta d'argento che volle chiamare "giulio".

corteo di artiglierie il Colle della Maddalena per una strada appositamente aperta. La spedizione si concluse con un grande successo: la sanguinosa sconfitta dei mercenari svizzeri assoldati dallo Sforza e guidati dal cardinale di Sion/Sitten, Matthias Schiner, a Marignano (13-14 settembre 1515) fu subito seguita dalla resa di Massimiliano Sforza[99] e dall'entrata di Francesco I a Milano. La tregua che seguì diede modo al ducato di recuperare molte delle valli alpine cedute agli Svizzeri nel 1512, in particolare quelle cedute al cantone di Berna e al vescovado di Sion, ma non i baliaggi del Ticino, che rimasero in possesso dei tre cantoni forestali, né la Valtellina con Bormio e Chiavenna, che erano state cedute alle Tre Leghe, non intervenute nella nuova guerra.

Nella primavera del 1515, mentre a Nord si faceva guerra, Leonardo ebbe un prolungato soggiorno a Civitavecchia, dove per conto del governo pontificio verificò le difese portuali e, per se stesso, studiò accuratamente i metodi usati dai Romani per connettere i blocchi di tufo che erano serviti a costruire l'imponente diga foranea e altre strutture del porto (CA f. 180*v* ex 63b). In ottobre andò col papa a Bologna, dove Leone X il 14 dicembre si incontrò con Francesco I.

Anche Leonardo incontrò per la prima volta il re, ma dovette tornare subito a Roma e scelse di farlo attraverso la parte più alta degli Appennini tra le sorgenti dell'Arno e del Tevere passando, specificatamente, per la Verna (Ms E, f. 1*r*), dove raccolse anche alcuni fossili. Conobbe o rivide, quindi, i maestosi affioramenti di rocce vicini all'abbazia francescana che avevano ispirato un'accurata rappresentazione (corredata con una fantasiosa vista del castello di Poppi) a Jan Van Eyck nel suo viaggio a Roma (Mottana 2005 Fig. 1). Le nuove osservazioni in territori montani prima mai attraversati non lasciarono tracce significative negli sfondi dei suoi quadri. A Roma, infatti, Leonardo praticò piuttosto poco la pittura. Completò, probabilmente, la "Gioconda" (il cui sfondo è riferibile alla Val di Chiana) e qualche altro ritratto cominciato a Firenze e dipinse (o forse, piuttosto, intervenne ogni tanto con qualche tratto del suo pennello) la cosiddetta "Gioconda nuda", le cui versioni sopravvissute sono manifestamente di mano dei suoi allievi. Non ricevette però nessuna importante commissione, essendo tutto l'ambiente artistico romano dominato da Raffaello.

Quando Giuliano de' Medici improvvisamente morì (17 marzo 1516) e Leonardo rimase senza patrono, egli prima ne accompagnò la salma a Firenze, poi continuò il suo viaggio fino a Milano per cercare di ottenere un impiego dal nuovo governatore francese, Carlo III di Bourbon-Montpensier[100], ma, deluso da questi,

---

[99] A differenza di suo padre Ludovico, Massimiliano non fu inviato in Francia come prigioniero, ma come "pensionato" e morì semilibero a Parigi nel 1530, senza figli legittimi. Neanche dopo la disastrosa sconfitta dei francesi a Pavia (24 febbraio 1525), il ducato di Milano gli fu restituito. Passò a suo fratello Francesco II (1495 [1521-1535]) sotto la tutela effettiva degli Spagnoli. Questi non ebbe eredi e pose così fine alla dinastia Sforza di Milano, benché alcuni rami collaterali abbiano tentato rivendicazioni.

[100] È lo stesso personaggio che guidò l'esercito imperiale alla conquista di Roma nel 1527

se ne tornò a Roma passando per Tivoli per ammirare le rovine di Villa Adriana. Il 1516 non fu però del tutto privo di eventi favorevoli per lui. Il nuovo re di Francia, Francesco I, gradì l'automa a forma di leone che camminava esibendo al petto il giglio di Francia inviatogli da Leonardo a Lione per la sua incoronazione (12 luglio) e lo invitò a recarsi alla sua corte.

Dopo aver avuto vari infruttuosi contatti con la corte papale di Leone X, che era un grande ammiratore di Raffaello, Leonardo si rese conto del declino del suo prestigio come pittore in Roma e in Italia e decise, avendone attentamente contrappesato vantaggi e svantaggi, di emigrare in Francia dove fu accolto a braccia aperte dal re. Il suo ultimo atto datato a Roma, in un giorno imprecisato dell'agosto 1516, fu quello di descrivere la struttura e prendere le misure della basilica paleocristiana di San Paolo fuori le mura (CA f. 471*v* ex 172*v.b*).

8 - IL SOGGIORNO IN FRANCIA: SERENA VECCHIAIA E LIETA FINE

Nel mese di maggio del 1517, dopo un lungo viaggio (1350 km percorsi in 32 giorni) in cui fu accompagnato dal devoto allievo Gian Francesco Melzi e dal Salaì, un allievo insoddisfatto diventato turbolento e quindi trattato da servitore[101], Leonardo si presentò a Francesco I, che allora era con tutta la sua corte ad Amboise, nel castello di proprietà di sua madre Luisa di Savoia. Egli lo accolse con grandi manifestazioni di stima[102]. Gli diede come residenza il piccolo palazzo di Cloux (ora Clos-Lucé), che è collegato al castello da un passaggio sotterraneo, il che permetteva al re di fargli visita quando voleva e senza essere visto.

---

e che fu ucciso da un colpo d'archibugio che Benvenuto Cellini rivendicò come sparato da lui dall'alto di Castel S. Angelo.

[101] L'itinerario che seguì per trasferirsi in Francia partendo da Roma è stato ricostruito tramite la carta disegnata da Jean Boisseau nel 1645. Da Roma in cinque tappe raggiunse Firenze, poi valicò l'Appennino passando per Montorsoli, San Piero a Sieve, il giogo di Scarperia e Firenzuola il primo giorno e, il secondo giorno, a Pietramala, il passo della Raticosa e Pianoro fino a Bologna e di qui, lungo la via Emilia, a Milano. Geologicamente, la parte appenninica si svolge su strati di depositi detritici di vario genere, dal "Macigno" alle "Arenarie di Cervarola", con la possibile intercalazione di marne e di evaporiti, ma senza attraversare la "Formazione marnoso-arenacea romagnola" che Leonardo aveva però incontrato sicuramente nel 1502-1503, al seguito di Cesare Borgia, e forse anche prima, durante la sua prima andata a Milano. Da Milano in tre tappe fu a Susa, poi affrontò il valico del Moncenisio e in quattro tappe fu a Chambéry, dove si fermò almeno un giorno. Per il resto del viaggio, non particolarmente duro perché fu zone pianeggianti attraverso Lione, Bourges e Romorantin, impiegò 11 giorni, percorsi con calma probabilmente per acclimatarsi e rendersi conto del nuovo ambiente in cui sarebbe andato a vivere.

[102] Tra queste, c'è la nomina a "primo pittore, ingegnere e architetto del re" con lo stipendio annuo di 1000 scudi d'oro *soleil* e con ulteriori stipendi, molto minori, per Melzi e Salaì.

Il viaggio da Roma ad Amboise non era stato privo di osservazioni nuove e interessanti per Leonardo. Era, infatti, la prima volta che varcava le Alpi e lo fece attraverso il Valico del Moncenisio, non lontano da quel Mombracco che aveva visitato alcuni anni prima (v.s.). Si trattava di un itinerario ben noto e sicuro attraverso i territori dei ducati di Saluzzo e di Savoia, allora strettamente alleati alla Francia e, tuttavia, senz'altro faticoso per un uomo di 65 anni che ne dimostrava almeno cinque di più, a giudizio di Antonio de Beatis, il segretario del cardinale Luigi d'Aragona (Chastel, 2007; De Beatis 2012) che lo visitò a Cloux il 10 ottobre 1517.

Durante il viaggio Leonardo poté visitare la valle della Savoia dove, di colpo e senza preavviso, era sprofondata un'intera area boschiva dando origine a un «*balatro profondissimo*» (Lei, f. 11*v*) mentre nello stesso tempo, quattro miglia più in là, una grande inondazione aveva spazzato la valle trascinando con sé campi, vigne e orti. Egli interpretò l'evento come un terremoto dovuto al crollo del tetto di una grande caverna piena d'acqua e ciò gli fece ricordare di aver assistito allo svuotamento periodico della sorgente Pliniana presso Como: un ricordo che risaliva, probabilmente, al suo primo soggiorno a Milano (CA f. 561*r* ex 211*r.a*). Non ci sono indicazioni di altre sue osservazioni inerenti la geologia, mentre si è a conoscenza di diversi suoi progetti per costruzioni di palazzi, di canali, di bonifiche e, soprattutto, di curiosi automi per le feste reali. Inoltre, per il tramite il Salaì, Leonardo vendette molto del materiale artistico che aveva portato con sé in Francia. Non lo fece per necessità, probabilmente, perché il suo compenso era piuttosto alto, ma per soddisfare la cupidigia d'opere d'arte del re. A giudicare dall'elevato prezzo pagato dall'amministratore dei beni reali (6250 lire imperiali), si trattava di dipinti su tavola tra cui, sicuramente, la Gioconda e la S. Anna con la Vergine, il Bambino e l'agnello.

Leonardo si fissò a Cloux, ma da qui ogni tanto si mosse sia per partecipare a feste reali (a Romorantin, Villefranche e Argentan) sia per effettuare rilevamenti topografici tra le valli della Loira/Loire e della Saona/Saône collegate da un grande canale. Al Cloux riceveva visite, tra cui, frequenti, quelle del re, disegnava e dipingeva[103], ma era sempre più stanco. L'ultima data di un appunto di suo pugno, è «*à 24 di giugno il dì di S. Giovanni 1518 in Ambosa nel palazzo del Clu*» (CA 673*r* ex 249*r.b, r.a*).

Il 23 aprile 1519 Leonardo, grazie a un permesso speciale concesso dal re e resosi necessario perché non era cittadino francese, poté dettare il suo testamento

[103] Negli ultimi tempi aveva subito una emiparesi, ma questa non gli impedì di lavorare, perché la mano paralizzata fu la destra.

a un notaio di Amboise[104]. Il 2 maggio 1519 morì, serenamente[105]. Secondo la sua volontà precisata nel testamento, fu sepolto nella chiesa di Saint-Florentin di Amboise. Le sue spoglie andarono disperse quando la tomba fu violata nel corso delle guerre tra cattolici e ugonotti che travagliarono la Francia durante il secondo Cinquecento.

9 - CONCLUSIONE

Leonardo capeggia il gruppo dei «*savants qui ont eu raison trop tôt*», come recita il titolo di un libro di intento divulgativo scritto da Laurent Lemire (2013). Di questi "scienziati troppo avanti" egli non solo è il primo in ordine di tempo, ma lo è anche nel numero e nell'ampiezza delle materie in cui eccelse, anticipando tanto i suoi contemporanei quanto, per certi settori, gli scienziati di due o tre generazioni a venire e, perfino, in uno o due casi, quelli del secolo scorso. Purtroppo, tra i vari argomenti della sua ricerca naturalistica citati dall'autore francese, non figurano le scienze di indirizzo geologico e non perché ne siano andati perduti i fogli scritti, ma perché geologia e idrologia si confondono, nella mentalità del francese, che si riallaccia nei suoi giudizi (per vero dire piuttosto superficiali) all'epistemologia ormai superata di Pierre Duhem (1906-1908), trascura quella di Alexandre Koyré (1953), anche se è rivolta a un altro contesto, e più in generale non menziona i lavori della scuola italiana di storia del pensiero scientifico.

Leonardo fu indubbiamente un genio, ma non apparve nel cielo della scienza come una "*nova*". Egli non mancò di documentarsi (pur nei limiti delle sue conoscenze linguistiche) su autori antichi e medievali e li re-interpretò sulla base della sua «*semplice e mera sperienzia*», che era basata direttamente sulla realtà in natura, cui attribuisce il ruolo di «*maestra vera*». Questo lo portò a osservare i fenomeni naturali con un'attenzione estrema, anzitutto, e poi a cercare di interpretarli ed elaborarli con l'aiuto della geometria, che era la forma di matematica da lui preferita. Il metodo matematico, quando poté essere da lui applicato alle sue osservazioni, lo portò a idee assolutamente innovative, non solo per i tempi suoi ma anche per alcuni secoli futuri. Inoltre, fu di grande aiuto allo sviluppo del suo pensiero la sua eccezionale attitudine al disegno e alla pittura: le sue osservazioni restarono documentate non tanto da quanto egli scrisse, ma da come le raffigurò e per poter fare questo egli dovette penetrarle con il suo intuito. Ancor oggi, Leo-

---

[104] L'originale del testamento, sicuramente redatto in francese, è andato perduto durante le guerre di religione. Gustavo Uzielli (1872 pp. 202-210) ne riporta la traduzione italiana, probabilmente subito eseguita da Gian Francesco Melzi che la inviò ai fratelli del maestro ai primi di giugno 1519.

[105] Aveva scritto nel 1490: «*Siccome una giornata bene spesa dallieto dormire, così una vita bene usata dallieto morire*» (CT f. 27*r*).

nardo ci insegna che, per definire un fenomeno naturale, vale più una sola immagine ben scelta che un volume di tutte parole. Questa immagine, infatti, contiene tutto ciò che ci permette di capire come e perché si sia modificata la superficie della Terra.

Sta ora a noi cogliere il suggerimento di Kemp (v.s.) e, soprattutto, seguirne l'avviso a riconsiderare le indicazioni sparse e frammentarie lasciate da Leonardo al lume delle potenzialità della scienza moderna, raggiungendo così, tramite la «*bona sperienzia, comune madre di tutte le scienzie e arti*» (CA f. 597b*r* ex 221*v.d*) che è l'unica via da seguire, un ulteriore progresso nelle conoscenze su come funziona il pianeta in cui dobbiamo necessariamente vivere.

10 - BIBLIOGRAFIA

AA. VV. (1845) *Napoli e i luoghi celebri delle sue vicinanze* (2 volumi), Napoli, Gaetano Nobile.

Accordi, B. (1987) *Conoscenze geologiche di Leonardo. Influssi sul suo ciclo pittorico*, in "Atti della VII Giornata Leonardiana Brescia ottobre 1984", *Notiziario vinciano*, **8 [29-30]**, 7-28.

Albini, S. (2015) *Acque e monti di Leonardo tra Lago d'Iseo, Valcalepio e Valcamonica*, Rudiano, GAM Editrice.

Baratta, M. (1903) *Leonardo e i problemi della Terra* (Biblioteca vinciana, **1**), Torino, Bocca.

Baucon, A. (2010) Leonardo da Vinci, the founding father of Ichnology, *Palaios*, **25**, 361-367.

Beltrami, L. (1891) *Il codice di Leonardo da Vinci nella biblioteca del principe Trivulzio in Milano trascritto ed annotato da L.B.*, Milano, s.i.e.

Berger, M. G. (2005) Leonardo da Vinci: Founder of the Science of Geological Facies, *Lithology and Mineral Resources*, **40**, 89-91.

Bernardoni, A. (2007) *Leonardo e il monumento equestre a Francesco Sforza*, Firenze, Giunti.

Bianchi, L. (1987) *L'inizio dei tempi: Antichità e novità del mondo da Bonaventura a Newton*, Firenze, Olschki.

Buccaro, A. (2011, a cura di) *Leonardo da Vinci. Il codice Corazza nella Biblioteca Nazionale di Napoli* (2 volumi), Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane.

Caleca, A., Mazzanti, R. (1982) Le carte del Valdarno inferiore e della Toscana marittima di Leonardo da Vinci: sintesi di un territorio agli inizi del XVI secolo, *Bollettino della Società Geografica Italiana*, s. X, **11**, 691-719.

Calvi, G. (1909) *Il codice di Leonardo da Vinci della biblioteca di Lord Leicester a Holkham Hall* pubblicato sotto gli auspici del R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere (Premio Tomasoni), Milano, Cogliati (ristampa 1980 con titolo: *Il codice Hammer di Leonardo da Vinci (già codice Leicester) nella edizione di G.C., Milano, 1909*, con introduzione di L. Firpo, Firenze, Giunti Barbèra).

Cermenati, M. (1899) La ghiacciaia di Moncodeno: note per la storia dell'alpinismo lariano, *Rivista mensile del Club Alpino Italiano*, **18 [2]**, 3-14.

Chastel, A. (2007) *Luigi d'Aragona. Un cardinale del Rinascimento in viaggio per l'Europa*, Bari, Laterza.

Conato, L. G. (2003) *Leonardo da Vinci nella valle dell'Adda: fra certezze, ipotesi, suggestioni: Lago di Como, Lecco, le Grigne, il Resegone, la Brianza, la Valsassina con Bormio, Valtellina, Valchiavenna, valli di Bergamo e Brescia: antologia del Codice Atlantico foglio 573b-r.v., già 214 r.e, 214 v.e, antica numerazione 117*. Lipomo, Cesarenani.

Croce, B. (1903) *Un canzoniere d'amore per Costanza d'Avalos duchessa di Francavilla*, Accademia Pontaniana, vol. XXXIII, Memoria n. 6, pp. 1-62.

Dal Prete, I. (2014) "Being the World Eternal …": The Age of the Earth in Renaissance Italy, *Isis*, **105 [2]**, 292-317.

de Beatis A. (2012) *D'illustri città, Messeri e Leggiadre Madonne - Il viaggio del cardinale Luigi d'Aragona in Germania, Olanda, Francia e Alta Italia 1517-1518 scritto da Antonio de Beatis* (trasposizione a cura di G.A. Bortolin e C.M. Tartari), Milano, Edizioni Terra Santa.

De Lorenzo, G. (1920) *Leonardo da Vinci e la geologia* (Pubblicazioni dell'Istituto di studi vinciani in Roma, **3**), Bologna, Zanichelli (seconda edizione, 1980, ibidem).

De Micheli, M. (1952, a cura di) *Leonardo. L'uomo e la natura*, Milano, Feltrinelli (seconda edizione, 1991[2], ibidem).

Distelberger, R. (2002) *Die Kunst des Steinschnitts. Prunkgefäße, Kameen und Commessi aus der Kunstkammer,* pp. 102-105 in W. Seipel (Herausgeber): "Ausstellung Dezember 2002 bis April 2003, Kunsthistorisches Museum Wien", Milano, Skira.

Di Teodoro, F. P. (1997) *Leonardo e le Alpi occidentali / Léonard de Vinci et les Alpes occidentales*; pp. 89-95 in V. Comoli, F. Very e V. Fasoli (a cura di / editeurs): "*Le Alpi storia e prospettiva di un territorio di frontiera / Les Alpes histoire et perspectives d'un territoire transfrontalier*", Torino, Politecnico di Torino-CELID.

Duhem, P. (1906-1913) *Études sur Léonard de Vinci. Ceux qu'il a lus; ceux qui l'ont lu* (3 séries), Paris, Hermann.

Gramatica, L. (1919, a cura di) *Le memorie su Leonardo da Vinci di don Ambrogio Mazenta, ripubblicate ed illustrate da L.G.* (Analecta Ambrosiana, **1**), Milano, Alfieri & Lacroix.

Kallab, W. (1908) Die Toskanische Landschaftsmalerei im XIV. und XV. Jahrhundert; ihre Entstehung und Entwicklung, *Jahrbuch der Kunsthistorischen Sammlungen dcs Allerhöchsten Kaiserhauses*, **21**.

Kemp, M. (1981) *Leonardo da Vinci. The marvellous works of nature and man*. London, Dent.

Koyré, A. (1953) *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique du seizième siècle*, Paris, Centre National de la Recherche Sciéntifique, Presses Universitaires de France.

Laurenza, D. (2018) *Storia del Codice Leicester dopo Leonardo. Nuove evidenze*; pp. 267-287 in P. Galluzzi (a cura di): "L'acqua microscopio della natura. Il codice Leicester di Leonardo da Vinci", Catalogo della Mostra, Gallerie degli Uffizi, Aula Magliabechiana, Firenze (30 ottobre 2018-20 gennaio 2019), Firenze, Giunti.

Lemire, L. (2013) *Ces savants qui ont eu raison trop tot. De Vinci à nos jours. Une histoire surprenante des découvertes*, Paris, Tallandier (traduzione italiana di R. Macellari: *Scienziati troppo avanti. 20 precursori in anticipo sui tempi*, Bologna, Odoya, 2014).

Ligabue, G. (1977) *Leonardo da Vinci e i fossili*. Vicenza, Neri Pozza.

Marinoni, A. (2004) *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci. Indici per materie e alfabetico* (a cura di Pietro C. Marani). Firenze, Giunti.

Mottana, A. (1993) Ricordo di Arcangelo Scacchi a cent'anni dalla morte. *Rendiconti della Accademia Italiana delle Scienze, detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*, s. 5, v. **16**, 45-74.

Mottana, A. (2005) San Francesco e la natura: Terra. *Memorie di Scienze Fisiche e Naturali. **123**. Rendiconti della Accademia Italiana delle Scienze detta dei XL,* **29 [1]**, 161-171.

Mottana, A. (2018a) Separazione chimica e titolo dell'oro nell'Europa premoderna, *La Chimica e L'Industria online*, a. II [5], 10-14.

Mottana, A. (2018b) *Leonardo e la scoperta della storia della Terra*, pp. 289-299 in P. Galluzzi (a cura di): "L'acqua microscopio della natura. Il codice Leicester di Leonardo da Vinci", Catalogo della Mostra, Gallerie degli Uffizi, Aula Magliabechiana, Firenze (30 ottobre 2018-20 gennaio 2019), Firenze, Giunti.

Müntz, E. (1899) *Léonard da Vinci: l'artiste, le penseur, le savant*, Paris, Hachette.

Pacioli, L. (1509) *Diuina proportione opera a tutti glingegni perspicaci e curiosi necessaria oue ciascun studioso di philosophia, prospectiua pictura sculptura architectura, musica, e altre mathematice, suauissima, sottile, e admirabile doctrina consequira, e delectarassi, con uarie questione de secretissima scientia. M. Antonio Capella eruditiss. recensente,* Venetiis, Paganius Paganinus characteribus elegantissimis accuratissime imprimebat.

Ravaisson-Mollien, C. (1881-1891, editeur) *Les manuscrits de Léonard de Vinci, avec transcription littérale, traduction française, préface et table méthodique. Manuscrit A, ..., M* (14 volumes), Paris, Quentin.

Recalcati, A. (1997) Le Prealpi Lombarde ritratte da Leonardo, *Achademia Leonardi Vinci*, **10**, 125-133.

Reti, L. (1952a) Le arti chimiche di Leonardo da Vinci, *La Chimica e l'Industria*, **34** [11], 655-677.

Reti, L. (1952b) Le arti chimiche di Leonardo da Vinci. II. Leonardo e l'alchimia, *La Chimica e l'Industria*, **34** [12], 721-743.

Reti, L. (1965) Parting of gold and silver with nitric acid in a page of the Codex Atlanticus of Leonardo da Vinci*, Isis*, **56**, 307-319.

Reti, L. (1974, a cura di) *Leonardo*, Milano, Mondadori (English edition, 1974: *The unknown Leonardo*, New York, McGraw-Hill).

Richter, I. A. (1952) *The Notebooks of Leonardo Da Vinci*, Oxford New York, Oxford University Press.

Richter, J. P. (1883) *The literary Works of Leonardo da Vinci*, Italian-English bilingual edition with English translation by R. C. Bell, London, Sampson Low Marston & Co. (2nd edition, 1939, Oxford, Oxford University Press; reprinted with improvements, 1970, as: *The Notebooks of Leonardo Da Vinci*, New York, Dover.

Sacco, F. (1939) Leonardo da Vinci geologo, *Urania*, n. 4, 1-16.

Scarpati, C. (1999, a cura di) *Leonardo scrittore. Le acque e i fossili*; pp. 157-184 in: "Studi di Storia dell'arte in onore di Maria Luisa Gatti Perer", Milano, Vita e Pensiero.

Schneider, M. (2001, a cura di) *Leonardo da Vinci. Delle acque*, Palermo, Sellerio.

Solmi, E. (1908) Le fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci. Contributi, *Giornale storico della letteratura italiana, Supplemento n. 10-11,* p. 344.

Solmi, E. (1912) Leonardo da Vinci e la Repubblica di Venezia (novembre 1499 – aprile 1500). *"La Voce": Scritti vinciani*, **7**, 155-188 (raccolto in volume, 1976: *Scritti*

vinciani. Le fonti dei Manoscritti di Leonardo da Vinci e altri studi, Firenze, La Nuova Italia Editrice).

Trichet du Fresne, R. (1651) *Trattato della pittura di Lionardo da Vinci, nouamente dato in luce, con la vita dell'istesso autore, scritta da Rafaelle Du Fresne. Si sono giunti i tre libri della pittura, & il trattato della statua di Leon Battista Alberti, con la vita del medesimo*», in Parigi: appresso Giacomo Langlois, stampatore ordinario del re christianissimo, al monte s. Genouefa, dirimpetto alla fontana, all'insegna della Regina di pace (Traduction française, 1651: *Traitté de la peinture de Leonard de Vinci donné au public et traduit d'italien en françois par R.F. s. d. C* **[=** Roland Freart sieur de Chambray], A Paris: de l'imprimerie de Iacques Langlois, imprimeur ordinaire du roy, au mont Saincte Geneuiefue, vis à vis la Fonteine, à la Reyne de la paix; new edition, 2012: *Trattato della pittura / Traitté de la peinture*, édité par A. Sconza, Paris, Les Belle Lettres).

Uzielli, G. (1872) *Ricerche intorno a Leonardo da Vinci*, Firenze, Pellas.

Uzielli, G. (1890) *Leonardo da Vinci e le Alpi con sette carte antiche in fac-simile*, Torino, Candeletti.

Vai, G. B. (1986) *Leonardo, la Romagna e la geologia*, vol. I pp. 30-52 in C. Marabini & W. Della Monica (a cura di): "*Romagna: vicende e protagonisti*" (2 volumi), Bologna, Edison.

Vai, G. B. (1995) *Geological priorities in Leonardo da Vinci's notebooks and paintings*, pp. 13-26 in G. Giglia, C. Maccagni & N. Morello (editors): "Proceedings of the 13th INHIGEO Symposium Pisa-Padova (Italy) 24 September - 1 October 1987)", Firenze, Festina lente.

Vai, G. B. (2003) *I viaggi di Leonardo lungo le valli romagnole: riflessi di geologia nei quadri, disegni e codici*, pp. 37-47 in C. Pedretti (a cura di): "*Leonardo | Machiavelli | Cesare Borgia 1500 Arte storia e scienza in Romagna 1503*", Roma, De Luca.

Vai, G. B. (2010) *Storia breve della Geologia in Italia*, in L.L. Cavalli Sforza (direttore) "La Cultura italiana", vol. VIII: *Scienze e tecnologie* (T. Pievani, editore), Torino, UTET, pp. 305-345.

Vasari, G. (1568) *Le vite de' piu eccellenti pittori, scultori, e architettori scritte da m. G. V. pittore et architetto aretino, di nuouo dal medesimo riuiste et ampliate con i ritratti loro et con l'aggiunta delle Vite de' viui, & de' morti dall'anno 1550. insino al 1567. Prima, e seconda [-terza] parte. Con le tauole in ciascun volume, delle cose piu notabili, de' ritratti, delle vite degli artefici, et de i luoghi doue sono l'opere loro,* Fiorenza, Giunti**.**

Vecce, C. (2007) *Leonardo* (presentazione di Carlo Pedretti), Roma, Salerno.

Vecce, C. (2017) *La biblioteca perduta. I libri di Leonardo*, Roma, Salerno.

Venturi, G. (1797) *Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci,* Paris, Duprat.

Venturelli, P. (1998) *«Diaspise, christallo et anitista». Pietre dure e vetri di Leonardo*; pp. 449-469 in F. Frosini (a cura di): "«*Tutte le opere non son per istancarmi». Raccolta di scritti per i settant'anni di Carlo Pedretti*", Roma, Edizioni Associate.

Venturelli, P. (2002) *Leonardo da Vinci e le arti preziose. Milano tra XV e XVI secolo*, Venezia, Marsilio.

APPENDICE

FRAGMENS TIRES DES MANUSCRITS DE LEONARD DE VINCI,
TRADUITS DE L'ITALIEN, AVEC DES NOTES DU TRADUCTEUR[106]

§ V.
De l'état ancien de la Terre.

Lorsque l'eau des rivières déposoit son limon sur les animaux marins qui habitoient près de la côte, ce limon s'imprima sur les animaux mêmes. Ensuite la mer s'est retirée, ce limon s'est pétrifiée tout autour et au dedans de la coquille des testacées où il avoit pénétré. On en rencontre en plusieurs endroits, et presque tous les coquillages pétrifiés dans les montagnes, ont encore leurs coquilles entières, sur-tout ceux qui avoient plus d'âge et plus de dureté.

Vous me direz que la nature et l'influence des astres ont formé ces coquilles dans les montagnes. Montrez-moi donc un lieu dans les montagnes où les astres fassent aujourd'hui de ces coquillages de différens âges, de différentes espèces dans le même endroit ? Et comment avec cela expliquerez-vous le gravier qui s'est durci par échelons à différentes hauteurs dans les montagnes ? Ce gravier a été transporté là, de divers lieux, par le courant des riviéres. Le gravier n'est formé que par des morceaux de pierre qui ont usé et perdu leurs angles par les frottements, les chocs et les chutes que ces morceaux ont soufferts dans l'eau qui les a roulés jusqu'à leur place. Et comment expliquerez-vous, par les astres, le grand nombre de différentes espèces des feuilles fixées dans les pierres sur le haut des montagnes ? Et l'Algue, herbe maritime, entremêlée de coquilles et de sable, le tout pétrifié dans la même masse avec des écrevisses de mer morcelées et mélangées parmi les mêmes coquilles) ? (F. 80).

La mer change l'équilibre de la terre. Les huitres, les coquillages qui vivent dans le limon de la mer nous attestent le changement qu'a éprouvé la terre autour du centre des élémens. Les grandes rivières charrient toujours du terrein qu'elles détachent par le frottement de leurs lits. Cette corrosion nous découvre plusieurs bancs de coquillages entassés en différentes couches ; ces coquillages ont vécu dans le même endroit lorsque l'eau de la mer le recouvroit. Ces bancs par la suite des temps ont été recouverts par d'autres couches de limon de différente hauteur ; ainsi les coquilles ont été enclavées sous le bourbier amoncelé au-dessus, jusqu'à sortir de l'eau. Aujourd'hui ces fonds mêmes sont à la hauteur des collines et des montagnes, et les rivières en rongeant, découvrent au sommet ces bancs de coquilles. Voilà donc une partie de la terre devenue plus légère, qui s'elève toujours maintenant que les parties opposées s'approchent de plus en plus du centre du monde, et ce qui étoit jadis le fond de la mer, est devenu le sommet des montagnes. (E. 4).

Quand une rivière forme des amas de limon ou de sable, et qu'ensuite elle les abandonne, l'eau qui s'écoule de ces masses nous montre la manière dont les montagnes et les vallées peuvent se former peu-à-peu dans un terrein sorti du fond de la mer, quoique ce terrein en sortant fût presque plein et uni. L'eau, qui s'écoule de ce terrein élevé sur la surface de l'océan, commence à y former des courans dans les parties basses, elle y creuse des

[106] Non ho modificato l'ortografia del testo originale, che in molti casi, pertanto, non rispecchia l'uso attuale, soprattutto nelle terminazioni verbali.

ruisseaux qui attirent d'autre écoulemens des environs. Les ruisseaux, nourris ensuite par les eaux de la pluie, prennent chaque jour un accroissement successif de largeur et de profondeur ; ils deviennent des torrens, des ravines ; ils se réunissent en rivières, et en rongeant toujours leur rives, ils transforment les entre-deux en montagnes. Les pluies ont balayé sans cesse et dépouillé ces montagnes ; il n'y est resté que le rocher entouré d'air ; le terrein du sommet et des côtes est descendu à la base, il a haussé le fond des mers qui baignoient la base même, il les a forcées à se retirer loin de-là. (F. 11. N. 124).

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 133-171

Mattoni genetici

Nota del socio Giuseppe Geraci[1]
(Adunanza del 16 novembre 2018)

Keywords: DNA composition, conserved nucleotide segments, DNA assembly

Abstract – Search for identities in the RNA and DNA encoded gene sequences so far deposited in data banks shows the presence of nucleotide strings transversally present in the genes of the different life kingdoms. The frequency and lengths of these segments is incompatible with their occurrence by chance. The compositions of genes of viruses, bacteria, plants and of all other organisms appear to be a patchwork of nucleotide segments assembled in different sequences in the different genes. This surprising finding may shed a new light on the mechanisms that produced the gene sequences actually operative in the different life kingdoms. A preliminary mechanism for genes assembly is outlined based on the stochastic joining and demolition of a nearly infinite number of short nucleotide segments, here called genetic bricks.

Riassunto – La ricerca di identità di sequenza, limitata alle regioni codificanti dei geni di genomi a RNA e a DNA finora depositati nelle banche dati, ha rivelato la presenza di brevi segmenti di identica composizione in tutti i geni di tutti i regni del vivente di lunghezze e frequenze non compatibili con una loro presenza casuale. In effetti i geni sembrano formati dalla combinazione di un numero di corti segmenti nucleotidici, senza particolari preferenze, uniti in diverse sequenze nei vari geni. Questa sorprendente scoperta può gettare nuova luce sui meccanismi che hanno portato alla formazione dei geni attualmente operativi in tutto il vivente. Qui si accenna un possibile meccanismo basato sul collegamento casuale di un numero praticamente infinito di brevi sequenze, definite mattoni genetici. Il meccanismo combinatoriale qui ipotizzato, evita l'impossibile problema della formazione diretta di lunghe sequenze funzionali e suggerisce una comune e forse contemporanea origine dei vari geni attualmente presenti in tutto il vivente.

[1] Università di Napoli Federico II e Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli

1 - INTRODUZIONE

Ho avuto occasioni di esprimere il mio convincimento che la vita, nei suoi aspetti fondamentali, è il risultato di meccanismi combinatoriali con ripetizioni (Geraci, 1984; 1992; 1996). Questo convincimento mi derivava dal constatare l'essenzialità delle soluzioni nell'attuazione dei meccanismi biologici che oggi sono alla base della vita, come si può desumere da un qualunque testo di biologia molecolare. Per meglio chiarire il concetto, cito alcuni esempi. I nucleotidi utilizzati per la codifica dei geni sono solo quattro, ma bastano, in combinazioni varie, per poter specificare con ampiezza i soli 20 amminoacidi che compongono le proteine. Le complessità molecolari si formano quando i quattro nucleotidi e i venti amminoacidi formando lunghe sequenze. Un analogo meccanismo di combinazione appare chiaro anche per livelli di complessità superiori, dalle strutture di geni di proteine fino ai complessi operativi. La sequenza globale dei geni è composta dalla combinazione di segmenti ognuno caratteristico di una particolare funzione. Nelle proteine è evidente la presenza di sequenze di amminoacidi formanti domini che nel loro insieme formano la struttura globale. E a un livello ancora più elevato, la funzione delle strutture proteiche esplicanti attività complesse, come quelle dei fattori trascrizionali o attività di polimerasi, si genera per associazione di subunità di composizioni particolari, separabili tra loro, ognuna svolgente una parte della funzione complessiva. Anche a questi livelli elevati di complessità funzionale la soluzione trovata è stata quella di combinare capacità diverse. Se ci si pone la domanda di quale sia la probabilità che si produca una particolare sequenza genica, anche quella più semplice, la risposta è praticamente zero per almeno due motivi. Il primo è la lunghezza necessaria a codificare un qualunque peptide, per quanto breve. Molti geni sono lunghi anche migliaia di nucleotidi e considerando la probabilità di formazione casuale di una sequenza anche di soli 100 nucleotidi, corrispondenti a una sequenza di un peptide di soli 33 aminoacidi, ben lontano dal numero presente in una proteina, la probabilità è di 0.25^{100} che è un numero non immaginabile, praticamente zero. Un secondo motivo è la struttura stessa del gene che aggiunge altra complessità perché la sequenza completa è in molti casi codificata in corti segmenti dispersi a volte in un mare di altre sequenze codificanti altre funzioni o semplicemente intervallanti i segmenti significativi del gene in oggetto. Anche in questi casi il gene completo si genera per collegamento di vari segmenti. Sulla base di queste considerazioni mi è sorta la curiosità di capire quale fosse l'origine genetica di un enzima di cui ho avuto occasione di interessarmi in uno degli ultimi lavori sperimentali a cui ha contribuito il mio gruppo di ricerca. L'oggetto dello studio era una patologia del ciliegio, la clorosi rugginosa, in collaborazione con l'Istituto di Patologia Vegetale della Facoltà di Agraria dell'Università di Napoli Federico II. Il risultato del lavoro di quella ricerca fu l'evidenza che la clorosi rugginosa del ciliegio era causata da un fungo patogeno ben conosciuto,

la *Tafrina wiesneri*. E fin qui nessuna novità. La sorpresa fu che quel fungo aveva però stabilito una endofitosi (una sorta di patto di coesistenza non belligerante) col suo ospite vegetale nelle cui cellule conviveva tranquillamente, come era risultato nel nostro studio che aveva dimostrato la presenza della *Tafrina* sia per identificazione del suo DNA sia per marcatura fluorescente, anche nelle gemme chiuse cerose di tutti i ciliegi sani di tutte le regioni italiane studiate (Carrieri *et al.*, 2010). Dalle analisi delle infezioni virali risultò che la *Tafrina* diventava patogena quando era a sua volta infettata da un micovirus (*Chrysovirus)*. In concreto il fungo non più patogeno perché aveva stabilito una endofitosi col ciliegio, lo diventava quando era infettato da un virus, che essendo specifico dei funghi non poteva infettare direttamente una pianta. Questo virus ha il suo genoma formato da quattro distinti RNA di varia struttura (Covelli *et al.*, 2004) di cui uno codifica per un enzima RNAdipendente-RNApolimerasi (RNAd-RNAp, detta replicasi per la sua funzione) che duplica in maniera specifica il suo genoma. Altre replicasi erano state già trovate in altri virus con genoma a RNA (ad esempio Qβ e MS2, specifici per i batteri e *Vicia cripti virus* specifico per il vegetale Fava). La curiosità era di sapere a cosa potesse somigliare un enzima di virus che era in grado di distinguere un particolare RNA e duplicarlo in mezzo a migliaia di altri presenti a concentrazioni molto maggiori. Questa curiosità ha rivelato la presenza di quelli che sembrano i residui ancora identificabili di corte sequenze di nucleotidi che, congiunte tra di loro, hanno generato le sequenze geniche che oggi sono operative in virus, batteri, animali e piante, trasversalmente tra loro. Mi è sembrato opportuno definire questi frammenti nucleotidici onnipresenti "mattoni genetici" intendendo che le sequenze di DNA effettivamente operative sono il risultato della loro combinazione e che i geni attuali abbiano assunto il loro significato allo stesso modo che le parole lo assumono dalla combinazione in sequenze diverse di un numero limitato di lettere di un alfabeto.

2 - MATERIALI E METODI

È sufficiente per eseguire questo tipo di studio un normale computer collegato in rete e la conoscenza di come si accede alle varie Banche Dati e di usare gli algoritmi forniti da siti quali quello presente all'indirizzo internet http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi che esegue confronti tra sequenze diverse. Anche il sito Expasy Molecular Biology Server, Switzerland http://us.expasy.org fornisce programmi per le analisi dei dati e importanti sono le varie banche di sequenze geniche e quella per le sequenze espresse di DNA (EST) che conserva le parti di RNA identificate nelle cellule, in pratica gli esoni dei geni.

Per presentare la parte più interessante dell'enorme massa di dati originali forniti dalle analisi in una forma idonea ad una nota cartacea, riporto qui di se-

guito, come esempi tipici, il confronto con le sequenze in banche dati della composizione del gene codificato in una doppia elica di RNA dell'enzima RNAd- RNAp del virus *Vicia cryptic virus* lungo poco meno di 2000 nucleotidi. Presento anche parte dei risultati dell'analogo confronto della sequenza del genoma del virus batterico Qβ, composto da un singolo filamento di RNA lungo poco più di quattromiladuecento nucleotidi. In questo caso presento il confronto con i geni di batteri in una tabella in cui riporto solo le identità di sequenza per segmenti di 21 e 22 nucleotidi di lunghezza, che è la massima che si ritrova. Il numero di segmenti riportati dal programma BLASTN è molto maggiore. Il numero dei segmenti simili nei vari organismi è destinato a crescere col tempo, aumentando il numero delle sequenze codificanti registrate. Presento invece in originale i confronti del genoma di Qβ con i geni di eucarioti ma li limito al primo dei 60 segmenti di nucleotidi in cui ho diviso quel genoma. Infatti, l'idea vincente che ho avuto nel fare questo studio, e che ha fatto emergere le identità nascoste, è stata quella di utilizzare il programma BLASTN suddividendo in frammenti di breve lunghezza la sequenza del gene da paragonare a quelli delle banche dati. Il confronto delle intere sequenze non genera risposte significative forse perché i segmenti in comune sono troppo brevi rispetto alla lunghezza della sequenza completa. Per questo motivo ho scelto di confrontare frammenti successivi di 36 nucleotidi per RNAd-RNAp di *Vicia crypti virus* e di 70 nucleotidi per Qβ per avere un numero paragonabile di confronti da analizzare perché le lunghezze dei due campioni sono nel rapporto 1:2. La lunghezza del segmento che rappresenta l'oggetto di confronto, detto query, può essere aumentata entro ambiti che però non rendano irrilevanti i segmenti ricercati. Segmenti di confronto più lunghi possono dare anche risposte più complete per possibile ritrovamento di segmenti che in una partizione più corta risultano a cavallo tra due query e non possono essere riconosciuti.

3 RUSULTATI E DISCUSSIONE

I risultati del confronto della sequenza genica dell'enzima RNAd–RNAp di *Vicia crypti virus* e del genoma del batteriofago Qβ con le sequenze di eucarioti depositate nelle banche dati sono riportati nei print-out di BLASTN semplificati opportunamente nelle Tabb. I e II presenti in Appendice. Nella Tab. III sono riportati solo i segmenti di 21 e 22 nucleotidi che trovano riscontro tra la sequenza di Qβ e quelle di altri batteri dato che per segmenti più corti il numero dei segmenti identici aumenta di molto (già i segmenti di 20 nucleotidi trovati identici in quella analisi nei geni di altri batteri sono 41) senza un sostanziale aumento della significatività del dato.

Nelle Tabb. IV e V sono messe in evidenza alcune delle caratteristiche particolari risultanti dai confronti eseguiti su *Vicia crypti virus* e in Tab. VI quelle di Qβ per geni di eucarioti. È evidente che sia il gene a dsRNA di RNAd-RNAp

di *Vicia crypti virus* (1950 nt in totale) sia il genoma a singolo filamento di RNA del batteriofago Qβ (4217 nt) hanno lungo le loro sequenze segmenti nucleotidici che si ritrovano identicamente in geni di batteri, piante e animali, non escluso l'uomo, di lunghezza e di frequenza tali da escludere coincidenze casuali.

Tabella III

Segmenti di 21 e 22 nucleotidi del genoma del batteriofago Qβ identicamente presenti in genomi di altri batteri

BATTERIO	SEQUENZA
PEDOBACTER heparinus	**GTACGGAATGGCATACCTGTAC**
RHODOPSEUDOMONAS palustris	**ACCTTTTTCGACGGGCCGTTC**
RHODOCOCCUS opacus B4	**ATGGTGATGGTGCCCTCGTCG**
RICKETTSIE felis	**AGGTATTAATACCGAAGCCGT**
BACILLUS cereus	**ATTGGGAAGAACGGTGACGTT**
RALSTONIA solanacearum	**GACGTGACGTTCTCGTTCACG**
CLOSTRIDIUM mylemone	**GTCCTTTCCGTATATGGGATC**
STAFFILOCOCCUS carnosus	**AAATTTGACGTTACCCTTGAT**
RHOTIA mucillaginosa	**GATTGGCGCGATTGGGACGGC**
CYANOTHECE SP	**AAAATTTCCTCAATGGGTAAC**
VIBRIO sp. Ex25	**GTTCGATTTCTCGAATTCCTT**

In pratica i geni di entità vitali anche semplici come virus di batteri e di piante, sembrano formati dalla combinazione di corti segmenti che si ritrovano anche identicamente in geni attuali di tutte le forme vitali. È interessante che le varie replicasi non hanno mostrato segmenti comuni tra loro suggerendo che siano invenzioni indipendenti.

La probabilità di una coincidenza statistica per una lunghezza di 21 elementi è di 2.3×10^{-13} (0.25^{21}), due ogni diecimilamiliardi. I dati della Tab. III riportano la presenza di diverse coincidenze di 21 nucleotidi tra il genoma di Qβ e i genomi di altri batteri. Nelle Tabb. I e II (presenti in Appendice) io considero solo segmenti di 17 nucleotidi, senza interruzioni o mutazioni, perché la probabilità di trovarne uno uguale in altra sequenza è meno di 6 ogni 100 miliardi di combinazioni (0.25^{17}). È evidente che una sequenza di 18 nucleotidi ha una probabilità di presenza inferiore, (1.5 ogni 100 miliardi) mentre una sequenza di 15 nucleotidi è aspettata una ogni miliardo di combinazioni.

Tabella IV

Segmenti di 18 e 17 nucleotidi di RNAd-RNAp di *Vicia cryptic virus* identicamente presenti in geni di altri organismi

ORGANISMO	NOME	SEQUENZA
VEGETALI	Artemisia annnua Arabidopsis thaliana Vitis vinifera Oryza sativa	**GCACTAATTATCGGAATG** **TAACATGCACTAATTATCT** **AACATGCACTAATTATC** **CTAACATGCACTAATTA**
BATTERI	Clostridium botulinum Helicobacterium modesticaldum	**TAACATGCACTAATTAT** **TTATCGGAATGAAGCAC**
ARCHEA	Desulfococcus oleovorans	**TAATTATCGGAATGAAG**
INSETTI	Pediculus humani corporis Drosophila melamogaster Manduca sexta Gliossina morsicans	**ATTATCGGAATGAAGCA** **TTATCGGAATGAAGCAC** **CACTAATTATCGGAATGA** **AATTATCGGAATGAAGC**
VERMI	Schistosoma mansonii	**TAACATGCACTAATTAT**
PESCI	Danio rerrio Megalobrauma amblycephala	**CTAACATGCACTAATTAT** **ACATGCACTAATTATCG**
MAMMIFERI	Mus musculus Homo sapiens	**ACCTAACATGCACTAAT** **TAATTATCGGAATGAAG**

Tabella V

Alcuni segmenti di 18 o 17 nucleotidi di RNAd-RNAp di *vicia cryptic virus* presenti in geni di più organismi

SEQUENZA	ORGANISMO
TAACATGCACTAATTAT	Vegetale – Arabidopsis t. Verme – Schistosoma m. Batterio – Clostridium b.
TTATCGGAATGAAGCAC	Batterio – Helicobacterium m. Insetto – Drosophila m.
CTAACATGCACTAATTAT	Pesce – Danio r. Vegetale – Oryza s.
TAATTATCGGAATGAAG	Archea – Desulfococcus o. Mammifero – Homo s.

Tabella VI

Alcuni segmenti di 18 e 17 nucleotidi del batteriofago Qβ presenti nelle sequenze di geni di eucarioti

ORGANISMO	NOME	SEQUENZA
VEGETALI	Oryza sativa	**TCTATGTAGTAGCAACCA**
	Arabidopsis thaliana	**GTAGTAGCAACCATTACT**
	Arabidopsis lyrata	**TGGATCTTTCTTTGATT**
ALGA VERDE	Chlamydomonas reinhardtii	**CTTCGTTTCGGACCGAA**
FUNGHI	Yarrowia lipolytica	**AACCATTACTGGAGGCAACA**
	Aspergillus terreus	**GGCAACATGCCACGTTT**
	Schizosaccharomyces japonicas	**TTCGGACCGAATATGGAG**
	Schizosaccharomyces pombe	**GCACGAATAATATCGTC**
	Tuber melanosporum	**GAACTCTGGTATCCAGA**
	Penicillium chrysogenum	**CATCGGTGGATCTTTCT**
	Botryotinia fuckeliana	**GGATCTTTCTTTGATTC**
MAMMIFERI	Rattus norvegicus	**TGTAGTAGCAACCATTA**
	Mus musculus	**TGTAGTAGCAACCATTA**
	Cavia porcellus	**CCTCACTGTGCTACAG**
Orango	Pongo abelii	**GACTTCCAGGAACTCTG**
	Pongo abelii	**ATCGATTCCGATGTGAA**
	Pongo abelii*	**TACAGTACCTATAGCCA**
	Homo sapiens	**GACTTCCAGGAACTCTG**
	Homo sapiens	**ATACCTTCAGAGGTAGC**
	Homo sapiens	**TGCTACAGTACCTATA**
	Bos Taurus	**GACTTCCAGGAACTCTG**
Scimpanze	Pan troglodytes	**GACTTCCAGGAACTCTG**
	Pan troglodytes	**ATCGATTCCGATGTGAA**
Cercopiteco	Macaca mulatta	**ATACCTTCAGAGGTAGC**
	Macaca mulatta	**ATCGATTCCGATGTGAA**
Uisti (cebidi)	Callithrix jacchus	**GACTTCCAGGAACTCTG**
	Callithrix jacchus	**ATACCTTCAGAGGTAGC**
	Callithrix jacchus	**ATCGATTCCGATGTGA**
PESCI	Danio rerio	**TACTCTATGTAGTAGCA**
VERMI	Brugia malayi	**CATTACTGGAGGCAACA**
TUNICATI	Ciona intestinalis	**CTTCGTTTCGGACCGAAT**
INSETTI	Drosophila sechellia	**CAGGAACTCTGGTATCC**
	Drosophila ananassae	**ATTCCGATGTGAAATAC**
PLASMODI	Plasmodium knowlesi	**AGTAGCAACCATTACTG**
PROTOZOI	Leishmania major	**CACTTCGTTTCGGACCG**
	Cryptosporidium muris	**AAATACCCTTTGTATAC**
	Theileria parva	**TCTATGTAGTAGCAACC**

In ogni modo una sequenza uguale ad un'altra può comunque essere trovata una sola volta. Ma i risultati delle analisi rivelano un numero molto elevato di segmenti di uguale composizione nei vari geni e diversi di questi segmenti sono presenti con la stessa composizione nei geni di organismi molto diversi tra loro sulla scala evolutiva come ad esempio batterio e uomo (Tab. V). È chiaro che quando si confrontano segmenti più brevi le coincidenze aumentano notevolmente.

Per una verifica della bontà della predizione di probabilità statistica, si può usare la sequenza dei decimali di π che sono considerati accettabilmente aleatori. Ad esempio, la sequenza 0123456789, che ha una probabilità statistica di ritrovarsi di circa uno ogni dieci miliardi di cifre, si trova in effetti a circa 17.39 miliardi di cifre. Analoghi risultati si ottengono ricercando la presenza di altre stringhe come è facilmente possibile usando in rete il sito pi greco searcher. Ed è da notare che la ricerca di identità per il genoma di Qβ è stata eseguita su poco più di 2 milioni di sequenze corrispondenti a poco più di 3.5 miliardi di caratteri (Tab. II). E si osservano anche segmenti identici di 18 nucleotidi di lunghezza. Se si considera poi la possibilità di gap (interruzioni) e di mutazioni puntiformi, come è previsto nel programma BLASTN, il numero di identità cresce enormemente come appare chiaro nei print-out delle Tabb. I e II. Il genoma di Qβ è due volte più lungo del gene della RNA replicasi e mostra un maggior numero di coincidenze nei geni di altri organismi suggerendo che il numero di segmenti uguali dipenda dalla lunghezza del gene analizzato.

Tabella VII

Casualità di distribuzione dei segmenti di identità
Gene a RNA singolo filamento (Qβ), doppio filamento (*Vicia cryptic virus*) e a DNA (*E. coli* RNA pol.β2)

	Vicia virus **L1=1950nt**		**Gene Qβ** **L2=4231 nt**		***E. coli* RNApolβ2** **L3=4085 nt**	
Segmento (nt)	**Hits (nr)**	**Hits/L1 x100**	**Hits (nr)**	**Hits/L2 x100**	**Hits (nr)**	**Hits/L3 x100**
15	746	38.2	1582	37.4	1436	35.2
16	606	31.0	1388	32.3	1157	28.3
17	510	26.1	1155	27.3	943	23.1
18	181	9.3	312	7.4	385	9.4
19	37	1.9	65	1.5	112	2.7
20	10	0.5	48	1.1	40	0.9
21	3	0.1	2	0.5	15	0.4

Questa osservazione trova conferma quando si paragonano i numeri totali di siti di analoga composizione forniti dal programma BLASTN normalizzati per la lunghezza del gene analizzato. I dati, riportati in Tab. VII chiaramente mostrano che non appare alcuna preferenza visto che il numero di siti ritrovati per lunghezze di identità da 15 a 21 nucleotidi, opportunamente normalizzati per la lunghezza del gene (colonne (Hits/lunghezza) x100), sono simili per i tre geni che sono stati analizzati nella stessa giornata confrontando geni delle stesse banche dati per evitare differenze che si sarebbero potute generare per la continua e diversa deposizione di sequenze nelle varie banche dati.

Risulta chiaro che la frequenza delle corrispondenze è praticamente la stessa per tutti e tre i geni e per tutte le lunghezze dei segmenti dopo normalizzazione sia per il gene a singolo filamento di RNA, sia a doppio filamento di RNA sia a DNA.

Per l'enorme numero di risposte il print-out dell'analisi di Qβ è stato limitato in Tab. II ai risultati dei confronti del primo query di 70 nucleotidi. E di query per analizzare tutto il genoma ce ne sono altri 59! Risultati simili si hanno confrontando geni di vari organismi, compreso geni umani che mostrano corrispondenze con numerosi geni da quelli di virus, a quelli di piante e di altri mammiferi.

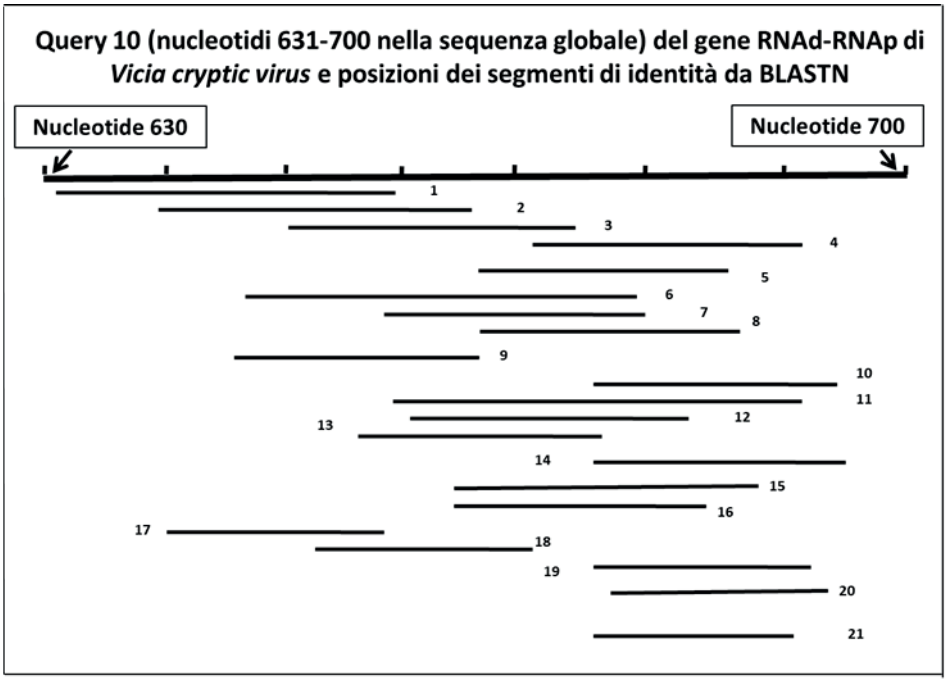


Fig. 1 – Le corrispondenze dei segmenti al di sotto del query 10 con i geni di vari organismi sono riportate nella Tabella VIII. La posizione dei segmenti è definita nell'ambito del query analizzato numerato da 1 a 70.

4 - COME SI DISPONGONO I SEGMENTI DI IDENTITÀ

Nel grafico della Fig. 1, dove sono riportati alcuni dei segmenti di identità del query numero 10 di 70 nucleotidi del gene RNAd-RNAp di *Vicia cryptic vurus,* si può notare che uno stesso segmento del gene trova corrispondenza in più geni di organismi eucarioti fino ai mammiferi, indicando che lo stesso segmento, nucleotide più o nucleotide meno, è entrato a far parte di altri geni di organismi molto lontani tra loro dal punto di vista evolutivo, strutturale e di complessità genetica.

In Figura 1 molti dei segmenti di identità con geni di altri organismi, riportati al di sotto del query, sono sovrapposti, in tutto o in parte, indicando una non definizione delle loro lunghezze e più di un segmento trova corrispondenza in più di un gene di uno stesso altro organismo. Ad esempio vi sono tre segmenti corrispondenti a geni di *Mus musculus:* 9-29, (17) corrispondente a DEAD, (Asp-Glu-Ala-Asp) box polipeptide 5;46-63, (20) corrispondente al peptide 1 attivante il recettore di adenilato ciclasi: 32-59 (15) corrispondente a N-acetiltrasferasi. Uno stesso segmento appare comune a più di un organismo, come ad esempio il 44-61 (21) che corrisponde ad una proteina di *Aedes aegypti* (zanzara tigre) e il 46-63 a una di *Mus musculus* come su già riportato. Un così grande numero di identità potrebbe trovare spiegazione ammettendo una sostanziale contemporaneità di formazione dei geni finora riportai nelle banche dati. È da considerare che i dati di Fig. 1 sono solo quelli relativi al segmento di 70 nucleotidi numero 10 e risultati simili sono trovati per gli altri 28 segmenti in cui ho diviso il gene RNAd-RNAp del virus di vegetali *Vicia cryptic virus*. **Risulta evidente che TUTTA la sequenza di quel gene trova riscontri non casuali con un grande numero di geni di altri organismi**. Ed è da considerare che i dati di Fig. 1 sono limitati a quelli del confronto con geni di eucarioti e quindi non sono presenti i dati del confronto con geni di procarioti, batteri, archea e virus che sono ancora più numerosi. Difficili da riportare in una tabella stampata.

4 - ALCUNE CONSIDERAZIONI

È sorprendente che i geni di tutte le strutture viventi, di ogni complessità, mostrino ancora un numero così elevato di segmenti di identica composizione. Il programma BLASTN riporta come segmenti probabilmente simili anche quelli con gap e mutazioni puntiformi presenti in sequenze nucleotidiche più lunghe perché considera possibile la loro introduzione per il tempo presumibilmente passato dalla loro formazione. Questo tempo è in genere valutato in miliardi di anni. Eppure le analisi mostrano un numero elevato di identiche sequenze la cui probabilità di presenza casuale collettiva è molto esigua. I vari geni, di ogni tipo di essere vitale, sia a RNA sia a DNA, sembrano il risultato di un patchwork di un numero abbastanza limitato di segmenti che hanno resistito alla pressione modificatrice dell'ambiente per tempi incommensurabili, apparentemente poco in linea con le velocità di mutazione calcolate sui vari geni.

Tabella VIII

Elenco degli organismi a cui appartengono i segmenti di Fig 1 riportati al di sotto del query 10 del gene RNAd-RNAp di *Vicia cryptic virus*

Nr. del segmento	**ORGANISMO (nome scientifico)**	**Nucleotidi sul query**	**Specie (nome comune)**
1	Coccidioides immiti	2-30	Fungo patogeno
2	Thalassiosira pseudo nana	8-37	Diatomea: fitoplankton
3	Plasmodium knowlesi strain H	20-44	Protozoo: malaria
4	Schizosaccharomyces pombe	41-61	Lievito
5	Caenorhabditis elegans	34-57	Verme: nematode
6	Tribolium castanei	17-49	Insetto: coleottero
7	Macaca mulatta	28-50	Primate: rhesus
8	Uncinocarpus reesii	38-57	Fungo patogeno
9	Sorghum bicolor	15-37	Erba: saggina
10	Moniliophtora perniciosa	45-65	Fungo di piante
11	Tetrahymena thermophila	28-60	Protozoo ciliato
12	Plasmodium falciparum	29-52	Protozoo: malaria
13	Canis familiaris	43-70	Mammifero: cane
14	Xenopus laevis	49-66	Anfibio: rana africana
15	Mus musculus	32.59	Roditore: topo
16	Drosophila melanogaster	32-54	Moscerino della frutta
17	Mus musculus	9-29	Roditore: topo
18	Culex quinquefasciatus	21-41	Zanzara comune
19	Entamoeba histolytica	45-62	Protozoo parassita
20	Mus musculus	46-63	Roditore: topo
21	Aedes aegypti	44-61	Zanzara tigre

È interessante che le sequenze comuni ritrovate nei vari geni a volte sono sovrapponibili o quasi, indicando una situazione in cui non vi erano segmenti nucleotidici di particolari lunghezze ma solo una miscela con lunghezze e com-

posizioni diverse che avrebbero contribuito alla formazione delle sequenze più lunghe che a loro volta avrebbero contribuito a formare strutture vitali molto diverse tra loro. Molto c'è da analizzare su questi segmenti conservati, sulla loro distribuzione nei vari phyla e sui meccanismi energetici che li hanno permessi. Una differenza va notata nei risultati dei confronti dei geni virali analizzati, *Vicia cryptic virus* e genoma di Qβ, con i geni di eucarioti e di procarioti. Le stringhe di nucleotidi identici nel primo caso sono al massimo di 18 elementi, raramente qualcuna è più lunga. Nel confronto con i geni di procarioti invece, segmentie di 20 nucleotidi identici sono abbastanza frequenti e, come riportato nella tabella III, si trovano anche segmenti di 21 e 22 nucleotidi. Allo stato attuale la frequenza e il numero di ritrovamenti di segmenti nucleotidici uguali nei vari organismi, come appare anche ad esempio dalla Tabella IV, non possono essere presi come valori utili per studi approfonditi perché le sequenze geniche nelle banche dati non sono di numero paragonabile per batteri, piante, insetti e altro. Per il momento sono più numerose le sequenze di organismi per cui vi è un interesse economico o sanitario. Infatti abbondano le sequenze di parassiti e patogeni (Tabelle IV e VIII). L'apparente casualità delle sequenze ritrovate identiche nelle varie specie suggerisce che le sequenze codificanti si siano generate da collegamenti di elementi che, come le lettere dell'alfabeto in varie combinazioni tra loro possono formare parole, così le combinazioni dei corti segmenti nucleotidici possono aver formato sequenze di cui alcune, di particolare composizione, ingaggiate in particolari reazioni, hanno resistito alla demolizione entropica aumentando di complessità contribuendo alla formazione dei geni come si osservano oggi. Come opinione personale mi sembra rispondente ai dati su riportati l'ipotesi che le combinazioni iniziali siano state di nucleotidi generanti frammenti di RNA dato che la formazione dei deossi-nucleotidi caratteristici del DNA richiede uno stato particolare di attivazione, un enzima particolare e un substrato particolare per rimuovere il gruppo -OH dal ribosio e in più, per introdurre il metile sull'uridina e trasformarla in timidina, è richiesta, come è oggi conosciuto, l'attività di parecchi componenti, coenzimi ed enzimi, con strutture molto complesse, difficilmente ipotizzabili in un a miscela primitiva.

5 - RINGRAZIAMENTI

È un piacere ringraziare la Professoressa Maria Luisa Chiusano del Dipartimento di Agraria dell'Università di Napoli Federico II per l'aiuto fornito nell'interrogazione di banche dati e nella valutazione dei risultati.

6 - BIBLIOGRAFIA

Carrieri R., D'Elia L, Geraci G., Alioto D., Ragozzino A., del Gaudio R. (2010) Molecular evidence of Taphina wiesneri in leaves and buds of healthy sweet cherry: a possible endophytism? *J. of Plant Pathology* **92**, 327-333.

Covelli L., Coutts R. H. A., Di Serio F., Citir A., Açikgöz S., Hernández C., Ragozzino A., Flores R. (2004) Cherry chlorotic rusty spot and Amasya cherry diseases are associated with a complex pattern of mycoviral-like double-stranded RNAs. I. Characterization of a new species in the genus Chrysovirus. *J. Gen. Virol*. **85**, 3389-3397.

Geraci G. (1984), in Il Darwinismo nel pensiero scientifico contemporaneo, Guida Ed., Napoli, pp. 306-308.

Geraci G., (1992) Chemical aspects of evolution, in B. Pullman (Ed.), The Emergence of Complexity in Mathematics, Physics, Chemistry and Biology, Pontificia Academia Scientiarum, Vatican City, pp. 307-316.

Geraci G., (1996) A molecular mechanism for the evolution of eukaryotes, in J. Tojo Suárez (Ed.), Proc. 1st International Conference on Philosophy of Science, University of Vigo Press, pp. 59-73.

APPENDICE

Tabella I

Print out dei confronti con geni di eucarioti del gene di *vicia cryptic virus* RNA-dRNAp limitato al primo segmento di 36 nicleotidi (query 1)

```
BLASTN 2.2.23+
Reference: Stephen F. Altschul, Thomas L. Madden,
Alejandro A. Schaffer, Jinghui Zhang, Zheng Zhang, Webb
Miller, and David J. Lipman (1997), "Gapped BLAST and
PSI-BLAST: a new generation of protein database search
programs", Nucleic Acids Res. 25:3389-3402.

RID: 2RC7S0R801N

Database: NCBI Transcript Reference Sequences
237,678 sequences; 3,550,463,357 total letters
Query=  1
Length=36
Score     E
Sequences producing significant alignments: (Bits)  Val-
ue
ref|XR_026945.1|  PREDICTED: Gallus gallus similar to
CRB1 iso...  37.4    0.18
ref|XM_001897043.1|  Brugia malayi MutS domain III fami-
ly prot...  33.7    2.2
ref|XM_001762248.1|  Physcomitrella patens subsp. patens
ATP-b...  33.7    2.2
ref|XM_001384846.1|  Pichia stipitis CBS 6054 hypothet-
ical pro...  33.7    2.2
ref|XM_747787.1|  Aspergillus fumigatus Af293 conserved
hypoth...  33.7    2.2
ref|XM_002814595.1|  PREDICTED: Pongo abelii cytokine-
dependen...  31.9    7.6
ref|XM_002731226.1|  PREDICTED: Saccoglossus kowalevskii
phosp...  31.9    7.6
ref|XM_002680553.1|  Naegleria gruberi predicted pro-
tein, mRNA     31.9    7.6
ref|XM_002332945.1|  Populus trichocarpa predicted pro-
tein, mRNA   31.9    7.6
ref|XM_002154948.1|  PREDICTED: Hydra magnipapillata
similar t...  31.9    7.6
ref|XM_002165359.1|  PREDICTED: Hydra magnipapillata
similar t...  31.9    7.6
```

```
ref|XM_001356791.2|  Drosophila pseudoobscura pseudoob-
scura GA...  31.9    7.6
ref|XM_002138716.1|  Drosophila pseudoobscura pseudoob-
scura GA...  31.9    7.6
ref|XM_002122852.1|  PREDICTED: Ciona intestinalis simi-
lar to ...  31.9    7.6
ref|XM_002017753.1|  Drosophila persimilis GL17118
(Dper\GL171...  31.9    7.6
ref|XM_002015156.1|  Drosophila persimilis GL19573
(Dper\GL195...  31.9    7.6
ref|XM_001491224.2|  PREDICTED: Equus caballus similar
to tran...  31.9    7.6
ref|XM_001785834.1|  Physcomitrella patens subsp. patens
ATP-b...  31.9    7.6
ref|XM_001636493.1|  Nematostella vectensis predicted
protein ...  31.9    7.6
ref|XM_001025543.1|  Tetrahymena thermophila hypothet-
ical prot...  31.9    7.6
ref|XM_001015911.1|  Tetrahymena thermophila hypothet-
ical prot...  31.9    7.6
ref|XM_001186556.1|  PREDICTED: Strongylocentrotus pur-
puratus ...  31.9    7.6
ref|XM_001177959.1|  PREDICTED: Strongylocentrotus pur-
puratus ...  31.9    7.6
ref|NM_131264.1|  Danio rerio aryl hydrocarbon receptor
2 (ahr...  31.9    7.6

ALIGNMENTS
>ref|XR_026945.1| PREDICTED: Gallus gallus similar to
CRB1 isoform II (LOC424352),
mRNA
Length=4251

 Score = 37.4 bits (40),  Expect = 0.18
 Identities = 20/20 (100%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  7     AAGAGTAACAGCTCTTGCCA  26
             ||||||||||||||||||||
Sbjct  1776  AAGAGTAACAGCTCTTGCCA  1757

>ref|XM_001897043.1| Brugia malayi MutS domain III fami-
ly protein partial mRNA
Length=2463
```

```
 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 2.2
 Identities = 23/26 (88%), Gaps = 0/26 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  11    GTAACAGCTCTTGCCACGCTTTTCGC  36
             ||||||||||||   ||||||||||
Sbjct  1186  GTAACAGCTCTTCATACGCTTTTCGC  1161

>ref|XM_001762248.1| Physcomitrella patens subsp. patens
ATP-binding cassette transporter,
subfamily D, member 1, group PMP protein PpABCD1 (ppa-
bcd1)
mRNA, complete cds
Length=1740

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 2.2
 Identities = 20/21 (95%), Gaps = 0/21 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  4     CAAAAGAGTAACAGCTCTTGC  24
             ||||||||||||||| |||||
Sbjct  1017  CAAAAGAGTAACAGCGCTTGC  1037

>ref|XM_001384846.1| Pichia stipitis CBS 6054 hypothet-
ical protein partial mRNA
Length=867

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 2.2
 Identities = 22/23 (95%), Gaps = 1/23 (4%)
 Strand=Plus/Minus

Query  3    TCAAAAGAGTAACAGCTCTTGCC  25
             ||||||||||||||| |||||||
Sbjct  731  TCAAAAGAGTAACAG-TCTTGCC  710

>ref|XM_747787.1| Aspergillus fumigatus Af293 conserved
hypothetical protein (AFUA_1G15110),
partial mRNA
Length=5142

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 2.2
 Identities = 20/21 (95%), Gaps = 0/21 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  12    TAACAGCTCTTGCCACGCTTT  32
```

```
            |||||||| ||||||||||
Sbjct  2697  TAACAGCTCCTGCCACGCTTT  2677

>ref|XM_002814595.1| PREDICTED: Pongo abelii cytokine-
dependent hematopoietic cell
linker (CLNK), mRNA
Length=1382

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  6    AAAGAGTAACAGCTCTTGCCAC  27
            |||||||| |||| ||||||||
Sbjct  606  AAAGAGTACCAGCCCTTGCCAC  627

>ref|XM_002731226.1| PREDICTED: Saccoglossus kowalevskii
phosphodiesterase 10A-like
(LOC100377907), mRNA
Length=5013

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 28/34 (82%), Gaps = 1/34 (2%)
 Strand=Plus/Minus

Query  1     GATCAAAAGAGTAACAGCTCTTGCCACGCTTTTC  34
              || |||||||| |||||||  || ||||||| ||
Sbjct  4056  GACCAAAAGAG-AACAGCTGATGGCACGCTTATC  4024

>ref|XM_002680553.1| Naegleria gruberi predicted pro-
tein, mRNA
Length=621

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  3    TCAAAAGAGTAACAGCTCTT  22
            |||||||||| ||||||||
Sbjct  489  TCAAAAGAGTATCAGCTCTT  508

>ref|XM_002332945.1| Populus trichocarpa predicted pro-
tein, mRNA
Length=1740
```

```
 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  2     ATCAAAAGAGTAACAGCTCTTG  23
             |||| |||||||||||||| ||
Sbjct  1694  ATCAGAAGAGTAACAGCTCCTG  1673

>ref|XM_002154948.1| PREDICTED: Hydra magnipapillata
similar to chaperonin containing
TCP1, subunit 5 (epsilon) (LOC100203824), partial mRNA
Length=1386

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  2     ATCAAAAGAGTAACAGCTCTTG  23
             || |||| ||||||||||||||
Sbjct  1229  ATAAAAATAGTAACAGCTCTTG  1208

>ref|XM_002165359.1| PREDICTED: Hydra magnipapillata
similar to T-complex protein
1 subunit epsilon (LOC100198918), partial mRNA
Length=861

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  2    ATCAAAAGAGTAACAGCTCTTG  23
             || |||| ||||||||||||||
Sbjct  704  ATAAAAATAGTAACAGCTCTTG  683

>ref|XM_001356791.2| Drosophila pseudoobscura pseudoob-
scura GA14420 (Dpse\GA14420),
mRNA
Length=1506

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  20   CTTGCCACGCTTTTCGC  36
             |||||||||||||||||
```

```
Sbjct  504  CTTGCCACGCTTTTCGC  488

>ref|XM_002138716.1| Drosophila pseudoobscura pseudoob-
scura GA24975 (Dpse\GA24975),
mRNA
Length=1401

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 25/29 (86%), Gaps = 1/29 (3%)
 Strand=Plus/Minus

Query  5     AAAAGA-GTAACAGCTCTTGCCACGCTTT  32
             |||||| ||||||| || ||||| |||||
Sbjct  1225  AAAAGATGTAACAGTTCATGCCATGCTTT  1197


>ref|XM_002122852.1| PREDICTED: Ciona intestinalis simi-
lar to protein tyrosine phosphatase,
receptor type, B (LOC100184833), mRNA
Length=7818

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 22/25 (88%), Gaps = 0/25 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  11    GTAACAGCTCTTGCCACGCTTTTCG  35
             ||||| | |||||||||| ||||||
Sbjct  6027  GTAACGGTTCTTGCCACGATTTTCG  6003

>ref|XM_002017753.1| Drosophila persimilis GL17118
(Dper\GL17118), mRNA
Length=1107

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 25/29 (86%), Gaps = 1/29 (3%)
 Strand=Plus/Minus

Query  5    AAAAGA-GTAACAGCTCTTGCCACGCTTT  32
            |||||| ||||||| || ||||| |||||
Sbjct  931  AAAAGATGTAACAGTTCATGCCATGCTTT  903

>ref|XM_002015156.1| Drosophila persimilis GL19573
(Dper\GL19573), mRNA
Length=1506
```

```
 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  20   CTTGCCACGCTTTTCGC  36
            |||||||||||||||||
Sbjct  504  CTTGCCACGCTTTTCGC  488

>ref|XM_001491224.2| PREDICTED: Equus caballus similar
to transmembrane 4 superfamily
member 1 (LOC100050742), mRNA
Length=1254

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  14   ACAGCTCTTGCCACGCTTTTCG  35
            ||| |||||||||| |||||||
Sbjct  422  ACATCTCTTGCCACACTTTTCG  401

>ref|XM_001785834.1| Physcomitrella patens subsp. patens
ATP-binding cassette transporter,
subfamily C, member 12, group MRP protein PpABCC12
(ppabcc12) mRNA, complete cds
Length=4194

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  14    ACAGCTCTTGCCACGCT  30
             |||||||||||||||||
Sbjct  1420  ACAGCTCTTGCCACGCT  1436

>ref|XM_001636493.1| Nematostella vectensis predicted
protein (NEMVEDRAFT_v1g241000)
partial mRNA
Length=2509

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  14    ACAGCTCTTGCCACGCTTTT  33
```

```
            |||||||||||| ||||||
Sbjct  1259  ACAGCTCTTGCCATGCTTTT  1278

>ref|XM_001025543.1| Tetrahymena thermophila hypothet-
ical protein, mRNA
Length=2076

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  1    GATCAAAAGAGTAACAGCTCTT  22
            ||| ||||| ||||||||||||
Sbjct  580  GATAAAAAGGGTAACAGCTCTT  601


>ref|XM_001015911.1| Tetrahymena thermophila hypothet-
ical protein, mRNA
Length=2784

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  1     GATCAAAAGAGTAACAGCTC  20
              |||||||||||||| |||||
Sbjct  1903  GATCAAAAGAGTAAAAGCTC  1922

>ref|XM_001186556.1| PREDICTED: Strongylocentrotus pur-
puratus similar to G protein-coupled
receptor 1; GPR1 protein (LOC754657), partial mRNA
Length=736

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 25/29 (86%), Gaps = 1/29 (3%)
 Strand=Plus/Plus

Query  7    AAGAG-TAACAGCTCTTGCCACGCTTTTC  34
            ||||| | ||||||||| || ||||||||
Sbjct  323  AAGAGGTTACAGCTCTTACCTCGCTTTTC  351

>ref|XM_001177959.1| PREDICTED: Strongylocentrotus pur-
puratus similar to G protein-coupled
receptor 1; GPR1 protein (LOC757576), partial mRNA
Length=736
```

```
 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 25/29 (86%), Gaps = 1/29 (3%)
 Strand=Plus/Plus

Query  7    AAGAG-TAACAGCTCTTGCCACGCTTTTC  34
            ||||| | ||||||||| || ||||||||
Sbjct  323  AAGAGGTTACAGCTCTTACCTCGCTTTTC  351

>ref|NM_131264.1| Danio rerio aryl hydrocarbon receptor
2 (ahr2), mRNA
 gb|AF063446.1|AF063446 Danio rerio aryl hydrocarbon re-
ceptor (AHR2) mRNA, complete cds
Length=7126

 Score = 31.9 bits (34),  Expect = 7.6
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  17    GCTCTTGCCACGCTTTT  33
             |||||||||||||||||
Sbjct  4146  GCTCTTGCCACGCTTTT  4162

Query=  2
```

Tabella II

Print-out dei segmenti di altri organismi (esclusi batteri) presenti nei primi 70 nucleotidi del genoma di Qβ

NCBI Reference Sequence: NC_001890.1

>gi|9630317|ref|NC_001890.1| Enterobacteria phage Qbeta, complete genome
Analisi con finestra 70

```
BLASTN 2.2.24+
Reference: Stephen F. Altschul, Thomas L. Madden,
Alejandro
A. Schaffer, Jinghui Zhang, Zheng Zhang, Webb Miller,
and
David J. Lipman (1997), "Gapped BLAST and PSI-BLAST: a
new
generation of protein database search programs", Nucleic
Acids Res. 25:3389-3402. RID: 4H013EMS014

Database: NCBI Transcript Reference Sequences
2,239,296 sequences; 3,551,704,773 total letters
Query=  seq1
Length=70
Score     E
Sequences producing significant alignments: (Bits) Value

ref|NM_001048393.2|  Oryza sativa Japonica Group
Os01g0118100 ...  33.7    9.9
ref|XM_002776457.1|  Perkinsus marinus ATCC 50983 con-
served hy...  33.7    9.9
ref|XM_002765397.1|  Perkinsus marinus ATCC 50983 con-
served hy...  33.7    9.9
ref|XM_002598834.1|  Branchiostoma floridae hypothetical
prote...  33.7    9.9
ref|XM_002390324.1|  Moniliophthora perniciosa FA553 hy-
potheti...  33.7    9.9
ref|XM_502702.2|  Yarrowia lipolytica YALI0D11506p
(YALI0D1150...  33.7    9.9
ref|XM_002114289.1|  Trichoplax adhaerens hypothetical
protein...  33.7    9.9
ref|XM_002014223.1|  Drosophila persimilis GL19105
(Dper\GL191...  33.7    9.9
ref|NM_101039.3|  Arabidopsis thaliana MATE efflux fami-
ly prot...  33.7    9.9
```

```
ref|XM_001242965.1|  Coccidioides immitis RS hypothet-
ical prot...  33.7    9.9
ref|XM_423520.2|  PREDICTED: Gallus gallus hypothetical
LOC425...  33.7    9.9
ref|NM_001073908.1|  Oryza sativa Japonica Group
Os12g0638100 ...  33.7    9.9
ref|NM_001036975.1|  Arabidopsis thaliana unknown pro-
tein (AT5...  33.7    9.9
ref|NM_124483.2|  Arabidopsis thaliana unknown protein
(AT5G51...  33.7    9.9
ref|NM_001190851.1|  Macaca mulatta cripto, FRL-1, cryp-
tic fam...  31.9       35
ref|XM_002881861.1|  Arabidopsis lyrata subsp. lyrata
RabGAP/T...  31.9       35
ref|XM_002875555.1|  Arabidopsis lyrata subsp. lyrata
hypothet...  31.9       35
ref|XM_244261.5|  PREDICTED: Rattus norvegicus similar
to RIKE...  31.9       35
ref|XM_001056555.2|  PREDICTED: Rattus norvegicus simi-
lar to R...  31.9       35
ref|XM_692182.3|  PREDICTED: Danio rerio si:ch211-
266i6.3 (si:...  31.9       35
ref|XM_002740086.1|  PREDICTED: Saccoglossus kowalevskii
insul...  31.9       35
ref|XM_002493875.1|  Pichia pastoris GS115 Member of the
Sec24...  31.9       35
ref|XM_002446375.1|  Sorghum bicolor hypothetical pro-
tein, mRNA    31.9       35
ref|XM_002413779.1|  Ixodes scapularis conserved hypo-
thetical ...  31.9       35
ref|XM_002291925.1|  Thalassiosira pseudonana CCMP1335
predict...  31.9       35
ref|XM_002258074.1|  Plasmodium knowlesi strain H ATP-
dependen...  31.9       35
ref|XM_002125698.1|  PREDICTED: Ciona intestinalis simi-
lar to ...  31.9       35
ref|XM_001967109.1|  Drosophila ananassae furrowed (Da-
na\fw), ...  31.9       35
ref|NM_001125045.1|  Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator...  31.9       35
ref|NM_001125044.1|  Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator...  31.9       35
ref|NM_001125043.1|  Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator...  31.9       35
```

```
ref|NM_001125042.1|  Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator...  31.9       35
ref|NM_129910.3|  Arabidopsis thaliana RAB GTPase acti-
vator (A...  31.9       35
ref|XM_001898714.1|  Brugia malayi Thrombospondin N-
terminal -...  31.9       35
ref|XM_001869853.1|  Culex quinquefasciatus alpha-
amylase, mRNA    31.9       35
ref|XM_001847479.1|  Culex quinquefasciatus oligo-1,6-
glucosid...  31.9       35
ref|XM_001608212.1|  PREDICTED: Nasonia vitripennis sim-
ilar to...  31.9       35
ref|XM_001545304.1|  Botryotinia fuckeliana B05.10 hypo-
thetica...  31.9       35
ref|NM_028887.3|  Mus musculus SMC hinge domain contain-
ing 1 (...  31.9       35
ref|NM_010921.3|  Mus musculus NK-3 transcription fac-
tor, locu...  31.9       35
ref|NM_124670.2|  Arabidopsis thaliana PKP-BETA1 (PLAS-
TIDIC PY...  31.9       35
ref|NM_001102725.1|  Xenopus (Silurana) tropicalis
transmembra...  31.9       35
ref|XM_001208451.1|  Aspergillus terreus NIH2624 pre-
dicted pro...  31.9       35
ref|NM_001096993.1|  Xenopus laevis cardiolipin synthase
1 (cr...  31.9       35
ref|XM_656992.1|  Aspergillus nidulans FGSC A4 hypothet-
ical pr...  31.9       35
ref|XM_759204.1|  Theileria parva strain Muguga chromo-
some 4 h...  31.9       35
ref|NM_001022938.1|  Schizosaccharomyces pombe xap-5-
like prot...  31.9       35
ref|XM_449793.1|  Candida glabrata CBS138 hypothetical
protein...  31.9       35

ALIGNMENTS
>ref|NM_001048393.2| Oryza sativa Japonica Group
Os01g0118100 (Os01g0118100) mRNA,
partial cds
Length=5066

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 18/18 (100%), Gaps = 0/18 (0%)
 Strand=Plus/Plus
```

```
Query  24    TCTATGTAGTAGCAACCA  41
             ||||||||||||||||||
Sbjct  4705  TCTATGTAGTAGCAACCA  4722
```

```
>ref|XM_002776457.1| Perkinsus marinus ATCC 50983 con-
served hypothetical protein,
mRNA
Length=940
```

```
 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 20/21 (95%), Gaps = 0/21 (0%)
 Strand=Plus/Minus
```

```
Query  39   CCATTACTGGAGGCAACATGC  59
            |||||||||| ||||||||||
Sbjct  790  CCATTACTGGGGGCAACATGC  770
```

```
>ref|XM_002765397.1| Perkinsus marinus ATCC 50983 con-
served hypothetical protein,
mRNA
Length=576
```

```
 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 20/21 (95%), Gaps = 0/21 (0%)
 Strand=Plus/Minus
```

```
Query  39   CCATTACTGGAGGCAACATGC  59
            |||||||||| ||||||||||
Sbjct  521  CCATTACTGGGGGCAACATGC  501
```

```
>ref|XM_002598834.1| Branchiostoma floridae hypothetical
protein, mRNA
Length=5244
```

```
 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 21/23 (91%), Gaps = 0/23 (0%)
 Strand=Plus/Minus
```

```
Query  36   CAACCATTACTGGAGGCAACATG  58
            ||||||||| |||||||||| ||
Sbjct  320  CAACCATTCCTGGAGGCAACTTG  298
```

```
>ref|XM_002390324.1| Moniliophthora perniciosa FA553 hy-
pothetical protein (MPER_10370)
mRNA, complete cds
Length=309

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 20/21 (95%), Gaps = 0/21 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  50  GGCAACATGCCACGTTTACCT  70
           |||||  ||||||||||||||
Sbjct  67  GGCAATATGCCACGTTTACCT  47

>ref|XM_502702.2| Yarrowia lipolytica YALI0D11506p
(YALI0D11506g) mRNA, complete
cds
Length=5766

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 21/23 (91%), Gaps = 0/23 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  34    AGCAACCATTACTGGAGGCAACA  56
             || ||||||||||||||| |||
Sbjct  5431  AGGAACCATTACTGGAGGCCACA  5409

>ref|XM_002114289.1| Trichoplax adhaerens hypothetical
protein, mRNA
Length=1080

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 24/28 (85%), Gaps = 0/28 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  27   ATGTAGTAGCAACCATTACTGGAGGCAA  54
             || |||| |||| || ||||||||||||
Sbjct  464  ATTTAGTCGCAAGCAATACTGGAGGCAA  491

>ref|XM_002014223.1| Drosophila persimilis GL19105
(Dper\GL19105), mRNA
Length=516
 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 21/23 (91%), Gaps = 0/23 (0%)
 Strand=Plus/Minus
```

```
Query  23   CTCTATGTAGTAGCAACCATTAC  45
            |||||||||||| |||||| ||
Sbjct  126  CTCTATGTAGTAGTAACCATCAC  104

>ref|NM_101039.3| Arabidopsis thaliana MATE efflux fami-
ly protein (AT1G11670) mRNA,
complete cds
Length=1964

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 21/23 (91%), Gaps = 0/23 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  34   AGCAACCATTACTGGAGGCAACA  56
            ||||||| ||||||||| |||||
Sbjct  132  AGCAACCGTTACTGGAGTCAACA  154

>ref|XM_001242965.1| Coccidioides immitis RS hypothet-
ical protein (CIMG_06862) partial
mRNA
Length=2247

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 27/33 (81%), Gaps = 0/33 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  32  GTAGCAACCATTACTGGAGGCAACATGCCACGT  64
           ||| ||||||| |||||| | || || ||||||
Sbjct  56  GTAACAACCATGACTGGAAGGAAGATACCACGT  24

>ref|XM_423520.2| PREDICTED: Gallus gallus hypothetical
LOC425809 (LOC425809),
mRNA
Length=1334

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 25/28 (89%), Gaps = 1/28 (3%)
 Strand=Plus/Minus


Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTGGAGGCAAC  55
            |||||||| |||||| | ||||||||||
Sbjct  315  TGTAGTAGGAACCATGA-TGGAGGCAAC  289
```

```
>ref|NM_001073908.1| Oryza sativa Japonica Group
Os12g0638100 (Os12g0638100) mRNA,
complete cds
Length=2186

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 21/23 (91%), Gaps = 0/23 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  29    GTAGTAGCAACCATTACTGGAGG  51
             ||||||||||||||||  |||||
Sbjct  1962  GTAGTAGCAACCATTATAGGAGG  1940

>ref|NM_001036975.1| Arabidopsis thaliana unknown pro-
tein (AT5G51040) mRNA, complete
cds
Length=829

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 18/18 (100%), Gaps = 0/18 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  29   GTAGTAGCAACCATTACT  46
            ||||||||||||||||||
Sbjct  662  GTAGTAGCAACCATTACT  679

>ref|NM_124483.2| Arabidopsis thaliana unknown protein
(AT5G51040) mRNA, complete
cds
Length=841

 Score = 33.7 bits (36),  Expect = 9.9
 Identities = 18/18 (100%), Gaps = 0/18 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  29   GTAGTAGCAACCATTACT  46
            ||||||||||||||||||
Sbjct  674  GTAGTAGCAACCATTACT  691

>ref|NM_001190851.1| Macaca mulatta cripto, FRL-1, cryp-
tic family 1 (CFC1), mRNA
Length=992

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
```

```
 Strand=Plus/Plus

Query  45   CTGGAGGCAACATGCCACGTTT  66
            ||||||||| ||||||| ||||
Sbjct  228  CTGGAGGCACCATGCCAGGTTT  249

>ref|XM_002881861.1| Arabidopsis lyrata subsp. lyrata
RabGAP/TBC domain-containing
protein, mRNA
Length=2380

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTG  47
            |||||||||||| ||||||
Sbjct  600  TGTAGTAGCAACCTTTACTG  581

>ref|XM_002875555.1| Arabidopsis lyrata subsp. lyrata
hypothetical protein, mRNA
Length=2829

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 23/26 (88%), Gaps = 2/26 (7%)
 Strand=Plus/Plus

Query  38   ACCATTA--CTGGAGGCAACATGCCA  61
            |||||||  ||||||| |||||||||
Sbjct  114  ACCATTAAACTGGAGGGAACATGCCA  139


>ref|XM_244261.5| PREDICTED: Rattus norvegicus similar
to RIKEN cDNA 4931400A14
(RGD1307234), mRNA
Length=7214

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  28    TGTAGTAGCAACCATTA  44
             |||||||||||||||||
Sbjct  4923  TGTAGTAGCAACCATTA  4939
```

```
>ref|XM_001056555.2| PREDICTED: Rattus norvegicus simi-
lar to RIKEN cDNA 4931400A14
(RGD1307234), mRNA
Length=7214

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  28    TGTAGTAGCAACCATTA  44
             |||||||||||||||||
Sbjct  4923  TGTAGTAGCAACCATTA  4939

>ref|XM_692182.3| PREDICTED: Danio rerio si:ch211-
266i6.3 (si:ch211-266i6.3), mRNA
Length=2548

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  21    TACTCTATGTAGTAGCA  37
             |||||||||||||||||
Sbjct  2042  TACTCTATGTAGTAGCA  2026

>ref|XM_002740086.1| PREDICTED: Saccoglossus kowalevskii
insulin-degrading enzyme-like
(LOC100378187), partial mRNA
Length=1807

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 26/32 (81%), Gaps = 0/32 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  18   GGGTACTCTATGTAGTAGCAACCATTACTGGA  49
            ||| | | |||| ||||| || ||||||||||
Sbjct  485  GGGCATTTTATGGAGTAGTAATCATTACTGGA  516

>ref|XM_002493875.1| Pichia pastoris GS115 Member of the
Sec24p family (PAS_chr4_0484)
mRNA, complete cds
Length=2679

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
```

```
 Strand=Plus/Plus

Query  32    GTAGCAACCATTACTGGAGGCA  53
              |||||||| | ||||||||||
Sbjct  1504  GTAGCAACTAGTACTGGAGGCA  1525

>ref|XM_002446375.1| Sorghum bicolor hypothetical pro-
tein, mRNA
Length=744

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 23/27 (85%), Gaps = 0/27 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  26   TATGTAGTAGCAACCATTACTGGAGGC  52
            |||| ||| ||||| |||| |||||||
Sbjct  324  TATGGAGTTGCAACAATTAATGGAGGC  350

>ref|XM_002413779.1| Ixodes scapularis conserved hypo-
thetical protein, mRNA
Length=1887

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  19    GGTACTCTATGTAGTAGCAACC  40
              |||||||||||||| || |||
Sbjct  1768  GGTACTCTATGTAGTTGCCACC  1747

>ref|XM_002291925.1| Thalassiosira pseudonana CCMP1335
predicted protein, mRNA
Length=2033

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  40    CATTACTGGAGGCAACATGCCA  61
              || ||| ||||||||||||||
Sbjct  1254  CAATACGGGAGGCAACATGCCA  1275

>ref|XM_002258074.1| Plasmodium knowlesi strain H ATP-
dependent RNA helicase prh1
(PKH_050970) mRNA, complete cds
```

```
Length=2451

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  31   AGTAGCAACCATTACTGGAG  50
            |||||||||||||||||| ||
Sbjct  264  AGTAGCAACCATTACTGTAG  283

>ref|XM_002125698.1| PREDICTED: Ciona intestinalis simi-
lar to sodium/dicarboxylate
cotransporter NaDC-2 (LOC100177043), mRNA
Length=3190

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  39    CCATTACTGGAGGCAACATG  58
             ||| ||||||||||||||||
Sbjct  1706  CCAATACTGGAGGCAACATG  1687

>ref|XM_001967109.1| Drosophila ananassae furrowed (Da-
na\fw), mRNA
Length=3534

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  40    CATTACTGGAGGCAACATGC  59
             |||||||||||||||| |||
Sbjct  1608  CATTACTGGAGGCAACGTGC  1627

>ref|NM_001125045.1| Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator (AT2G43490) mRNA, complete
cds
Length=2452

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTG  47
```

```
            |||||||||||||| ||||||
Sbjct  609  TGTAGTAGCAACCTTTACTG  590

>ref|NM_001125044.1| Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator (AT2G43490) mRNA, complete
cds
Length=2846

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTG  47
            |||||||||||||| ||||||
Sbjct  609  TGTAGTAGCAACCTTTACTG  590

>ref|NM_001125043.1| Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator (AT2G43490) mRNA, complete
cds
Length=2845

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTG  47
            |||||||||||||| ||||||
Sbjct  609  TGTAGTAGCAACCTTTACTG  590

>ref|NM_001125042.1| Arabidopsis thaliana RAB GTPase ac-
tivator (AT2G43490) mRNA, complete
cds
Length=2795

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTG  47
            |||||||||||||| ||||||
Sbjct  552  TGTAGTAGCAACCTTTACTG  533

>ref|NM_129910.3| Arabidopsis thaliana RAB GTPase acti-
vator (AT2G43490) mRNA, complete
cds
```

```
Length=2852

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTG  47
            |||||||||||| ||||||
Sbjct  609  TGTAGTAGCAACCTTTACTG  590

>ref|XM_001898714.1| Brugia malayi Thrombospondin N-
terminal -like domain containing
protein partial mRNA
Length=3231

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  37  AACCATTACTGGAGGCAACA  56
           || ||||||||||||||||
Sbjct  69  AATCATTACTGGAGGCAACA  50

>ref|XM_001869853.1| Culex quinquefasciatus alpha-
amylase, mRNA
Length=1807

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 24/27 (88%), Gaps = 1/27 (3%)
 Strand=Plus/Plus

Query  44  ACTGGAGGCAACATGCC-ACGTTTACC  69
           ||||| |||||||||| || ||||||
Sbjct  68  ACTGGTGGCAACATGCCAACTTTTACC  94


>ref|XM_001847479.1| Culex quinquefasciatus oligo-1,6-
glucosidase, mRNA
Length=1795

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 24/27 (88%), Gaps = 1/27 (3%)
 Strand=Plus/Plus

Query  44  ACTGGAGGCAACATGCC-ACGTTTACC  69
```

```
            ||||| |||||||||||  || ||||||
Sbjct  68  ACTGGTGGCAACATGCCAACTTTTACC  94

>ref|XM_001608212.1| PREDICTED: Nasonia vitripennis sim-
ilar to GA15333-PA (LOC100124102),
mRNA
Length=2593

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus


Query  49    AGGCAACATGCCACGTTTACCT  70
             |||||||  |||||||||  ||||
Sbjct  1886  AGGCAACGTGCCACGTTCACCT  1865

>ref|XM_001545304.1| Botryotinia fuckeliana B05.10 hypo-
thetical protein (BC1G_16128)
partial mRNA
Length=645

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 31/39 (79%), Gaps = 1/39 (2%)
 Strand=Plus/Plus

Query  5    TCCCCCCGTAGGGGGGTACTCTATGTAGTAGCAACCATT  43
             ||| ||||| ||| | || |  |||||| ||||||||||
Sbjct  275  TCCTCCCGT-GGGCGATAATAAATGTAGCAGCAACCATT  312

>ref|NM_028887.3| Mus musculus SMC hinge domain contain-
ing 1 (Smchd1), mRNA
Length=7053

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  28    TGTAGTAGCAACCATTA  44
             |||||||||||||||||
Sbjct  4791  TGTAGTAGCAACCATTA  4807

>ref|NM_010921.3| Mus musculus NK-3 transcription fac-
tor, locus 1 (Drosophila)
(Nkx3-1), mRNA
```

```
Length=3137

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  45    CTGGAGGCAACATGCCACGTTT  66
             |||||| ||||| |||||||||
Sbjct  2927  CTGGAGACAACAGGCCACGTTT  2906

>ref|NM_124670.2| Arabidopsis thaliana PKP-BETA1 (PLA
STIDIC PYRUVATE KINASE BETA
SUBUNIT 1); pyruvate kinase (PKP-BETA1) mRNA, complete
cds
Length=2150

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 26/32 (81%), Gaps = 0/32 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  31    AGTAGCAACCATTACTGGAGGCAACATGCCAC  62
             || |||||||||||| | ||  | |||||||
Sbjct  1462  AGAAGCAACCATTACTAGCGGTGAAATGCCAC  1493

>ref|NM_001102725.1| Xenopus (Silurana) tropicalis
transmembrane protein 22 (tmem22),
mRNA
 gb|BC136064.1| Xenopus tropicalis transmembrane protein
22, mRNA (cDNA clone
MGC:122786 IMAGE:7662389), complete cds
Length=4290

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 25/29 (86%), Gaps = 1/29 (3%)
 Strand=Plus/Minus

Query  17   GGGGTACTCTATGTAGTAGCA-ACCATTA  44
             ||||| |||| ||||||| || |||||||
Sbjct  662  GGGGTCCTCTTTGTAGTAACATACCATTA  634

>ref|XM_001208451.1| Aspergillus terreus NIH2624 pre-
dicted protein (ATEG_01086) partial
mRNA
Length=948
```

```
 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  50   GGCAACATGCCACGTTT  66
            |||||||||||||||||
Sbjct  335  GGCAACATGCCACGTTT  351

>ref|NM_001096993.1| Xenopus laevis cardiolipin synthase
1 (crls1), mRNA
 gb|BC083022.1| Xenopus laevis hypothetical protein
MGC98939, mRNA (cDNA clone
MGC:98939 IMAGE:4201800), complete cds
Length=2409

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 25/30 (83%), Gaps = 0/30 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  21    TACTCTATGTAGTAGCAACCATTACTGGAG  50
             ||||||||| | ||||| | | ||||||||
Sbjct  1922  TACTCTATGAAATAGCAGCAAGTACTGGAG  1893

>ref|XM_656992.1| Aspergillus nidulans FGSC A4 hypothet-
ical protein AN4480.2 partial
mRNA
Length=1854

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 23/27 (85%), Gaps = 0/27 (0%)
 Strand=Plus/Plus

Query  31    AGTAGCAACCATTACTGGAGGCAACAT  57
             |||||||  ||| ||||| ||||||||
Sbjct  1635  AGTAGCAGGCATCACTGGTGGCAACAT  1661

>ref|XM_759204.1| Theileria parva strain Muguga chromo-
some 4 hypothetical protein
(TP04_0661) partial mRNA
Length=1542

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 17/17 (100%), Gaps = 0/17 (0%)
 Strand=Plus/Minus
```

```
Query  24    TCTATGTAGTAGCAACC  40
             ||||||||||||||||
Sbjct  1128  TCTATGTAGTAGCAACC  1112

>ref|NM_001022938.1| Schizosaccharomyces pombe xap-5-
like protein (SPCC1020.12c) mRNA,
complete cds
Length=867

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 20/22 (90%), Gaps = 0/22 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  28   TGTAGTAGCAACCATTACTGGA  49
            |||||| ||||||||| |||||
Sbjct  699  TGTAGTTGCAACCATTTCTGGA  678

>ref|XM_449793.1| Candida glabrata CBS138 hypothetical
protein (CAGL0M10263g) partial
mRNA
Length=453

 Score = 31.9 bits (34),  Expect =    35
 Identities = 19/20 (95%), Gaps = 0/20 (0%)
 Strand=Plus/Minus

Query  21   TACTCTATGTAGTAGCAACC  40
            |||||||||||||||| |||
Sbjct  194  TACTCTATGTAGTAGCCACC  175

Query=  seq2
Length=70
```

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 173-176

Disuguaglianze isoperimetriche per i triangoli

Nota di Claudio Baiocchi [1]

Presentata dal socio Carlo Sbordone
(Adunanza del 16 novembre 2018)

In memoria di Emilio Gagliardo nel X anniversario della scomparsa.

Key words: Triangoli, Disuguaglianze, Isoperimetria

Abstract – The well known *isoperimetric inequality* says that for any triangle ABC the semiperimeter p and the surface S satisfy:

$$p^2 \geq 3\sqrt{3} * S$$

with equality if and only if ABC is equilateral; in other words, among all triangles with prescribed area, the equilateral one has perimeter minimum.

We want to get a more precise inequality, concerning the family of triangles having a prescribed angle α; we will prove:

$$(\star) \qquad p^2 \geq \frac{2(1+\sin\frac{\alpha}{2})^2}{\sin\alpha} * S$$

with equality if and only α is the angle opposite to the base of an isosceles triangle.

Riassunto – Il semiperimetro p di un triangolo ABC e la misura S della sua superficie sono legati dalla disuguaglianza:

$$p^2 \geq 3\sqrt{3} * S$$

e l'uguaglianza vale se e solo se il triangolo è equilatero. Si tratta della ben nota *disuguaglianza isoperimetrica* la quale assicura che, tra tutti i triangoli di area assegnata, quello equilatero ha il perimetro minimo.

Ci proponiamo di ottenere una disuguaglianza più precisa valida per la famiglia dei triangoli per i quali è fissata la misura α di un angolo; precisamente vedremo che si ha:

$$(\star) \qquad p^2 \geq \frac{2(1+\sin\frac{\alpha}{2})^2}{\sin\alpha} * S$$

e l'uguaglianza vale se e solo se il triangolo è isoscele con α come angolo al vertice.

[1] Accademia dei Lincei, Via della Lungara 6, 80100, Roma, Italia. e-mail: bici.nando@gmail.com

1 - INTRODUZIONE

Il caso di triangoli isosceli è di dimostrazione immediata: se l è la misura del lato obliquo, la base e l'altezza relativa misurano rispettivamente $2l\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ e $l\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$; quindi il rapporto tra il quadrato del semiperimetro p^2 e la superficie S vale:

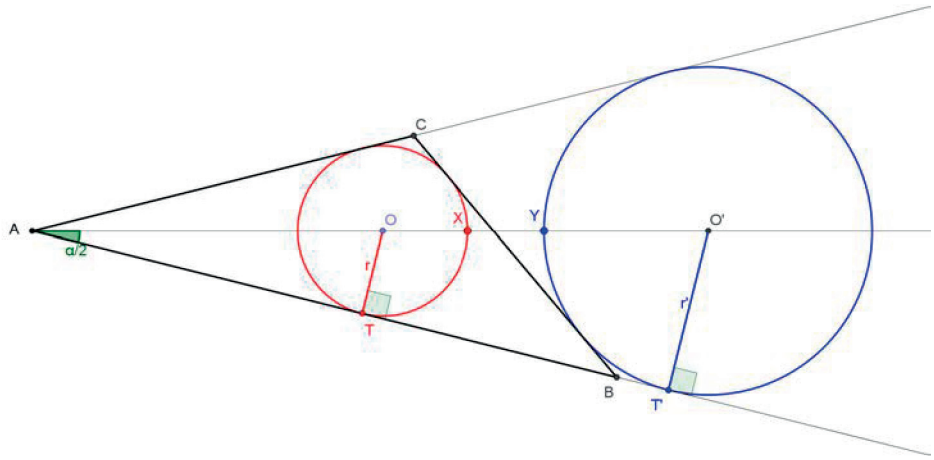
$$\frac{p^2}{S} = \frac{\left[l + l\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}{l\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * l\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{\left[1 + \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

da cui l'uguaglianza in $(\star)$.

Per la dimostrazione di $(\star)$ si potrebbe cercare di dimostrare che il caso peggiore si verifica in corrispondenza a triangoli isosceli; ovvero tentare di lavorare con il metodo dei moltiplicatori di Lagrange. Tuttavia, da un lato la dimostrazione puramente geometrica che daremo ci sembra più interessante; e d'altro lato, come si vedrà, l'approccio qui seguito permette anche una agevole costruzione di un triangolo ABC a partire da una terna di dati $\{S, p, \alpha\}$ "compatibili", nel senso che soddisfano la $(\star)$.

2 - ESAME DI UNA FIGURA

La figura seguente mostra un triangolo ABC nel quale sono tracciate la bisettrice dell'angolo A, il cerchio inscritto (in rosso: centro O, raggio r, punto di tangenza T col lato AB) e quello exinscritto nell'angolo A (in blu: centro O', raggio r', punto di tangenza T' col lato AB)



Una ben nota proprietà di dimostrazione immediata (si veda ad es. Coxeter-Graitzer, §1.4) assicura che la lunghezza del segmento AT' coincide col semiperimetro p; ne segue che la lunghezza di AO' è $\frac{p}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$ e che il raggio r' misura $p * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$.

Per quanto riguarda il cerchio inscritto, il segmento AO misura $\frac{r}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$.

In particolare per quanto riguarda i segmenti $AX = AO + r$ ed $AY = AO' - r'$ si ha:

$$AX = \frac{1+\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * r; \quad AY = \frac{1-\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * p = \frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{1+\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * p$$

Poiché il raggio inscritto è legato alla superficie S ed al perimetro p dalla relazione $S = p * r$, la ovvia disuguaglianza $\frac{AY}{AX} \geq 1$ diventa

$$\frac{p^2}{S} \geq \frac{\left(1+\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)^2}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

che coincide con la $(\star)$.

3 - OSSERVAZIONI

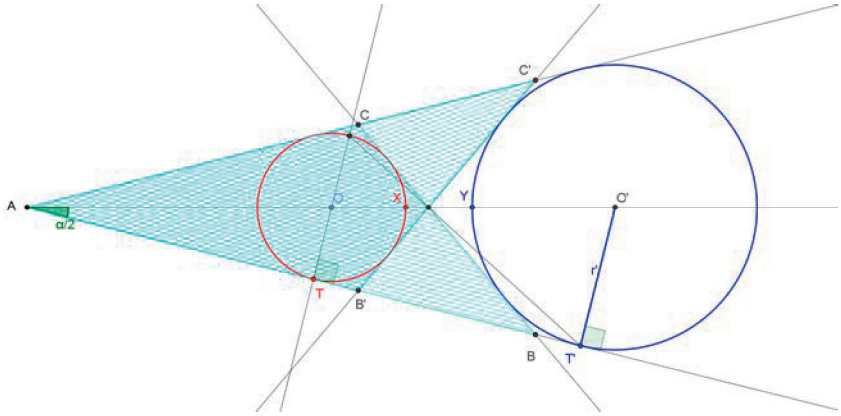
1. Il caso limite $X \equiv Y$ può presentarsi solo se i due cerchi sono tangenti (e quindi la loro tangente comune BC è ortogonale alla bisettrice); il che corrisponde ad un triangolo ABC in cui la bisettrice e l'altezza uscenti da A coincidono; cioè ABC è isoscele rispetto a BC come base.

2. Nel 2012 Ross Honsberger, in un articolo su Crux Mathematicorum, propose il problema di costruire con riga e compasso un triangolo di cui sono assegnati la superficie S, il semiperimetro p e l'ampiezza α di un angolo; senza porsi il problema della compatibilità dei dati e fornendo una possibile costruzione; costruzione che ovviamente fallisce se la $(\star)$ non è soddisfatta.

3. Il problema è stato recentemente riproposto da Philippe Fondanaiche su "http://www.diophante.fr". Né dalla costruzione di Honsberger né da quelle proposte dai lettori di Diophante sembra agevole dedurre la condizione necessaria e sufficiente $(\star)$; peraltro l'uso di metodi del tipo *moltiplicatori di Lagrange* per la ricerca del minimo della frazione $\frac{p^2}{S}$ sembra offrire maggiori difficoltà rispetto alla trattazione geometrica qui sviluppata.

4. Il trattamento ora visto permette anche un'agevole costruzione con riga e compasso di un triangolo ABC a partire da una terna $\{S, p, \alpha\}$.

   Come indicato in figura, inscritto un cerchio di raggio $r := \frac{S}{p}$ in un angolo $\hat{A}$ di ampiezza α, e fissato su un lato dell'angolo un punto T' con $|\overline{AT'}| = p$, è possibile tracciare il cerchio exinscritto; cerchio che se i dati sono compatibili non avrà punti interni comuni col cerchio inscritto perché il punto X precederà il punto Y. Il lato incognito BC si ottiene allora tracciando una tangente comune ai due cerchi. Naturalmente i triangoli ABC e AB'C' (che sono uguali) coincidono quando $X \equiv Y$.



4 - BIBLIOGRAFIA

H. S. M. Coxeter & Samuel L. Graitzer, *Geometry Revisited*, New Mathematical Library, 19. Random House, Inc., New York, 1967. xiv+193 pp.

Philippe Fondanaiche, *La construction du vieux taupin*, url="http://www.diophante.fr/problemes-par-themes/geometrie/d6-constructions-avec-regle-et-compas/4166-656 la construction du vieux taupin"

Ross Honsberger, *A Typical Problem on an Entrance Exam for the* Ecole Polytechnique, cms.math.ca/crux/v38/n3/ArticleHonsberger 38-3.pdf

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 177-183

A Note on VLO Functions

Nota di Francesca Angrisani e Giacomo Ascione [1]

Presentata dal socio Carlo Sbordone
(Adunanza del 16 Novembre 2018)

Key words: BLO, VLO, norm-attaining.

Abstract – Inspired by a result from Leibov, we find that the supremum defining the BLO norm in $[0,1]$ is actually attained by a specific sub-interval of $[0,1]$ for $f \in VLO([0,1])$

Riassunto – Ispirati da un risultato di Leibov, proviamo che l'estremo superiore che definisce la norma BLO in $[0,1]$ è in realtà assunto da uno specifico sottointervallo di $[0,1]$ nel caso di una funzione $f \in VLO([0,1])$

1 - INTRODUCTION

Definition 1. A real valued locally integrable function $f(x) \in L^1_{loc}([0,1])$ is said to have *Bounded Mean Oscillation* ($f(x) \in BMO([0,1])$) if:

$$\sup_I \fint_I |f(x) - f_I| dx = \|f\|_{BMO} < \infty \tag{1}$$

where f_I denotes $\fint_I f(x)dx$ and I spans the set of all compact intervals contained in $[0,1]$.

One can prove that BMO is a vector space and, modulo the set of functions that are almost everywhere equal to a constant, $\|\cdot\|_{BMO}$ defines a norm on it. This space was introduced in (John and Nirenberg, 1961).

Definition 2. A BMO function $f(x)$ is said to have *Vanishing Mean Oscillation* ($f \in VMO([0,1])$) if it also satisfies:

$$\limsup_{|I|\to 0} \fint_I |f(x) - f_I| dx = 0. \tag{2}$$

[1]Dipartimento di Matematica ed Applicazioni "Renato Caccioppoli", Università degli Studi di Napoli Federico II, Via Cupa Nuova Cintia 26, 80126 – Napoli, Italia, e-mail: francesca.angrisani@unina.it, ascione.giacomo0@gmail.com

In particular, in (Leibov, 1990), Leibov was able to prove that

Lemma 1. If $f \in VMO([0,1])$ then there exists an interval $I^* \subseteq [0,1]$ such that

$$\|f\|_{BMO} = \fint_{I^*} |f - f_{I^*}| dt \tag{3}$$

The aim of the paper is to find an analogue of this result in the subclass of *BLO*-functions (see Section 2 for the definition).
To do so, it will be convenient to introduce some notation.
We will refer to an interval in terms of its center x and half-lenght h as in:

$$I_h^x := [x-h, x+h].$$

Let us fix $h \in \left(0, \frac{1}{2}\right]$ and define $S_h = [h, 1-h]$: we have that $I_h^x \subseteq [0,1]$ if and only if $x \in S_h$. Thus we can define the set

$$T = \left\{ (x,h) \in \mathbb{R}^2 : \ h \in \left(0, \frac{1}{2}\right], \ x \in S_h \right\} \tag{4}$$

such that $I_h^x \subseteq [0,1]$ if and only if $(x,h) \in T$.
Finally, for a generic function $f \in BMO([0,1])$, let us define the function $F : T \to \mathbb{R}$ given by

$$F(x,h) = \fint_{I_h^x} |f - f_{I_h^x}| dt, \tag{5}$$

which is always a continuous function since $f \in L^1([0,1])$. Thus the norm on $BMO([0,1])$ can be also defined as:

$$\|f\|_{BMO} = \sup_{(x,h) \in T} F(x,h). \tag{6}$$

We can also restate the VMO property in terms of F. We have that:

$$f \in VMO \iff \lim_{h \to 0} \sup_{x \in S_h} F(x,h) = 0 \tag{7}$$

that is to say that F converges to 0 as $h \to 0$ uniformly with respect to x.
The idea of the proof of the lemma by Leibov is to notice that F is continuous, and since f is in VMO, it can be extended by continuity to the closure of T, namely:

$$\tilde{T} = \left\{ (x,h) \in \mathbb{R}^2 : \ h \in \left[0, \frac{1}{2}\right], \ x \in S_h \right\} \tag{8}$$

by posing $F = 0$ on $[0,1] \times 0$.
A straightforward application of Weierstrass theorem concludes the proof. In particular three main ingredients emerge:

- The compactness of $\widetilde{T}$;

- The continuity of F on T;
- The fact that if $f \in VMO([0,1])$ then F can be extended with continuity of the whole $\widetilde{T}$.

In order to mimic this proof and obtain the same result for functions in $VLO([0,1])$ with respect to the norm in $BLO([0,1])$ we will need to write the norm of a function f in such space in terms of a suitable two variables function F and then assure this three hypotheses. We will see that even the second one is not necessarily satisfied by functions in $BLO([0,1]) \setminus VLO([0,1])$.

2 - THE SPACES $BLO([0,1])$ AND $VLO([0,1])$

The following is a definition by R.Coifman and R.Rochberg.

Definition 3. A real valued locally integrable function $f(x) \in L^1_{loc}(\mathbb{R})$ is said to have *Bounded Lower Oscillation* ($f(x) \in BLO(\mathbb{R})$) if

$$\sup_I \fint_I \left[f(x) - \inf_I f \right] dx = \sup_I \left[f_I - \inf_I f \right] = \|f\|_{BLO} < \infty. \tag{9}$$

Here and throughout the rest of this paper, we are using inf to denote the essential infimum.

Of course, as in the definition of BMO, we need to think of the class of $BLO([0,1])$ functions modulo the set of all functions which are almost everywhere equal to a constant.
In (Korey, 2001), Korey gave the following definition of a subclass in BLO.

Definition 4. A BLO function is said to have *Vanishing Lower Oscillation* ($f \in VLO([0,1])$) if it also satisfies:

$$\limsup_{|I| \to 0} \left[f_I - \inf_I f \right] = 0. \tag{10}$$

It will be useful to notice that $L^\infty([0,1]) \subset BLO([0,1])$ while $L^\infty([0,1]) \not\subset VLO([0,1])$. In particular an equivalent distance between BLO functions and L^∞ is given in (Angrisani, 2017). $BLO([0,1])$ is not a real vector space, since if $f \in BLO([0,1])$ then $-f \in BLO([0,1])$ if and only if $f \in L^\infty([0,1])$.
However, if $f, g \in BLO([0,1])$ then $f+g \in BLO([0,1])$ and if $f \in BLO([0,1])$ and $a \in [0, +\infty)$, then $af \in BLO([0,1])$.
We can define on $BLO([0,1])$ the following quantity:

$$\|f\|_{BLO} = \sup_{I \subseteq [0,1]} \fint_I f dt - \inf_I f \tag{11}$$

observing that:

- $\|f\|_{BLO} \geq 0$ and $\|f\|_{BLO} = 0$ if and only if f is constant;
- If $a > 0$ then $\|af\|_{BLO} = a\|f\|_{BLO}$;
- $\|f+g\|_{BLO} \leq \|f\|_{BLO} + \|g\|_{BLO}$.

Even if it lacks homogeneity for negative constants, following other authors (see (Korey, 2001) and (Coifman and Rochberg, 1980)) we will call this quantity a norm on $BLO([0,1])$ anyways.
By using the same notation in the previous section for I_h^x, S_h and T, for a generic function $f \in BLO([0,1])$ let us define the function $F : T \to \mathbb{R}$ to be

$$F(x,h) = \fint_{I_h^x} f dt - \inf_{I_h^x} f \tag{12}$$

Thus the norm on $BLO([0,1])$ can be also defined as

$$\|f\|_{BLO} = \sup_{(x,h)\in T} F(x,h). \tag{13}$$

In terms of F, we have that $f \in VLO([0,1])$ if and only if

$$\lim_{h\to 0} \sup_{x\in S_h} F(x,h) = 0 \tag{14}$$

that is to say that F converges to 0 as $h \to 0$ uniformly with respect to x.
However, this time it is not true that F is continuous in T for any $f \in BLO([0,1])$.
In particular, let us observe that for any $f \in BLO([0,1])$ we can define:

$$G(x,h) = \fint_{I_h^x} f dt \tag{15}$$

$$H(x,h) = \inf_{I_h^x} f \tag{16}$$

to obtain that

$$F(x,h) = G(x,h) + H(x,h) \tag{17}$$

thus, since G is continuous in T (since $f \in L^1([0,1])$), then F is continuous if and only if H is continuous.
Let us consider for instance the function $f(x) = \chi[1/2,1]$.
We have that $f \in BLO([0,1])$ since $f \in L^\infty$ but it is also easy to see that in this case H is not continuous. In particular, let us observe that since $f \notin VLO([0,1])$.
Moreover one can see that $\sup_{(x,h)\in T} F = 1$ but $F(x,h) < 1$ for any $(x,h) \in T$.

3 - THE NORM-ATTAINING PROPERTIES OF *VLO* FUNCTIONS IN *BLO*

Our aim is to show an analogue of Leibov's Lemma for VLO functions. To do so we need to prove that, at least for a function f in VLO, the corresponding F is continuous.

Proposition 2. Let $f \in VLO([0,1])$.Then

$$H(x,h) = \inf_{I_x^h} f$$

is continuous in T.

Proof. Let us prove this assertion by contradiction. Fix $(x,h) \in T$ and let us suppose there exists a $\overline{\varepsilon} > 0$ such that for any $\delta > 0$ there exists a point (x_δ, h_δ) such that

$$|x - x_\delta| + |h - h_\delta| \leq \delta \tag{18}$$

and

$$|H(x,h) - H(x_\delta, h_\delta)| \geq \overline{\varepsilon}. \tag{19}$$

To fix the ideas, let us consider $\delta_n = \frac{1}{n}$ and let us denote $x_n := x_{\delta_n}$, $h_n := h_{\delta_n}$, $I := I_h^x$ and $I_n := I_{h_n}^{x_n}$. Moreover, we can suppose n is big enough to have $I \cap I_n \neq \emptyset$. Posing $m_n := \inf_{I_n \cup I} f$, Equation (19) assures that

$$\inf_{I \cap I_n} f \neq m_n \tag{20}$$

thus

$$m_n = \inf_{I \Delta I_n} f \tag{21}$$

where $I \Delta I_n = (I \setminus I_n) \cup (I_n \setminus I)$. Let us suppose that $I_n \setminus I \neq \emptyset$ and $m_n = \inf_{I_n \setminus I} f$. Now let us observe that $I_n \setminus I$ has at most two connected components $I_1 = [x + h, x_n + h_n]$ and $I_2 = [x_n - h_n, x - h]$. Thus let us suppose that $m_n = \inf_{I_1} f$.
Let us suppose that n is big enough to have $x_n + h_n < x + 3h$ and then let us consider the interval

$$I_1^* = [2(x+h) - x_n - h_n, x_n + h_n] \tag{22}$$

on which we have that $\inf_{I_1^*} f = m_n$. Moreover, let us observe that by construction $|I_1^* \cap I| = |I_1|$ and $|I_1^*| = 2|I_1|$. Now, since we have supposed that $m_n = \inf_{I_n \setminus I} f$, then

$$m_n = H(x_n, h_n) \leq H(x,h) \tag{23}$$

and

$$H(x,h) \geq m_n + \overline{\varepsilon}. \tag{24}$$

By definition we have

$$\inf_{I_1^* \cap I} f \geq H(x,h) \geq m_n + \overline{\varepsilon}. \tag{25}$$

Now let us observe that

$$\int_{I_1^*} f dt = \int_{I_1^* \cap I} f dt + \int_{I_1} f dt \geq (2m_n + \overline{\varepsilon})|I_1| \tag{26}$$

and then

$$\fint_{I_1^*} f dt \geq m_n + \frac{\overline{\varepsilon}}{2} \tag{27}$$

so that

$$\fint_{I_1^*} f dt - \inf_{I_1^*} \geq \frac{\overline{\varepsilon}}{2}. \tag{28}$$

In such case, let us denote with $I_n^* := I_1^*$. If $m_n = \inf_{I_2} f$, we can construct in a similar way an interval I_2^* on which we have Eq. (28) and we can pose $I_n^* := I_2^*$. The construction of I_n^* can be done in the same way if $I \setminus I_n \neq \emptyset$ and $m_n = \inf_{I \setminus I_n} f$. Thus, for any n there exists an interval I_n^* with length $|I_n^*| = x_n + h_n - x - h$ such that

$$\fint_{I_n^*} f dt - \inf_{I_n^*} \geq \frac{\overline{\varepsilon}}{2} \tag{29}$$

that is a contradiction with the fact that $f \in VLO([0,1])$ since $|I_n^*| \to 0$. □

Now we can prove the main result

Proposition 3. If $f \in VLO([0,1])$ then there exists an interval $I^* \subseteq [0,1]$ such that

$$\|f\|_{BLO} = \fint_{I^*} f dt - \inf_{I^*} f \tag{30}$$

Proof. Since $f \in VLO([0,1])$, H (and then F) is continuous on T. Moreover, since F converges to 0 as $h \to 0$ uniformly with respect to x, we can extend F with continuity to

$$\widetilde{T} = \left\{ (x,h) \in \mathbb{R}^2 : \ h \in \left[0, \frac{1}{2}\right], \ x \in S_h \right\} \tag{31}$$

by setting $F(x,0) = 0$. Thus, since F is continuous on $\widetilde{T}$ that is compact, there exists a point $(x^*, h^*) \in \widetilde{T}$ such that

$$\sup_{(x,h) \in T} F(x,h) = \max_{(x,h) \in \widetilde{T}} F(x,h) = F(x^*, h^*) \tag{32}$$

and in particular we have $I^* = I_{h^*}^{x^*}$. □

Let us show that $f \in VLO([0,1])$ is a sufficient but not necessary condition. Consider

$$f(x) = \begin{cases} 4x - 1 & x \in \left[0, \frac{1}{2}\right] \\ 0 & x \in \left(\frac{1}{2}, 1\right] \end{cases}. \tag{33}$$

First let us observe that $f \in BLO([0,1])$ since $f \in L^\infty([0,1])$. Then let us consider the intervals $I_h = \left[\frac{1}{2} - h, \frac{1}{2} + h\right]$ for $h < \frac{1}{4}$. Then

$$\lim_{h \to 0} \fint_{I_h} f dt - \inf_{I_h} f = \lim_{h \to 0} h - \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} \tag{34}$$

so $f \notin VLO([0,1])$. With some easy calculations, one can show that $\|f\|_{BLO} = 1$. However, posing $I^* = \left[0, \frac{1}{2}\right]$, we have

$$\fint_{I^*} f dt - \inf_{I^*} f = 0 + 1 = 1 = \|f\|_{BLO}, \tag{35}$$

so there is an interval I^* attaining $\|f\|_{BLO}$ even if $f \notin VLO([0,1])$.

4 - REFERENCES

Angrisani F. (2017), On the distance in $BLO(\mathbb{R})$ to $L^{\infty}(\mathbb{R})$ and $VLO(\mathbb{R})$, *Rendiconto dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli*, **4.84**, 75-86.

Coifman R. R. and Rochberg R. (1980), Another characterization of BMO, *Proceedings of the American Mathematical Society*, 249-254.

John F. and Nirenberg L. (1961), On functions of bounded mean oscillation, *Communications on pure and applied Mathematics*, **14.3**, 415-426.

Korey M. B. (2001), A decomposition of functions with vanishing mean oscillation, *Harmonic Analysis and Boundary Value Problems: Selected Papers from the 25th University of Arkansas Spring Lecture Series, Recent Progress in the Study of Harmonic Measure from a Geometric and Analytic Point of View, March 2-4, 2000, Fayetteville, Arkansas*, **277**, 45.

Leibov M. V. (1990), Subspaces of the VMO space, *Journal of Soviet Mathematics*, **48.5**, 536-538.

Sarason D. (1975), Functions of vanishing mean oscillation, *Transactions of the American Mathematical Society*, **207**, 391-405.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 185-200

Regularity for minimizers of non-autonomous non-quadratic functionals in the case $1 < p < 2$: an a priori estimate

Nota di Andrea Gentile [1]

Presentata dal socio ord. res. Carlo Sbordone
(Adunanza del 16 Novembre 2018)

Key words: Local minimizers; A priori estimate; Sobolev coefficients.

Abstract – We establish an a priori estimate for the second derivatives of local minimizers of integral functionals of the form

$$\mathscr{F}(v,\Omega) = \int_{\Omega} f(x, Dv(x))\, dx,$$

with convex integrand with respect to the gradient variable, assuming that the function that measures the oscillation of the integrand with respect to the x variable belongs to a suitable Sobolev space. The novelty here is that we deal with integrands satisfying subquadratic growth conditions with respect to gradient variable.

Riassunto – Ricaviamo una stima a priori per le derivate seconde di minimi locali di funzionali integrali del tipo

$$\mathscr{F}(v,\Omega) = \int_{\Omega} f(x, Dv(x))\, dx,$$

con integranda convessa rispetto alla variabile gradiente, assumendo che la funzione che misura l'oscillazione dell'integranda rispetto alla variabile x appartenga ad un opportuno spazio di Sobolev. La novità, qui, è che si tratta del caso in cui l'integranda soddisfi condizioni di crescita subquadratica rispetto alla variabile gradiente.

1 - INTRODUCTION

In this paper we consider integral functionals of the form

[1] Dipartimento di Matematica e Applicazioni "R. Caccioppoli", Università degli Studi di Napoli "Federico II", Via Cintia, 80126, Napoli (Italy). e-mail: andr.gentile@studenti.unina.it

$$\mathscr{F}(v,\Omega)=\int_{\Omega} f(x,Dv(x))dx, \tag{1.1}$$

where $\Omega\subset\mathbb{R}^n$ is a bounded open set, $f:\Omega\times\mathbb{R}^{N\times n}\to\mathbb{R}$ is a Carathéodory map, such that $\xi\mapsto f(x,\xi)$ is of class $C^1(\mathbb{R}^{N\times n})$, and for an exponent $p\in(1,2)$ and some constants $L_1,L_2,\alpha>0$ and $\mu\geq 0$ the following conditions are satisfied:

$$L_1(\mu^2+|\xi|^2)^{\frac{p}{2}}\leq f(x,\xi)\leq L_2(\mu^2+|\xi|^2)^{\frac{p}{2}}, \tag{1.2}$$

$$\left\langle D_\xi f(x,\xi)-D_\xi f(x,\eta),\xi-\eta\right\rangle\geq\alpha\left(\mu^2+|\xi|^2+|\eta|^2\right)^{\frac{p-2}{2}}|\xi-\eta|^2, \tag{1.3}$$

for every $\xi,\eta\in\mathbb{R}^{N\times n}$ and for almost every $x\in\Omega$.

For what concerns the dependence of the energy density on the x-variable, we shall assume that the function $D_\xi f(x,\xi)$ is weakly differentiable with respect to x and that $D_x(D_\xi f)\in L^q(\Omega\times\mathbb{R}^{N\times n})$, for some $q>n$.
By the point-wise characterization of the Sobolev functions due to Hajlasz (Hajlasz P., 1996) this is equivalent to assume that there exists a nonnegative function $g\in L^q_{\mathrm{loc}}(\Omega)$ such that

$$|D_\xi f(x,\xi)-D_\xi f(y,\xi)|\leq(g(x)+g(y))\,|x-y|\left(\mu^2+|\xi|^2\right)^{\frac{p-1}{2}} \tag{1.4}$$

for all $\xi\in\mathbb{R}^{N\times n}$ and for almost every $x,y\in\Omega$.

The regularity properties of minimizers of such integral functionals have been widely investigated in case the energy density $f(x,\xi)$ depends on the x-variable through a continuous function both in the superquadratic and in the subquadratic growth case. In fact, it is well known that the partial continuity of the vectorial minimizers can be obtained with a quantitative modulus of continuity that depends on the modulus of continuity of the coefficients (see for example (Acerbi E. and Fusco N., 1989), (Fusco N. and Hutchinson J. E., 1985), (Giaquinta M. and Modica G., 1986)) and the monographs (Giaquinta M., 1983), (Giusti E., 2003) for a more exhaustive treatment). For regularity results under general growth conditions, that of course include the superquadratic and the subquadratic ones, we refer to (Diening L. et al., 2009), and (Diening L. et al., 2011).

Recently, there has been an increasing interest in the study of the regularity under different assumptions on the function that measures the oscillation of the integrand $f(x,\xi)$ with respect to the x-variable.
This study has been successfully carried out when the oscillation of $f(x,\xi)$ with respect to the x-variable is controlled through a coefficient that belongs to a suitable Sobolev class of integer or fractional order and the assumptions (1.2)–(1.4) are satisfied with an exponent $p\geq 2$.
Let us remark that the regularity of the coefficients depends on the summability of their gradients and that also the case of possibly discontinous coefficients has been treated.

Actually, it has been shown that the weak differentiability of the partial map $x \mapsto f(x,\xi)$ transfers to the gradient of the minimizers of the functional (1.1) (see (Carozza M. et al., 2011), (Eleuteri M. et al., 2016), (Eleuteri M. et al., 2016), (Giova R. and Passarelli di Napoli A., 2017), (Kristensen J. and Mingione G., 2010), (Passarelli di Napoli, 2014)) as well as to the gradient of the solutions of non linear elliptic systems (see (Baisón A. L. et al., 2017), (Clop A. et al., 2009), (Clop A. et al., 2017), (Cruz-Uribe D. et al., 2016), (Giova R., 2015), (Kuusi T. and Mingione G., 2012), (Passarelli di Napoli, 2014)) and of non linear systems with degenerate ellipticity in case $p \geq 2$. (see (Giova R., 2015)).
It is worth mentioning that the continuity of the coefficients is not sufficient to establish the higher differentiability of integer order of the minimizers, that has often revealed to be a crucial step in the investigation of other regularity properties.

As far as we know, no higher differentiability results are available for vectorial minimizers under the so-called subquadratic growth conditions, i.e. when the assumptions (1.2)–(1.4) hold true for an exponent $1 < p \leq 2$ in case of Sobolev coefficients.
The aim of this paper is to start the study of the higher differentiability properties of local minimizers of integral functional (1.1) under subquadratic growth condition. As a first step in this direction, here we shall establish the following a priori estimate for the second derivatives of the local minimizers.

Theorem 1.1. *Let $u \in W^{2,p}_{\mathrm{loc}}(\Omega;\mathbb{R}^N)$ be a local minimizer of the functional $\mathscr{F}(v,\Omega)$ under the assumptions* (1.2)–(1.4). *If $q \geq \frac{2n}{p}$, than the following estimate*

$$\|D^2 u\|_{L^p(B_r)} \leq C\left(\|Du\|_{L^p(B_R)} + 1\right) \tag{1.5}$$

holds true for every $0 < r < R$ such that $B_R \Subset \Omega$ with $C = C(\alpha, p, n, N, \|g\|_{L^q(B_R)})$.

The main tool in the proof is the use of the so called difference quotient method and a double iteration argument that allows us to reabsorb terms with critical summability. Respect to previous papers on this subject, new technical difficulties arise since in the subquadratic growth case some of the regularity properties of the integrand, valid in the superquadratic one, are lost.

2 - PRELIMINARY RESULTS

In this section we recall some standard definitions and collect several lemmas that we shall need to establish our results. We shall follow the usual convention and denote by C or c a general constant that may vary on different occasions, even within the same line of estimates. Relevant dependencies on parameters and special constants will be suitably emphasized using parentheses or subscripts. All the norms we use on $\mathbb{R}^n$, $\mathbb{R}^N$ and $\mathbb{R}^{n\times N}$ will be the standard Euclidean ones and denoted by $|\cdot|$ in all cases. In particular, for matrices $\xi, \eta \in \mathbb{R}^{n\times N}$ we write $\langle \xi, \eta \rangle := \mathrm{trace}(\xi^T \eta)$ for the usual inner product of ξ and η, and $|\xi| := \langle \xi, \xi \rangle^{\frac{1}{2}}$ for the corresponding Euclidean norm. When $a \in \mathbb{R}^N$ and $b \in \mathbb{R}^n$ we write $a \otimes b \in$

$\mathbb{R}^{n\times N}$ for the tensor product defined as the matrix that has the element $a_r b_s$ in its r-th row and s-th column.

For a C^2 function $f\colon \Omega\times\mathbb{R}^{n\times N}\to\mathbb{R}$, we write

$$D_\xi f(x,\xi)[\eta] := \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\Big|_{t=0} f(x,\xi+t\eta)$$

and

$$D_{\xi\xi} f(x,\xi)[\eta,\eta] := \frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}\Big|_{t=0} f(x,\xi+t\eta)$$

for ξ, $\eta\in\mathbb{R}^{n\times N}$ and for almost every $x\in\Omega$.
With the symbol $B(x,r)=B_r(x)=\{y\in\mathbb{R}^n:\ |y-x|<r\}$, we will denote the ball centered at x of radius r and

$$(u)_{x_0,r} = \fint_{B_r(x_0)} u(x)\,dx,$$

stands for the integral mean of u over the ball $B_r(x_0)$. We shall omit the dependence on the center when it is clear from the context.

2.1 - An auxiliary function

As usual, we shall use the following auxiliary function

$$V_p(\xi) := \left(\mu^2+|\xi|^2\right)^{\frac{p-2}{4}}\xi, \text{ for all } \xi\in\mathbb{R}^{N\times n}. \tag{2.6}$$

2.2 - Some useful lemmas

The following results are proved in (Acerbi E. and Fusco N., 1989), and will be useful to estimate the L^p norm of D^2u, using the L^2 norm of the difference quotient of $V_p(Du)$.

Lemma 2.2. *For every $\gamma\in\left(-\frac{1}{2},0\right)$ and $\mu\geq 0$ we have*

$$\begin{aligned} c_0(\gamma)\left(\mu^2+|\xi|^2+|\eta|^2\right)^\gamma &\leq \int_0^1 \left(\mu^2+|t\xi+(1-t)\eta|^2\right)^\gamma dt \\ &\leq c_1(\gamma)\left(\mu^2+|\xi|^2+|\eta|^2\right)^\gamma, \end{aligned} \tag{2.7}$$

for every $\xi,\eta\in\mathbb{R}^k$.

Lemma 2.3. *For every $\gamma\in\left(-\frac{1}{2},0\right)$ and $\mu\geq 0$ we have*

$$(2\gamma+1)|\xi-\eta| \leq \frac{\left|\left(\mu^2+|\xi|^2\right)^\gamma\xi-\left(\mu^2+|\eta|^2\right)^\gamma\eta\right|}{\left(\mu^2+|\xi|^2+|\eta|^2\right)^\gamma} \leq \frac{c(k)}{2\gamma+1}|\xi-\eta|, \tag{2.8}$$

for every $\xi, \eta \in \mathbb{R}^k$.

The next lemma can be proved using an iteration technique, and will be needed in the following, where we will refer to this as Iteration Lemma.

Lemma 2.4 (Iteration Lemma)**.** *Let* $h : [\rho, R] \to \mathbb{R}$ *be a nonnegative bounded function,* $0 < \theta < 1$, $A, B \geq 0$ *and* $\gamma > 0$. *Assume that*

$$h(r) \leq \theta h(d) + \frac{A}{(d-r)^\gamma} + B$$

for all $\rho \leq r < d \leq R_0 < R$. *Then*

$$h(\rho) \leq \frac{cA}{(R_0 - \rho)^\gamma} + cB,$$

where $c = c(\theta, \gamma) > 0$.

For the proof we refer to (Giusti E., 2003), [Lemma 6.1].

2.3 - Finite difference and difference quotient

In what follows, we denote, for every function f, for $h \in \mathbb{R}$, and being e_s the unit vector in the x_s direction, the finite difference

$$\tau_{s,h} f(x) := f(x + he_s) - f(x).$$

Here we recall some properties of the finite difference.

Proposition 2.5. *Let* f *and* g *be two functions such that* $f, g \in W^{1,p}(\Omega, \mathbb{R}^N)$ *with* $p \geq 1$, *and let us consider the set*

$$\Omega_{|h|} := \{x \in \Omega : dist(x, \partial\Omega) > |h|\}.$$

Then the following properties hold:

1. $\tau_{s,h} f \in W^{1,p}(\Omega_{|h|}, \mathbb{R}^N)$ *and*

$$D_i(\tau_{s,h} f) = \tau_{s,h}(D_i f);$$

2. *if at least one of the functions* f *or* g *has support contained in* $\Omega_{|h|}$, *then*

$$\int_\Omega f \tau_{s,h} g dx = \int_\Omega g \tau_{s,-h} f dx;$$

3. *we have*

$$\tau_{s,h}(fg)(x) = f(x + he_s)\tau_{s,h} g(x) + g(x)\tau_{s,h} f(x).$$

The following lemmas describe fundamental properties of finite differences and difference quotients of Sobolev functions.

Lemma 2.6. *If* $0 < \rho < R$, $|h| < \frac{R-\rho}{2}$, $1 < p < +\infty$, $s \in \{1,...,n\}$ *and* $f, D_s f \in L^p(B_R, \mathbb{R}^N)$, *then*

$$\int_{B_\rho} |\tau_{s,h} f(x)|^p dx \leq |h|^p \int_{B_R} |D_s f(x)|^p dx.$$

Moreover, for $\rho < R$, $|h| < \frac{R-\rho}{2}$,

$$\int_{B_\rho} |f(x+he_s)|^p dx \leq c(n,p) \int_{B_R} |f(x)|^p dx.$$

Lemma 2.7. *Let* $f : \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}^N$, $f \in L^p(B_R, \mathbb{R}^N)$ *with* $1 < p < +\infty$. *Suppose that there exist* $\rho \in (0,R)$ *and* $M > 0$ *such that*

$$\sum_{s=1}^{n} \int_{B_\rho} |\tau_{s,h} f(x)|^p dx \leq M^p |h|^p$$

for every $h < \frac{R-\rho}{s}$. *Then* $f \in W^{1,p}(B_R, \mathbb{R}^N)$. *Moreover*

$$\|Df\|_{L^p(B_\rho)} \leq M.$$

3 - PROOF OF THEOREM 1.1

It is well known that every local minimizer of the functional (1.1) is a weak solution $u \in W^{1,p}(\Omega, \mathbb{R}^N)$ of the corresponding Euler-Lagrange system, i.e.

$$\operatorname{div} A(x, Du(x)) = 0, \tag{3.9}$$

where we set

$$A_i^\alpha(x,\xi) := D_{\xi_i^\alpha} f(x,\xi), \text{ for all } \alpha = 1,...,N \text{ and } i = 1,\ldots,n. \tag{3.10}$$

Assumptions (1.2) and (1.3) can be written as

$$|A(x,\xi)| \leq c(\mu^2 + |\xi|^2)^{\frac{p-1}{2}}, \text{ for some constant } c \geq 0, \tag{3.11}$$

$$\langle A(x,\xi) - A(x,\eta), \xi - \eta \rangle \geq \alpha |\xi - \eta|^2 \left(\mu^2 + |\xi|^2 + |\eta|^2\right)^{\frac{p-2}{2}}, \tag{3.12}$$

for every ξ, $\eta \in \mathbb{R}^{n \times N}$ and for almost every $x \in \Omega$.

Concerning the dependence on the x-variable, assumption (1.4) translates into the following

$$|A(x,\xi) - A(y,\xi)| \leq (g(x) + g(y)) |x-y| \left(\mu^2 + |\xi|^2\right)^{\frac{p-1}{2}} \tag{3.13}$$

for every $\xi \in \mathbb{R}^{N \times n}$ and for almost every $x, y \in \Omega$.

Proof of Theorem 1.1. Let us fix a ball $B_R(x_0) = B_R$ of radius $R \in (0, \operatorname{dist}(x_0, \partial\Omega))$, and consider $\frac{R}{2} < r < \tilde{s} < t < \tilde{t} < \lambda r < R < 1$, with $1 < \lambda < 2$. Let's test the equation (3.9) with the function $\varphi = \tau_{s,-h}(\eta^2 \tau_{s,h} u)$, where $\eta \in C_0^\infty(B_t)$ is a cut off function such that $\eta = 1$ on $B_{\tilde{s}}$, $|D\eta| \leq \frac{c}{t-\tilde{s}}$.
With this choice of φ, and by 2 of Proposition 2.5, we get

$$\int_{B_R} \left\langle \tau_{s,h} A(x, Du(x)), D(\eta^2(x)(\tau_{s,h} u(x))) \right\rangle dx = 0.$$

After some manipulations, and dropping the vector e_s to simplify the notations, we can write the last equality as follows

$$\begin{aligned}
I_0 &:= \int_{B_R} \left\langle A(x+h, Du(x+h)) - A(x+h, Du(x)), \eta^2(x) D(\tau_{s,h} u(x)) \right\rangle dx \\
&= -\int_{B_R} \left\langle A(x+h, Du(x)) - A(x, Du(x)), \eta^2(x) D(\tau_{s,h} u(x)) \right\rangle dx \\
&- \int_{B_R} \left\langle \tau_{s,h} A(x, Du(x)), 2\eta(x) D\eta(x) \otimes \tau_{s,h} u(x) \right\rangle dx \\
&= -\int_{B_R} \left\langle A(x+h, Du(x)) - A(x, Du(x)), \eta^2(x) D(\tau_{s,h} u(x)) \right\rangle dx \\
&- \int_{B_R} \left\langle A(x, Du(x)), \tau_{s,-h}\Big(2\eta(x) D\eta(x) \otimes \tau_{s,h} u(x)\Big) \right\rangle dx \\
&= -\int_{B_R} \left\langle A(x+h, Du(x)) - A(x, Du(x)), \eta^2(x) D(\tau_{s,h} u(x)) \right\rangle dx \\
&- \int_{B_R} \left\langle A(x, Du(x)), \tau_{s,-h}\Big(2\eta(x) D\eta(x)\Big) \otimes \tau_{s,h} u(x) \right\rangle dx \\
&- \int_{B_R} \left\langle A(x, Du(x)), 2\eta(x) D\eta(x) \otimes \tau_{s,-h}\Big(\tau_{s,h} u(x)\Big) \right\rangle dx \\
&=: I + II + III. \qquad (3.14)
\end{aligned}$$

Previous equality implies that

$$I_0 \leq |I| + |II| + |III|. \qquad (3.15)$$

In order to estimate the integral $|I|$, we use the hypothesis (3.13) and Young's inequality, as follows

$$\begin{aligned}
|I| &\leq c|h| \int_{B_R} \eta^2(x) \left(g(x) + g(x+h)\right) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p-1}{2}} |D\tau_{s,h} u(x)| dx \\
&\leq c|h| \int_{B_R} \eta^2(x) \left(g(x) + g(x+h)\right) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p-1}{2}}
\end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
&\cdot |D(\tau_{s,h}u(x))|dx \\
&\leq \varepsilon \int_{B_R} \eta^2(x)|D(\tau_{s,h}u(x))|^2 \left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p-2}{2}} dx \\
&+ c_\varepsilon |h|^2 \int_{B_R} \eta^2(x) \left(g^2(x)+g^2(x+h)\right) \\
&\cdot \left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx. \qquad (3.16)
\end{aligned}
$$

Now, we estimate $|II|$ by (3.11) and the properties of η thus obtaining

$$
\begin{aligned}
|II| &\leq \frac{c|h|}{(t-\tilde{s})^2} \int_{B_t} \left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p-1}{2}} |\tau_{s,h}u(x)|dx \\
&\leq \frac{c|h|}{(t-\tilde{s})^2} \left(\int_{B_t} \left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx\right)^{\frac{p-1}{p}} \left(\int_{B_t} |\tau_{s,h}u(x)|^p dx\right)^{\frac{1}{p}}, \qquad (3.17)
\end{aligned}
$$

where, in the last inequality, we used Hölder's inequality. By virtue of the first inequality of Lemma 2.6, we obtain

$$
|II| \leq \frac{c|h|^2}{(t-\tilde{s})^2} \int_{B_{\tilde{t}}} \left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx. \qquad (3.18)
$$

The term $|III|$ is estimated using the hypothesis (3.11) again, the properties of η, Hölder's inequality and Lemma 2.6, as follows

$$
\begin{aligned}
|III| &\leq \frac{c}{t-\tilde{s}} \int_{B_t} \left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p-1}{2}} |\tau_{s,-h}(\tau_{s,h}u(x))|dx \\
&\leq \frac{c}{t-\tilde{s}} \left(\int_{B_t} \left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx\right)^{\frac{p-1}{p}} \left(\int_{B_t} |\tau_{s,-h}(\tau_{s,h}u(x))|^p dx\right)^{\frac{1}{p}} \\
&\leq \frac{c|h|}{t-\tilde{s}} \left(\int_{B_t} \left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx\right)^{\frac{p-1}{p}} \left(\int_{B_{\tilde{t}}} |\tau_{s,h}Du(x))|^p dx\right)^{\frac{1}{p}}, \qquad (3.19)
\end{aligned}
$$

where in the last inequality we used Lemma 2.6 and (1) of Proposition 2.5.

By the assumption (3.12), we get

$$
|I_0| \geq \alpha \int_{B_R} \eta^2(x) \left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p-2}{2}} |\tau_{s,h}Du(x)|^2 dx. \qquad (3.20)
$$

Inserting estimates (3.16), (3.18), (3.19) and (3.20) in (3.15), we obtain

$$
\begin{aligned}
&\alpha \int_{B_R} \eta^2(x) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p-2}{2}} |\tau_{s,h} Du(x)|^2 dx \\
&\leq \varepsilon \int_{B_R} \eta^2(x) |D(\tau_{s,h} u(x))|^2 \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p-2}{2}} dx \\
&+ c_\varepsilon |h|^2 \int_{B_R} \eta^2(x) \left(g^2(x) + g^2(x+h)\right) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \\
&+ \frac{c|h|^2}{(t-\tilde{s})^2} \int_{B_{\tilde{t}}} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \\
&+ \frac{c|h|}{t-\tilde{s}} \left(\int_{B_t} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \right)^{\frac{p-1}{p}} \left(\int_{B_{\tilde{t}}} |\tau_{s,h} Du(x))|^p dx \right)^{\frac{1}{p}}. \qquad (3.21)
\end{aligned}
$$

Choosing $\varepsilon = \frac{\alpha}{2}$ in the previous estimate, we can reabsorb the first integral in the right hand side by the left hand side thus getting

$$
\begin{aligned}
&\int_{B_R} \eta^2(x) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p-2}{2}} |\tau_{s,h} Du(x)|^2 dx \\
&\leq c|h|^2 \int_{B_R} \eta^2(x) \left(g^2(x) + g^2(x+h)\right) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \\
&+ \frac{c|h|^2}{(t-\tilde{s})^2} \int_{B_{\tilde{t}}} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \\
&+ \frac{c|h|}{t-\tilde{s}} \left(\int_{B_t} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \right)^{\frac{p-1}{p}} \left(\int_{B_{\tilde{t}}} |\tau_{s,h} Du(x))|^p dx \right)^{\frac{1}{p}}, \qquad (3.22)
\end{aligned}
$$

with $c = c(\alpha, p, n, N)$.

Dividing previous estimate by $|h|^2$ and using Lemma 2.3, we have

$$
\begin{aligned}
&\int_{B_R} \eta^2(x) \frac{|\tau_{s,h}(V_p(Du(x)))|^2}{|h|^2} dx \\
&\leq c \int_{B_R} \eta^2(x) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p-2}{2}} \frac{|\tau_{s,h} Du(x)|^2}{|h|^2} dx \\
&\leq c \int_{B_R} \eta^2(x) \left(g^2(x) + g^2(x+h)\right) \left(\mu^2 + |Du(x)|^2 + |Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \\
&+ \frac{c}{(t-\tilde{s})^2} \int_{B_{\tilde{t}}} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx
\end{aligned}
$$

$$+\frac{c}{t-\tilde{s}}\left(\int_{B_t}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx\right)^{\frac{p-1}{p}}\left(\int_{B_{\tilde{t}}}\frac{|\tau_{s,h}Du(x))|^p}{|h|^p}dx\right)^{\frac{1}{p}}. \tag{3.23}$$

Now, by Hölder's inequality and Lemma 2.3, we get

$$\begin{aligned}
&\int_{B_R}\eta^2(x)\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx\\
&\leq\int_{B_R}\eta^2(x)\frac{\left|\tau_{s,h}\left(V_p\left(Du(x)\right)\right)\right|^p}{|h|^p}\left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p(2-p)}{4}}dx\\
&\leq\left(\int_{B_R}\eta^2(x)\frac{\left|\tau_{s,h}\left(V_p\left(Du(x)\right)\right)\right|^2}{|h|^2}dx\right)^{\frac{p}{2}}\\
&\cdot\left(\int_{B_R}\eta^2(x)\left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx\right)^{\frac{2-p}{2}},
\end{aligned} \tag{3.24}$$

and therefore, combining (3.23) and (3.24), we have

$$\begin{aligned}
&\int_{B_R}\eta^2(x)\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx\\
&\leq c\Bigg\{\int_{B_R}\eta^2(x)\left(g^2(x)+g^2(x+h)\right)\left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx\\
&+\frac{1}{(t-\tilde{s})^2}\int_{B_{\lambda r}}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx\\
&+\frac{1}{t-\tilde{s}}\left(\int_{B_t}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx\right)^{\frac{p-1}{p}}\left(\int_{B_{\tilde{t}}}\frac{|\tau_{s,h}Du(x))|^p}{|h|^p}dx\right)^{\frac{1}{p}}\Bigg\}^{\frac{p}{2}}\\
&\cdot\left\{\int_{B_R}\eta^2(x)\left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx\right\}^{\frac{2-p}{2}}.
\end{aligned} \tag{3.25}$$

Using Young's inequality with exponents $\frac{2}{p}$ and $\frac{2}{2-p}$, which is legitimate since $1<p<2$, and the properties of η, we have

$$\begin{aligned}
&\int_{B_R}\eta^2(x)\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx\\
&\leq c\int_{B_R}\eta^2(x)\left(g^2(x)+g^2(x+h)\right)\left(\mu^2+|Du(x)|^2+|Du(x+h)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx
\end{aligned}$$

$$+c\left(1+\frac{1}{(t-\tilde{s})^2}\right)\int_{B_{\tilde{t}}}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx$$
$$+\frac{c}{t-\tilde{s}}\left(\int_{B_t}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx\right)^{\frac{p-1}{p}}\left(\int_{B_{\tilde{t}}}\frac{|\tau_{s,h}Du(x))|^p}{|h|^p}dx\right)^{\frac{1}{p}}. \tag{3.26}$$

Using Young's inequality with exponents p and $\frac{p}{p-1}$ to estimate the last integral in the right hand side, we obtain

$$\int_{B_R}\eta^2(x)\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx\le c\int_{B_{\tilde{t}}}g^2(x)dx+c\int_{B_{\tilde{t}}}g^2(x)\,|Du(x)|^p\,dx$$
$$+c\left(1+\frac{1}{(t-\tilde{s})^2}+\frac{1}{(t-\tilde{s})^{\frac{p}{p-1}}}\right)\int_{B_R}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx$$
$$+\frac{1}{2}\int_{B_{\lambda r}}\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx. \tag{3.27}$$

Recalling that $\eta=1$ on $B_{\tilde{s}}$, we obtain

$$\int_{B_{\tilde{s}}}\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx\le\frac{1}{2}\int_{B_{\tilde{t}}}\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx$$
$$+c\int_{B_{\tilde{t}}}g^2(x)dx+c\int_{B_{\tilde{t}}}g^2(x)\,|Du(x)|^p\,dx$$
$$+c\left(1+\frac{1}{(t-\tilde{s})^2}+\frac{1}{(t-\tilde{s})^{\frac{p}{p-1}}}\right)\int_{B_R}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx. \tag{3.28}$$

Since the previous estimate holds for every $r<\tilde{s}<t<\tilde{t}<\lambda r$, and the constant appearing in (3.28) are indipendent of t, we can pass to the limit as $t\to\tilde{t}$, thus getting

$$\int_{B_{\tilde{s}}}\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx\le\frac{1}{2}\int_{B_{\tilde{t}}}\frac{\left|\tau_{s,h}Du(x)\right|^p}{|h|^p}dx$$
$$+c\int_{B_{\tilde{t}}}g^2(x)dx+c\int_{B_{\tilde{t}}}g^2(x)\,|Du(x)|^p\,dx$$
$$+c\left(1+\frac{1}{(\tilde{t}-\tilde{s})^2}+\frac{1}{(\tilde{t}-\tilde{s})^{\frac{p}{p-1}}}\right)\int_{B_R}\left(\mu^2+|Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}}dx. \tag{3.29}$$

By virtue of Lemma 2.4, we have

$$\int_{B_r} \frac{\left|\tau_{s,h} Du(x)\right|^p}{|h|^p} dx \le c \int_{B_{\lambda r}} g^2(x) dx + c \int_{B_{\lambda r}} g^2(x) \left|Du(x)\right|^p dx$$
$$+ c \left(1 + \frac{1}{r^2(\lambda-1)^2} + \frac{1}{r^{\frac{p}{p-1}} (\lambda-1)^{\frac{p}{p-1}}}\right) \int_{B_{\lambda r}} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx \quad (3.30)$$

and so, by Lemma 2.6,

$$\int_{B_r} |D^2 u(x)|^p dx \le c \int_{B_{\lambda r}} g^2(x) dx + c \int_{B_{\lambda r}} g^2(x) \left|Du(x)\right|^p dx$$
$$+ c \left(1 + \frac{1}{r^2(\lambda-1)^2} + \frac{1}{r^{\frac{p}{p-1}} (\lambda-1)^{\frac{p}{p-1}}}\right) \int_{B_{\lambda r}} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx. \quad (3.31)$$

To go further in the estimate, we have to study the term

$$\int_{B_{\lambda r}} g^2(x) \left|Du(x)\right|^p dx. \quad (3.32)$$

To do this, our first step is to apply Hölder's inequality with exponents $\frac{q}{2}$ and $\frac{q}{q-2}$, thus obtaining

$$\int_{B_{\lambda r}} g^2(x) \left|Du(x)\right|^p dx \le \left(\int_{B_{\lambda r}} g^q(x) dx\right)^{\frac{2}{q}} \left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^{\frac{pq}{q-2}} dx\right)^{\frac{q-2}{q}}, \quad (3.33)$$

and the second integral in the right hand side term of (3.33) converges for $\frac{pq}{q-2} \le \frac{np}{n-p}$, that is $q \ge \frac{2n}{p}$.

Now we distinguish between two cases.

Case I $\left(q = \frac{2n}{p}\right)$. In case $q = \frac{2n}{p}$, estimate (3.33) becomes

$$\int_{B_{\lambda r}} g^2(x) |Du(x)|^p dx \le \left(\int_{B_{\lambda r}} g^{\frac{2n}{p}}(x) dx\right)^{\frac{p}{n}} \cdot \left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^{\frac{np}{n-p}} dx\right)^{\frac{n-p}{n}}. \quad (3.34)$$

Now we observe that, if $u \in W^{2,p}_{\mathrm{loc}}(\Omega)$, then $Du \in W^{1,p}_{\mathrm{loc}}(\Omega)$ and, by Sobolev's embedding Theorem, $W^{1,p}_{\mathrm{loc}}(\Omega) \hookrightarrow L^{p^*}_{\mathrm{loc}}(\Omega)$, where $p^* = \frac{np}{n-p}$.
So, for a positive constant $c = c(n,p)$, we have

$$\int_{B_{\lambda r}} g^2(x)|Du(x)|^p dx \le c\left(\int_{B_{\lambda r}} g^q(x)dx\right)^{\frac{2}{q}} \int_{B_{\lambda r}} \left(|D^2u(x)|^p + |Du(x)|^p\right) dx. \tag{3.35}$$

By the assumption $g \in L^q_{\mathrm{loc}}(\Omega)$, and by the absolute continuity if the integral, there exists $R_0 > 0$ such that, for every $R < R_0$, we have

$$c\left(\int_{B_R} g^q(x)dx\right)^{\frac{2}{q}} < \frac{1}{2}. \tag{3.36}$$

For this choice of R, joining (3.31), (3.33), (3.35), (3.36), we get:

$$\int_{B_r} \left|D^2u(x)\right|^p dx \le c\int_{B_{\lambda r}} g^2(x)dx + \frac{1}{2}\int_{B_{\lambda r}} \left|D^2u(x)\right|^p dx$$
$$+ c\left(1 + \frac{1}{r^2(\lambda-1)^2} + \frac{1}{r^{\frac{p}{p-1}}(\lambda-1)^{\frac{p}{p-1}}}\right)\int_{B_{\lambda r}} \left(\mu^2 + |Du(x)|^2\right)^{\frac{p}{2}} dx. \tag{3.37}$$

Since (3.37) holds for all r and for all $\lambda \in (1,2)$, setting $\rho = r$, $R_0 = \lambda r$, $\gamma = \frac{p}{p-1}$ and

$$h(\rho) = \int_{B_\rho} \left|D^2u(x)\right|^p dx,$$

by Lemma 2.4, we have

$$\|D^2u\|_{L^p(B_r)} \le c(\alpha, p, n, N, \|g\|_{L^q(B_R)})\left(\|Du\|_{L^p(B_R)} + 1\right). \tag{3.38}$$

A standard covering argument yields the conclusion.

Case II $\left(q > \frac{2n}{p}\right)$. For $q > \frac{2n}{p}$ we have $p < \frac{pq}{q-2} < \frac{np}{n-p}$, and setting $\theta := \frac{2n}{pq} < 1$, we have

$$\frac{q-2}{pq} = \frac{1-\theta}{p} + \frac{\theta(n-p)}{np},$$

and we can use the interpolation inequality to estimate the last integral in (3.33) as follows

$$\left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^{\frac{pq}{q-2}} dx\right)^{\frac{q-2}{q}} \le \left[\left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^p dx\right)^{\frac{1-\theta}{p}}\right.$$

$$\cdot \left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^{\frac{np}{n-p}} dx \right)^{\frac{\theta(n-p)}{np}} \Bigg]^p, \tag{3.39}$$

and by (3.33), recalling the definition of θ, we get

$$\int_{B_{\lambda r}} g^2(x)|Du(x)|^p dx \leq \left(\int_{B_{\lambda r}} g^q(x) dx \right)^{\frac{2}{q}} \left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^p dx \right)^{\frac{pq-2n}{pq}}$$
$$\cdot \left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^{\frac{np}{n-p}} dx \right)^{\frac{2(n-p)}{pq}}. \tag{3.40}$$

Then, by Sobolev's embedding Theorem, we have

$$\int_{B_{\lambda r}} g^2(x)|Du(x)|^p dx \leq \left(\int_{B_{\lambda r}} g^q(x) dx \right)^{\frac{2}{q}} \left(\int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^p dx \right)^{\frac{pq-2n}{pq}}$$
$$\cdot \left(\int_{B_{\lambda r}} \left(|Du^2(x)|^p + |Du(x)|^p \right) dx \right)^{\frac{2n}{pq}}. \tag{3.41}$$

Now, since $q > \frac{2n}{p}$, we can use Young's inequality with exponents $\left(\frac{pq}{pq-2n}, \frac{pq}{2n} \right)$, thus getting, for every $\varepsilon > 0$,

$$\int_{B_{\lambda r}} g^2(x)|Du(x)|^p dx \leq c \left(\int_{B_{\lambda r}} g^q(x) dx \right)^{\frac{2}{q}} \left[c_\varepsilon \int_{B_{\lambda r}} |Du(x)|^p dx \right.$$
$$\left. + \varepsilon \int_{B_{\lambda r}} \left(|D^2 u(x)|^p + |Du(x)|^p \right) dx \right]. \tag{3.42}$$

Now we choose ε such that

$$\varepsilon \cdot \left[c \left(\int_{B_R} g^q(x) dx \right)^{\frac{2}{q}} \right] < \frac{1}{2}, \tag{3.43}$$

so that we can obtain the estimate (3.37) again, and apply Lemma 2.4 in the same way, thus getting (3.38) in this case too.

We remark that, differently from the previous case, when $q > \frac{2n}{p}$, we don't need to use a covering argument to conclude. In fact, in (3.43), we just choose a

suitable value of ε, which depends on the norm of g in $L^q(B_R)$, while the radius of the ball on which the integral in the left hand side is taken does not depend on the L^q-norm of g: here, differently from (3.36), we don't use the absolute continuity of the integral. □

4 - REFERENCES

Acerbi E. and Fusco N. (1989), Regularity for minimizers of nonquadratic functionals: The case $1 < p < 2$, *J. Math. Anal. Appl.*, **140**, no. 1, 115-135.

Baisón A. L., Clop A., Giova R., Orobitg J. and Passarelli di Napoli A. (2017), Fractional differentiability for solutions of nonlinear elliptic equations, *Potential Anal.*, **46**, no. 3, 403-430.

Carozza M., Kristensen J. and Passarelli di Napoli A. (2011), Higher differentiability of minimizers of convex variational integrals,*Ann. Inst. H. Poincaré Anal. Non Linéaire* **28**, no. 3, 395-411.

Clop A., Faraco D., Mateu J., Orobitg J. and Zhong X. (2009), Beltrami equations with coefficient in the Sobolev space $W^{1,p}$, *Publ. Mat.*, **53**, no. 1, 197-230.

Clop A., Giova R. and Passarelli di Napoli A. (2017), Besov regularity for solutions of p-harmonic equations, *Adv. Nonlinear Anal.*, DOI: 10.1515/anona-2017-0030

Cruz-Uribe D., Moen K. and Rodney S. (2016), Regularity results for weak solutions of elliptic PDEs below the natural exponent, *Ann. Mat. Pura Appl.*, (4), **195** , no. 3.

Diening L., Stroffolini B. and Verde A. (2009), Everywhere regularity of functionals with ϕ-growth, *Manu. Math.*, **129**, 449-481.

Diening L., Stroffolini B. and Verde A. (2011), Lipschitz regularity for some asymptotically convex problems. *ESAIM Control Optim. Calc. Var.*, (1), **17**, 178-189.

Eleuteri M., Marcellini P., Mascolo E. (2016), Lipschitz estimates for systems with ellipticity conditions at infinity, *Ann. Mat. Pura e Appl.*, (4), **195** 1575-1603.

Eleuteri M., Marcellini P., Mascolo E. (2016), Lipschitz continuity for energy integrals with variable exponents, *Atti Accad. Naz. Lincei Rend. Lincei Mat. Appl.*, **27** 61-87.

Fusco N. and Hutchinson J. E. (1985). $C^{1,\alpha}$ partial of function minimizing quasiconvex integrals. *Manuscripta Math.*, **54**, 121–143.

Giaquinta M. (1983), Multiple Integrals in the Calculus of Variations and Nonlinear Elliptic Systems, *Ann. of Math. Stud.*, **105**, Princeton University Press.

Giaquinta M. and Modica G. (1986), Remarks on the regularity of the minimizers of certain degenerate functionals. *Manu. Math.*, **57**, 55-99.

Giova R., Passarelli Di Napoli A. (2017), Regularity results for a priori bounded minimizers of non-autonomous functionals with discontinuous coefficients, *Adv. Calc. Var.*.

Giova R. (2015), Higher differentiability for n-harmonic systems with Sobolev coefficients, *J. Differential Equations*, **259**, no. 11, 5667-5687.

Giusti E. (2003), Direct Methods in the Calculus of Variations, *World Scientific Publishing*.

Hajlasz P. (1996), Sobolev Spaces on an Arbitrary Metric Space, *Potential Anal.* **5** , 403-415.

Kristensen J. and Mingione G. (2010), Boundary Regularity in Variational Problems, *Arch Rational Mech. Anal.*, **198**, 369-455.

Kuusi T. and Mingione G. (2012), Universal potential estimates, *Journal of Functional Analysis*, **262**, 4205-4269.

Passarelli di Napoli A. (2014), Higher differentiability of minimizers of variational integrals with Sobolev coefficients, *Adv. Calc. Var.* **7** , no. 1, 59-89.
Passarelli di Napoli A. (2014), Higher differentiability of solutions of elliptic systems with Sobolev coefficients: The case $p = n = 2$, *Potential Anal.* **41**, no. 3, 715-735.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 201-204

Implicitization of Parametric Hypersurfaces via Points

Nota di Ferruccio Orecchia[1] e Isabella Ramella[1]

Presentata dal socio Carlo Sbordone
(Adunanza del 16 novembre 2018)

Keywords: Implicitization. Hypersurfaces.

Abstract - Given a parametric polynomial representation of an algebraic hypersurface **S** in the projective space we give a new algorithm for finding the implicit cartesian equation of **S**. The algorithm is based on finding a suitable finite number of points on **S** and computing, by linear algebra, the equation of the hypersurface of least degree that passes through the points. In particular the algorithm works for plane curves and surfaces in the ordinary three-dimensional space. Using C++ the algorithm has been implemented on an intel Pentium running Linux. Since our algorithm is based only on computations of linear algebra it reveals very efficient if compared with others that do not use linear algebra for the computations.

Riassunto - Data una rappresentazione parametrica polinomiale di una ipersuperficie algebrica **S** nello spazio proiettivo presentiamo un nuovo algoritmo per trovare l'equazione cartesiana implicita di **S**. L'algoritmo si basa sul trovare un opportuno numero finito di punti su **S** e calcolare, usando l'algebra lineare, l'equazione della ipersuperficie di grado minimo che passa per i punti. In particolare, l'algoritmo si applica alle curve piane e alle superfici dello spazio tridimensionale ordinario. Usando il software C++ l'algoritmo è stato implementato su un Intel Pentium con sistema operativo Linux. Poiché il nostro algoritmo si basa solo su calcoli di algebra lineare, si mostra molto efficiente se paragonato con altri che non usano l'algebra lineare per i calcoli.

1 - INTRODUCTION

The hypersurface implicitization problem has attracted many authors, also recently and in the case of ordinary curves and surfaces has applications to

[1] Dipartimento di Matematica e Applicazioni, Università di Napoli "Federico II", Via Cintia, 80126 Napoli, Italy; ferruccio.orecchia@unina.it; isabella.ramella@unina.it.

Computer aided Geometric Design and Geometric Modelling. The problem consists in determining an implicit representation of an irreducible parametric algebraic hypersurface in the projective n-dimensional space (in particular a plane curve or a surface). It has been classically faced by elimination theory and can be solved by the computation of Gröbner bases or by the computation of resultants. New methods have been recently introduced in (Abbot *et al.*, 2016). All these methods have been implemented in various softwares of Computer Algebra (see Abbot *et al.*, 2016). For doing these computations on the computer the hysurface has to be parametrically represented by polynomials with coefficients rational numbers (or more simply integers) and the result is an equation whose coefficients are rational numbers (or integers). Another possible representation of the coefficients of the parametric polynomials is in the set of integers modulo a prime number. In this paper, we introduce a new alternative method that reconducts the implicitation of **S** to the computation of the equation of the hypersurface that contains a suitable set of points on **S**. The algorithm works both on rational (or integers) numbers and on integers modulo a prime number. The algorithm is based on the fact that, if we find an appropriate set T of general points on **S**, a polynomial *F* vanishes on the polynomials that represent parametrically **S** if and only if F vanishes on T. This gives rise to a homogeneous linear system of equations. A non null solution of the system (which can be found very easily by Gauss reduction) gives the coefficients of the implicit equation of **S**. The algorithm of this paper applies to plane curves and surfaces in the ordinary space. The notations and results tacitly assumed in this article can be found in (Atiyah and Macdonald, 1969) and in (Hartshorne, 1977).

2 - COMPUTING THE IMPLICIT EQUATION OF A PARAMETRIC HYPERSURFACE BY POINTS

Let $\mathbf{P}^n$ the n-dimensional projective space over a field **k**.

Definition 1.1 We say that an irreducible (algebraic) hypersurface **S** is parametric if there exists a rational map *h* from $\mathbf{P}^m$ to $\mathbf{P}^n$ given by homogeneous polynomials f_i in m variables of the same degree r whose image is a dense subset of **S**.

Since **S** is a hypersurface, it is also the set of solutions of a homogeneous polynomial F in n+1 variables. We consider the polynomial *F* of least degree *d* that vanishes on **S**. The corresponding equation F=0 is said to implicitize the parametric hypersurface **S** and *F* is said to be the polynomial defining **S.** F is unique modulo a constant term of the field **k.**

Definition 1.2 (Orecchia, 1981) *A set S of N= (d+m)!/m!d! points of* $\boldsymbol{P}^n$ *is in generic position (or simply the points are in generic position) if it is not contained in a projective hypersurface of degree <d+1.*

Example 1.3 *Six points that do not lie on a conic and ten points that do not lie on a quadric surface are in generic position.*

Lemma 1.4 *Let* $\boldsymbol{S}$ *be a parametric hypersurface given by homogeneous polynomials of the same degree* r. *Let* d *be a fixed integer, and* P_i *be N points of* $\boldsymbol{P}^n$ *in generic position such that* $Q_i=h(Pi)$ *form a set T of N points of* $\boldsymbol{P}^n$. *If F' is a homogeneous polynomial of n variables with degree* $d'<d+1$ *then F' vanishes on* $\boldsymbol{S}$ *if and only if* F'' *vanishes on T.*

Proof. Clearly, since T is a subset of **S** a polynomial vanishing on **S** vanishes on T. We prove the converse by contradiction. Let F' be a homogeneous polynomial of degree d' vanishing on the set of points T and assume that there exists a point P such that F(h(P)) is not null. Then $F'(f_0,\ldots,f_n)$ is a non-zero polynomial of degree $d'r < dr+1$ vanishing on the points P_i and this contradicts the assumption of generic position.

By Lemma 1.4 the computation of the equation that defines **S** is reconducted to the computation of the equation that vanishes on a finite set of points. Before starting the computation one has to find a set of points in generic position. Almost all sets of N points are in generic position (Geramita and Orecchia, 1981).

3 – THE ALGORITHM

By the results of section 2, the problem of determining the implicit equation of a parametric hypersurface *S* is reconducted to the problem of finding a polynomial F that vanishes on a suitable set of points on **S**. In this section we construct an algorithm for solving this problem using only linear algebra.

Let T be a set of points Q_i and d be a positive integer. An homogeneous polynomial F of degree d vanishes on T if and only if, for any i, $F(Q_i)=0$. This gives a homogeneous linear system with coefficients in **k** in n indeterminates. Denote by B the set of terms of degree d in m the indeterminates, ordered with respect to any term ordering. The set B is a basis of the **k** vector space of the homogeneous polynomials F of degree d. Consider the matrix M whose generic element is the evaluation of the terms of B at the points Q_i.
All the previous results allow to formulate the following algorithm. Let **S** be a hypersurface.

ALGORITHM
INPUT: Degree d and coefficients of the polynomials f_i.
OUTPUT: Implicit equation F=0 of **S.**
1. Set $d = 1$.
2. Computation, in degree d, of the set T of points of Lemma 1.4

3. Computation of the rank r' of the matrix matrix M.
4 If r' is not maximal goto 5 else set d=d+1 and goto 2.
5. Compute a solution X of the null space of M and stop.

X gives the coefficients of the implicit equation F=0 of **S**.
Our algorithm was implemented in C++ on an Intel Pentium running Linux.
We have tested the algorithm for the computation of the implicit equation of hypersurfaces on various examples. Our results coincide with the ones obtained by other authors which compute the implicit equation with other methods. Since our algorithm is based on computations of linear algebra it reveals very efficient if compared with others that do not use linear algebra for the computations.

Remark 2.2 *The problem of implicitizing a parametric space curve was tackled in* (Albano *et al.*, 2000).

7 – REFERENCES

Abbott J., Bigatti A.M., Robbiano L. (2016) Implicitization of Hypersurfaces. J. Symb. Comput. 30, 137-149.

Albano G., Cioffi F., Orecchia F., Ramella F. (2000) Minimally generating ideals of rational parametric curves in polynomial time. J. Symb. Comput. 30, 137-149.

Atiyah M. F., Macdonald I. G. (1969) Introduction to Commutative Algebra. Reading, Mass. London-Don Mills, Ont. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Geramita A. V., Orecchia F. (1981) On the Cohen-Macaulay type of s-lines. J. Algebra 70, 89-133.

Hartshorne R. (1977) Algebraic Geometry, Graduate Texts in Mathematics 52 New York, Springer-Verlag.

Orecchia F. (1981) Points in generic position and conductors of curves with ordinary singularities, J. London Math. Soc. 24, 85–96.

Rend. Acc. Sc. fis. mat. Napoli
Vol. LXXXV, (2018) pp. 205-251

L'Osservatorio Meteorologico di S*an Marcellino* Napoli Centro: i dati dell'anno 2018

Nota di Adriano Mazzarella[1]*, Nicola Scafetta[1], Raffaele Di Cristo[1] e Raffaele Viola[1]

Presentata dal socio Giuseppe Marrucci
(Adunanza del 18 gennaio 2019)

Key words: Air temperature, atmospheric pressure, rainfall, solar radiation, wind intensity-direction, UV index

Abstract - The analysis of all meteorological parameters of the year 2018 shows that:
• The monthly mean pressure ranges between 1007.7 hPa of March and 1021.1 hPa of December, with an annual mean of 1015.2 hPa, with an absolute minimum of 992.1 hPa measured on 5 March at 14:00 and with an absolute maximum of 1032.5 hPa measured on December 26 at 8:10.
• The monthly mean air temperature ranges from 9.7°C of February and 27.0°C of August, with an annual mean of 18.8°C, with an absolute minimum of -0.1°C measured on 27 February at 8:00 and with an absolute maximum of 34.6 °C measured on July 31 at 14:50.
• The monthly mean relative humidity ranges from 66.0% of April and 73.8% of February, with an annual mean of 71.0%, with an absolute minimum of 24.0% measured on September 29 at 12:30 and with an absolute maximum of 95.0% measured on December 14 at 6:20.
• The mean monthly global solar radiation ranges between 180.5 W/m^2 of February and 427.3 W/m^2 of June, with an annual mean of 306.9 W/m^2 and with an absolute maximum of 1148.0 W/m^2 measured on June 23 at 13:30.
• The mean monthly UV Index ranges from 3.5 of December to 8.2 of September, with an annual average of 6.2 and with an absolute maximum of 13.2 measured on August 20 12.30.
• The monthly mean wind intensity ranges between 1.0 m/s of July and 2.0 m/s of October, with an annual mean of 1.4 m/s and with most intense gust of 32.2 m/s measured on October 29 at 16:40.

*Autore cui indirizzare la corrispondenza.
[1] Osservatorio Meteorologico. Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università degli Studi di Napoli Federico II, Largo San Marcellino 10, 80122 Napoli.

• The wind direction shows a mode from the North in February, November, December, from North-East in January, from South in June, from South-West in March, April, May, July, August, September.
•The monthly cumulative rainfall ranges from 7.4 mm of July to 178.7 mm of February, with a cumulative annual value of 908.3 mm and with an absolute maximum of 54.6 mm measured on October 6.

Riassunto - Dall'analisi di tutti i parametri meteo dell'anno 2018 emerge quanto segue:
• La pressione atmosferica media mensile oscilla fra 1007.7 hPa di novembre e 1021.1 hPa di dicembre, con una media annua di 1015.2 hPa, con un minimo assoluto di 992.1 hPa registrato il 5 marzo alle ore 14.00 e con un massimo assoluto di 1032.5 hPa registrato il 26 dicembre alle ore 8.10.
• La temperatura dell'aria media mensile oscilla fra 9.7°C di febbraio e 27.0°C di agosto, con una media annua di 18.8°C, con un minimo assoluto di -0.1°C registrato il 27 febbraio alle ore 8:00 e con un massimo assoluto di 34.6°C registrato il 31 luglio alle ore 14:50.
• L'umidità relativa media mensile oscilla fra 66.0% di aprile e 73.8% di febbraio, con una media annua di 71.0%, con un minimo assoluto del 24.0% registrato il 29 settembre alle ore 12:30 e con un massimo assoluto di 95.0% registrato il 14 dicembre alle ore 6:20.
• La radiazione solare globale media mensile oscilla fra 180.5 W/m^2 di febbraio e 427.3 W/m^2 di giugno, con una media annua di 306.9 W/m^2 e con un massimo assoluto di 1148.0 W/m^2 registrato il 23 giugno alle ore 13.30.
• L'indice UV medio mensile oscilla fra 3.5 di dicembre e 8.2 di settembre, con una media annua di 6.2 e con un massimo assoluto di 13.2 registrato il 20 agosto alle ore 12:30.
• L'intensità media mensile del vento oscilla tra 1.0 m/s di giugno e 2.0 m/s di ottobre, con una media annua di 1.4 m/s e con la raffica più intensa di 32.2 m/s registrata il 29 ottobre alle ore 16:40.
• La direzione del vento presenta una moda da Nord in febbraio, novembre, dicembre, da Nord-Est in gennaio, da Sud in giugno, da Sud-Ovest in marzo, aprile, maggio, luglio, agosto, settembre.
• La pioggia cumulata mensile oscilla tra il valore 7.4 mm di luglio e i 178.7 mm di febbraio, con un valore annuale cumulato di 908.3 mm e con un massimo giornaliero assoluto di 54.6 mm registrato il 6 ottobre.

1 - INTRODUZIONE

I dati meteo sono attualmente rilevati da una centralina automatica sita sulla torretta dell'edificio di San Marcellino (lat. 40°50'50" N; long. 14°15'29" E; quota 50 m slm), sede attuale del Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse a meno di 50 m dall'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere ed Arti in Napoli.

La stazione gestisce i seguenti sensori: temperatura dell'aria (°C), pressione atmosferica (hPa) (normalizzata a livello del mare), umidità relativa (%), velocità del vento (m/s), direzione del vento (°Nord), precipitazione (mm), radiazione solare globale (W/m^2), indice UV (scala da 0 a 16).

Per ogni mese i valori estremi giornalieri sono evidenziati in grassetto.

I dati sono acquisiti con cadenza di 10 minuti ed i valori, fatta eccezione per la pioggia che viene registrata come cumulata, sono quelli istantanei; i dati giornalieri di radiazione globale ed indice UV sono mediati sulla loro effettiva durata.

La direzione del vento è calcolata come moda sia a scala di 10 minuti per i grafici orari che a scala giornaliera per i grafici mensili. È considerata variabile (var.) quando la direzione non è stata registrata su uno stesso quadrante per più di 8 ore.

L'assenza del dato indica sensore fuori uso.

2- MATERIALI E METODI

Il bollettino meteorologico dell'anno 2018 è così organizzato:

- Un breve rapporto meteorologico per ogni mese;
- Una catalogazione delle medie orarie mensili (00 -23 h) e dei relativi grafici per ogni mese;
- Una catalogazione dei valori medi giornalieri e dei relativi grafici, per ogni mese, con l'indicazione dei valori estremi registrati;
- Un riepilogo mensile di tutti i parametri meteo relativo all'anno in corso;
- Un riepilogo mensile delle frequenze di precipitazione, temperature minime e massime distinte per soglia.

È possibile accedere via web alla consultazione dei dati rilevati in tempo reale all'indirizzo: http ://www.meteo.unina.it.

3 - RAPPORTI METEO MENSILI

GENNAIO 2018

Le medie delle temperature minime e massime di gennaio, a Napoli centro, sono state pari, rispettivamente, a 10.1°C e 15.3°C, circa tre gradi al di sopra delle relative medie stagionali. Il giorno più caldo è stato l'8 gennaio con 20.1°C. La pioggia, distribuita in 15 giorni, è stata di 81 mm, il 10% in meno della cumulata stagionale. Venti forti hanno messo spesso a dura prova la navigazione nel golfo, specie il giorno 17 (Sant'Antuono) quando le raffiche hanno raggiunto valori di 70 km/h. Tutto questo perché sul Mediterraneo aree anticicloniche hanno murato le correnti gelide russe-siberiane provenienti dai Balcani e aree cicloniche hanno agevolato l'ingresso di masse d'aria atlantica umida e mite direttamente dal golfo del Biscaglia. Ma l'anomalia termica di questo gennaio non è da record e rientra nella fisiologica variabilità del clima (il colonnello Bernacca era solito affermare che il clima non può mai impazzire perché pazzo da sempre). L'analisi dell'archivio storico dell'Università di Napoli Federico II mostra, infatti, che le medie delle temperature minime e massime di gennaio del 1936 (10.2°C e 16.6°C) e di gennaio 2007 (10.4°C e 15.5°C) sono state più elevate di quelle di quest'anno.

FEBBRAIO 2018

La prima decade di febbraio è stata caratterizzata da temperature al di sopra della media di 2-3°C e la rimanente parte del mese da temperature al di sotto della media di circa 3-4°C. Le medie delle temperature minime e massime dell'intero mese sono state, perciò, rispettivamente, di 7.5°C (in linea con la media del periodo) e 12.2°C (un grado in meno). Il cono del Vesuvio è stato ricoperto di neve per ben 11 giorni anche se non consecutivi. La pioggia caduta è stata pari a 179 mm, il 135% in più di quella che cade normalmente a febbraio e distribuita in 18 giorni. La notevole diminuzione di temperatura e la caduta di neve su tutta la Campania, anche su Napoli, sono state causate da un anomalo forte riscaldamento di una parte di atmosfera, chiamata stratosfera, compresa fra i 10 e i 50 km di altezza. Il fenomeno, noto come stratwarming, rilevabile attraverso i sondaggi in quota, si presenta in inverno soprattutto nell'emisfero Nord e ha già interessato l'Italia più volte come nel 1929, 1956, 1963, 1985, 2006 e 2012. Lo stratwarming non ha nulla a che fare con il global warming e le sue cause sono ancora poco conosciute anche se ci sono ipotesi che coinvolgono l'attività del sole. Lo stratwarming ha costretto l'anticiclone delle Azzorre a posizionarsi sulle alte latitudini e la presenza contemporanea di un'area di bassa pressione sul Mediterraneo ha favorito l'arrivo in Italia del Burian, aria gelida di origine siberiana. Questo vento si è infilato nella stretta valle della Bora, ha acquistato elevata velocità ed è stato responsabile della formazione di grandi quantità di neve anche a quote basse. È da ricordare la copiosa e non prevista nevicata (circa 10 cm a Posillipo) della mattinata del 27 febbraio a Napoli. L'evento nevoso è stato determinato da un inatteso ingresso di aria mite atlantica che è scivolata sullo strato superficiale di aria gelida già portato dal Burian nei giorni precedenti. La configurazione dello stratwarming è del tutto temporanea e reversibile.

MARZO 2018

Marzo 2018 ha sorpreso per la notevole variabilità atmosferica e le numerose incursioni di masse d'aria diverse provenienti dalla Siberia, dall'Atlantico e dall'Africa. Queste si sono scontrate duramente sul Mediterraneo per permettere il passaggio dall'inverno alla primavera. Tale dinamicità atmosferica ha determinato 18 giorni di pioggia (con due sequenze di giorni consecutive di otto e di sette giorni) e un totale mensile di 112 mm, il 70% in più del valore cumulato stagionale. Forti venti di scirocco e di maestrale, con punte di 70 km/h, hanno messo a dura prova la navigazione nel golfo dal 18 al 21marzo. Il cono del Vesuvio è stato ricoperto da neve l'1marzo e nel periodo compreso tra il 22 al 26 marzo. La media delle temperature minime è stata di 10.2°C, un grado e mezzo in più della media del periodo, mentre quella delle temperature massime è stata di 15.3°C, mezzo grado in meno. Il giorno più freddo è stato il primo marzo con una temperatura minima di 2.9°C.

APRILE 2018

La presenza quasi costante dell'anticiclone africano sul Sud dell'Italia ha determinato valori elevati di pressione atmosferica, di umidità notturna (che spesso ha raggiunto il 90%) e presenza di venti meridionali carichi di sabbia. Ecco perché, ad eccezione della prima decade, la temperatura dell'aria di aprile 2018, a Napoli centro, ha sempre raggiunto valori elevati sia di giorno che di notte con medie mensili delle temperature minime giornaliere di 15.4°C (4.3°C più alta della media stagionale) e delle temperature massime di 22.1°C (3.1°C più alta). La pioggia caduta nell'intero mese è stata di 19 mm, il 70% in meno di quella che cade normalmente ad aprile e concentrata nei rovesci dell'1 e del 9 maggio. Le medie mensili delle temperature minime e massime di aprile 2018 sono state le più alte in assoluto a partire dal 1872 cioè da quando l'Osservatorio Meteorologico dell'Università di Napoli Federico II è diventato operativo. Esse hanno tolto il primato di caldo alla minima di aprile 2007 (14.8°C) e alla massima di aprile 1934 (21.8°C). Il giorno più caldo è stato il 29 aprile con 29.6°C, ma ancora lontano dai record di temperatura massima giornaliera dell'8 aprile 1886 (32.3°C) e del 18 aprile 1940 (32.5°C).

MAGGIO 2018

La temperatura dell'aria di maggio 2018 è stata molto variabile: al di sopra della media stagionale nei primi 2 giorni, al di sotto della media fino al giorno 19 e ancora al di sopra nei rimanenti giorni. La media delle minime è stata così di 17.9°C, più elevata di 3.0°C della relativa media stagionale, mentre quella delle massime è stata di 23.4°C, in linea con la media. Il giorno più caldo è stato il 29 maggio con 30.7°C mentre tutti i giorni più freddi sono stati intorno a metà maggio nel rispetto del detto "A mezzo maggio coda dell'inverno". Le precipitazioni hanno raggiunto i 71 mm, il 55% in più di quanto piove normalmente a maggio e concentrate nei rovesci dei giorni 3, 9 e 23. La variabilità atmosferica di questo mese è dovuta alla prolungata presenza dell'anticiclone delle Azzorre ad Ovest del Mediterraneo posizionato una volta più a Sud e una volta più a Nord, in grado di attrarre prima aria calda africana e poi aria fresca atlantica. È utile ricordare che la siccità che ha caratterizzato il 2017 è ormai un lontano ricordo dal momento che la pioggia caduta da gennaio di quest'anno a tutt'oggi ammonta a 465 mm, appena 50 mm in meno della pioggia caduta nell'intero 2017.

GIUGNO 2018

Giugno è stato molto variabile: la temperatura dell'aria, quasi ogni 4-5 giorni, ha oscillato al di sopra e al di sotto della media stagionale. Tale disomogeneità termica appartiene, però, alla fisiologia di giugno che dalla primavera si consegna all'estate. La media delle temperature minime e massime è stata, perciò, a Napoli

centro, rispettivamente di 21.1°C, due gradi e mezzo più elevata della media stagionale e di 27.4°C, in linea con la media. Entrambe risultano un grado in meno dei valori di temperatura del mese di giugno dell'anno scorso. Il giorno più caldo è stato il 19 con 31.3°C; la pioggia è stata pari a 22 mm, 10 mm in meno del valore stagionale e concentrata nel rovescio del giorno 14.

LUGLIO 2018

Nella prima metà di luglio l'anticiclone delle Azzorre ha preferito spostarsi sulle alte latitudini della Scandinavia e agevolare così l'ingresso sul Mediterraneo di numerose perturbazioni atlantiche che hanno determinato instabilità e temperature al di sotto delle medie stagionali. Nella seconda metà del mese, il bollente anticiclone africano ha portato sul Mediterraneo aria umida sahariana e temperature al di sopra delle medie stagionali. Tale disomogeneità barica ha determinato a Napoli centro una media mensile delle temperature massime di 30.0°C, in linea con quella stagionale ma un grado in meno rispetto a luglio dell'anno scorso. Il giorno più caldo è stato il 30 luglio con una temperatura osservata di 32.7°C e percepita di 39.4°C. Le precipitazioni sono state pari a 7 mm, il 50% in meno del valore stagionale.

AGOSTO 2018

Le temperature dei primi 23 giorni di agosto 2018 sono state di 1-2 gradi al di sopra della media, a seguire temperature di 2-3 gradi al di sotto. La media delle temperature minime e massime è stata, rispettivamente, di 24.0°C, due gradi e mezzo in più della media, e di 30.7°C, mezzo grado in più. L'aumento maggiore delle minime rispetto alle massime è imputabile alla città stessa che tende ad aumentare in estensione e di notte intrappola il calore solare e ne impedisce la dispersione. Il giorno più caldo è stato il primo agosto con una temperatura massima di 34.4°C. La pioggia caduta è stata pari a 45 mm, quasi il doppio di quella che normalmente cade ad agosto. Tale scenario è dipeso sostanzialmente dall'anticiclone delle Azzorre che si è posizionato nelle prime due decadi su latitudini alte e non ha avuto la possibilità di impedire le frequenti risalite del bollente ed umido anticiclone africano. Le temperature elevate del suolo, inoltre, hanno portato sistematicamente alla formazione di bolle d'aria calda che di pomeriggio e a ridosso di rilievi montuosi si sono trasformate in temporali di calore spesso grandigini e localizzati. Nell'ultima settimana del mese, la ritirata dell'anticiclone africano su latitudini più basse ha facilitato l'ingresso di perturbazioni più fresche direttamente dall'Atlantico con una netta diminuzione della temperatura.

SETTEMBRE 2018

Settembre 2018 è stato un mese dai due volti: nelle prime due decadi, la temperatura dell'aria è stata di 1-2°C al di sopra della media stagionale, nell'ultima

decade di 2-3°C al di sotto. A livello mensile, la media delle temperature minime è stata così di 21.3°C, due gradi e mezzo in più della media stagionale, mentre quella delle temperature massime è stata di 27.6°C, mezzo grado in più. Scenari così diversi sono stati determinati dalla presenza quasi costante sul Mediterraneo dell'anticiclone africano nelle prime due decadi e poi dall'arrivo di masse d'aria fredda direttamente dal Nord Europa. Il giorno più caldo è stato il 12 settembre con 32.7°C. La pioggia è stata pari a 31 mm, la metà di quella che cade normalmente a settembre. Degni di nota sono stati i giorni 24, 25, 26 e 27 quando venti di 60 km/h hanno messo a dura prova la navigazione nel golfo ed la stabilità degli alberi in città.

OTTOBRE 2018

Nelle prime due decadi di ottobre, la temperatura dell'aria a Napoli centro è stata sistematicamente al di sopra della media stagionale di circa 2-3°C e al di sotto di un grado nella terza decade A livello mensile, la media delle temperature minime è stata così di 18.1°C, tre gradi in più della media stagionale, mentre quella delle temperature massime è stata di 23.8°C, un grado e mezzo in più**.** Il giorno più caldo è stato il 18 ottobre con 27.3°C. I mass-media hanno evidenziato che la temperatura massima di questo ottobre è stata la più elevata degli ultimi 150 anni ma l'analisi dell'archivio storico dell'Osservatorio Federiciano mostra che questo non risponde al vero perché la media della temperatura massima di questo ottobre è di gran lunga più bassa di quella dell'ottobre 1895 pari a 27.1°C. Le precipitazioni sono state pari a 133 mm, 15 mm in più di quanto piove normalmente in questo mese. La mitezza delle prime due decadi è stata tipica delle cosiddette "ottobrate napoletane" ed ascrivibile alla presenza costante di un'area di alta pressione sul Mediterraneo. Nell'ultima decade, una profonda area ciclonica sul mar Ligure ha risucchiato aria umida atlantica con una diminuzione della temperatura ed instabilità atmosferica. Il giorno 29, una tempesta, sottovalutata dalla Protezione Civile, ha colpito l'intero litorale di Napoli: venti sciroccali di 130 km orari hanno causato una violenta mareggiata, la caduta di numerosi alberi e la morte di un giovane universitario a Fuorigrotta. La tempesta, però, non è stata anomala e rientra nella fisiologia del periodo. La sua energia si pone al di sotto di quella del 22 dicembre del 1979 quando il vento raggiunse punte di 150 km orari.

NOVEMBRE 2018

I valori della temperatura dell'aria di novembre 2018 sono stati di 2-3 gradi al di sopra della media stagionale nelle prime due decadi e in linea o leggermente al di sotto nell'ultima decade. A livello mensile, le medie delle temperature minima e massima hanno raggiunto, rispettivamente, 13.3°C e 19.0°C, un grado e mezzo in più della media stagionale. La pioggia caduta è stata pari a 174 mm, il 40% in più di quella che cade normalmente a novembre. Quest'anno la cosiddetta

“Estate di San Martino” è stata perfettamente rispettata con temperature miti e cielo sereno che hanno allietato i Napoletani nei giorni compresi tra il 10 e il 15. Afflussi atlantici e correnti meridionali hanno bloccato tutte le incursioni fredde nordiche nelle prime due decadi. L’orografia del territorio e il surplus di caldo dei mari hanno potuto agire congiuntamente e conferire alla quantità di pioggia e alla ventilazione valori elevati che hanno messo a dura prova gli allarmi della Protezione Civile. Solo negli ultimi giorni, l’arrivo di aria fredda artica-balcanica sul Mediterraneo ha determinato una diminuzione della temperatura che è stata percepita dalla popolazione ancora di più a causa di forti venti da Nord-Est.

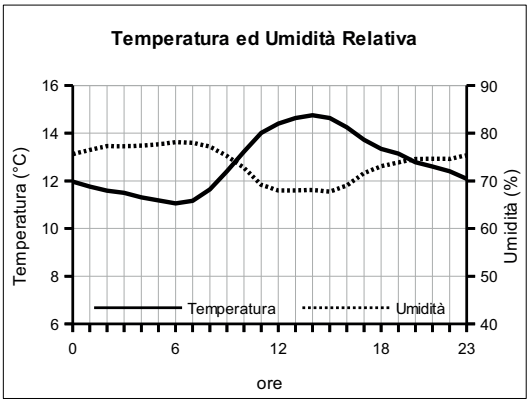
DICEMBRE 2018

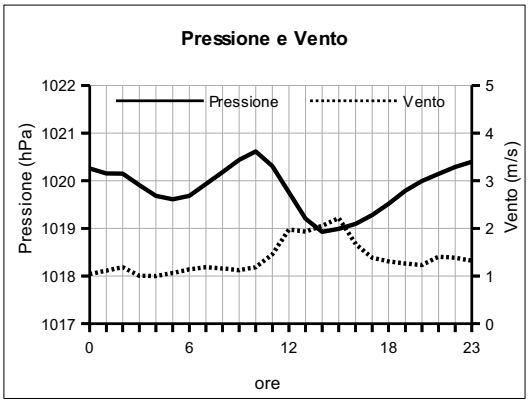
La temperatura dell’aria di dicembre 2018 è stata al di sopra della media con l’eccezione della seconda decade e dell’ultima settimana. Le medie mensili sono state così di 9.7°C per le temperature minime e di 15.3°C per le massime, entrambe un grado e mezzo in più della norma. La pioggia è stata di 33 mm, il 70% in meno di quella che cade normalmente a dicembre. Un poderoso anticiclone è riuscito a bloccare la normale circolazione atmosferica sul Mediterraneo e a determinare nebbie notturne, temperature diurne miti e assenza di pioggia. Il giorno più freddo è stato il 16 con una temperatura minima di 5.8°C. Il vento di grecale ha raggiunto velocità di 70 km/h nei giorni 17 e 25 con grave disagio alla popolazione e alla navigazione. A chiusura d’anno risulta utile riportarne il bilancio termo-pluviometrico. La media delle temperature massime del 2018 è stata di 21.8°C con il mese di febbraio e i mesi estivi un grado al di sotto delle medie stagionali e con i rimanenti mesi di 2-3°C al di sopra. La temperatura massima dell’aria del 2018 non è da record e rientra nella normale variabilità climatica: basta ricordare il 1972 con 22.2°C, il 1943 e il 1946 con 22.3°C, il 1947 con 22.4°C. La pioggia caduta è stata di 908 mm, 50 mm in più della media storica, concentrata nei mesi di gennaio, febbraio, ottobre e novembre ma con deficit in aprile, settembre e dicembre.

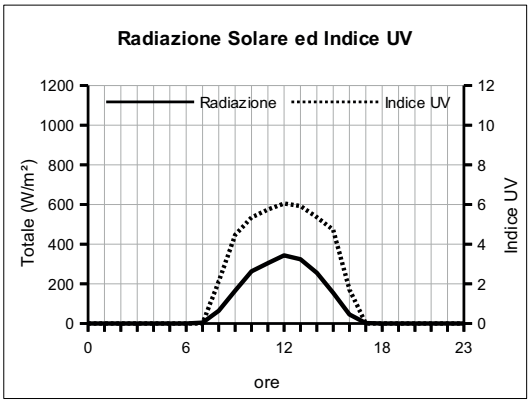
Tabelle e Grafici

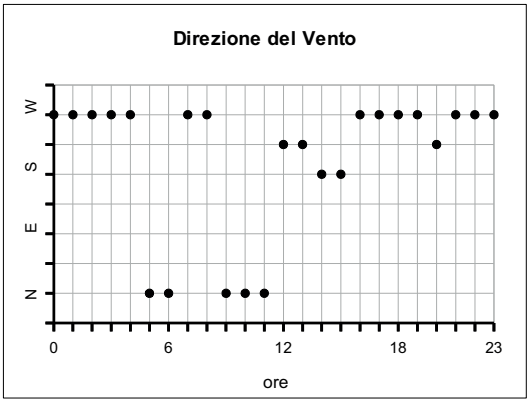
GENNAIO 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	12.0	75.6	1020.3	1.0	W	0.0	0.0
1	11.8	76.5	1020.2	1.1	W	0.0	0.0
2	11.6	77.3	1020.2	1.2	W	0.0	0.0
3	11.5	77.3	1019.9	1.0	W	0.0	0.0
4	11.3	77.4	1019.7	1.0	W	0.0	0.0
5	11.2	77.7	1019.6	1.1	N	0.0	0.0
6	11.1	78.1	1019.7	1.1	N	0.0	0.0
7	11.2	78.0	1019.9	1.2	W	4.4	0.0
8	11.6	77.2	1020.2	1.2	W	63.8	2.1
9	12.4	75.2	1020.4	1.1	N	165.3	4.5
10	13.2	72.7	1020.6	1.2	N	262.5	5.3
11	14.0	69.2	1020.3	1.5	N	304.6	5.7
12	14.4	68.0	1019.8	2.0	SW	343.5	6.0
13	14.6	68.0	1019.2	1.9	SW	324.0	5.9
14	14.8	68.1	1018.9	2.1	S	255.5	5.4
15	14.6	67.7	1019.0	2.2	S	154.3	4.7
16	14.3	69.0	1019.1	1.7	W	45.8	1.7
17	13.7	71.6	1019.3	1.4	W	1.9	0.0
18	13.3	73.1	1019.5	1.3	W	0.0	0.0
19	13.1	73.9	1019.8	1.3	W	0.0	0.0
20	12.8	74.6	1020.0	1.2	SW	0.0	0.0
21	12.6	74.6	1020.1	1.4	W	0.0	0.0
22	12.4	74.6	1020.3	1.4	W	0.0	0.0
23	12.1	75.4	1020.4	1.3	W	0.0	0.0



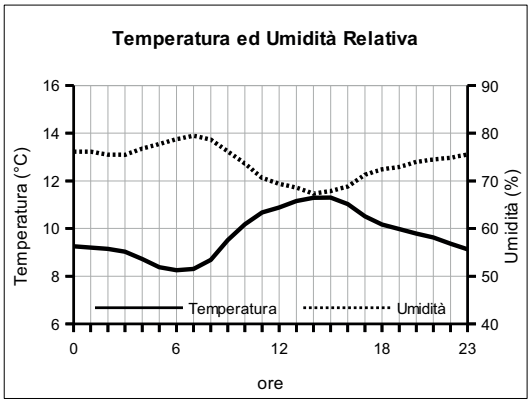


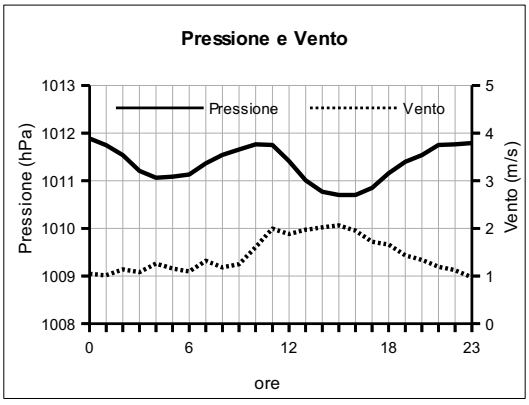


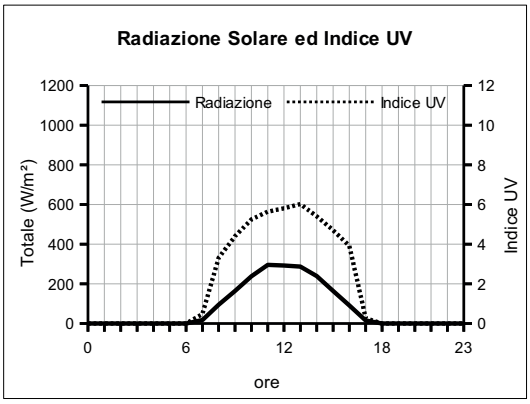


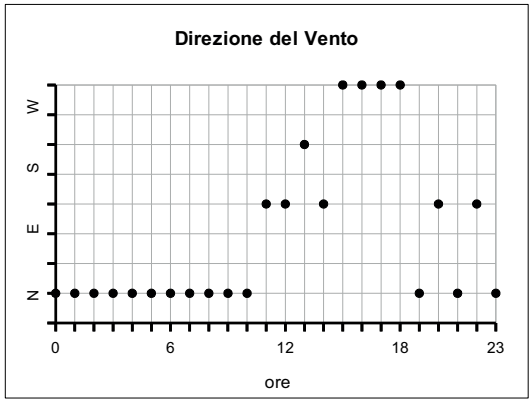
FEBBRAIO 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	9.3	76.1	1011.9	1.0	N	0.0	0.0
1	9.2	76.1	1011.7	1.0	N	0.0	0.0
2	9.1	75.5	1011.5	1.1	N	0.0	0.0
3	9.0	75.5	1011.2	1.1	N	0.0	0.0
4	8.7	76.8	1011.1	1.3	N	0.0	0.0
5	8.4	77.7	1011.1	1.2	N	0.0	0.0
6	8.2	78.7	1011.1	1.1	N	0.1	0.0
7	8.3	79.5	1011.4	1.3	N	17.4	0.5
8	8.7	78.7	1011.5	1.2	N	94.9	3.3
9	9.5	76.2	1011.7	1.2	N	164.5	4.4
10	10.2	73.6	1011.8	1.6	N	237.7	5.2
11	10.7	70.6	1011.8	2.0	SE	296.1	5.6
12	10.9	69.4	1011.4	1.9	SE	292.9	5.8
13	11.2	68.6	1011.0	2.0	SW	286.6	6.0
14	11.3	67.3	1010.8	2.0	SE	239.3	5.4
15	11.3	67.9	1010.7	2.1	NW	163.7	4.7
16	11.0	68.8	1010.7	2.0	NW	91.3	3.9
17	10.5	71.3	1010.9	1.7	NW	15.5	0.3
18	10.2	72.4	1011.2	1.7	NW	0.0	0.0
19	10.0	72.9	1011.4	1.4	N	0.0	0.0
20	9.8	74.0	1011.5	1.3	SE	0.0	0.0
21	9.6	74.5	1011.8	1.2	N	0.0	0.0
22	9.4	74.8	1011.8	1.1	SE	0.0	0.0
23	9.1	75.6	1011.8	1.0	N	0.0	0.0



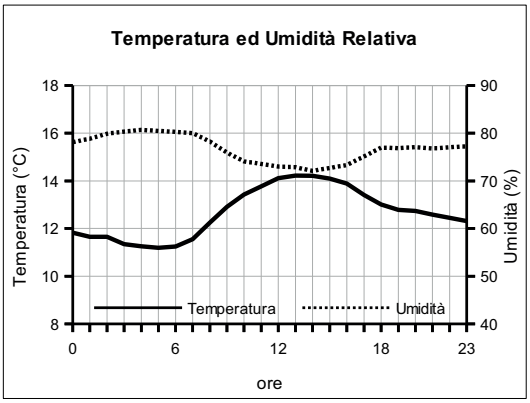


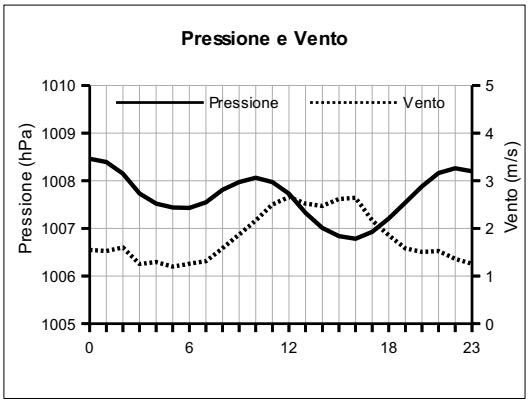


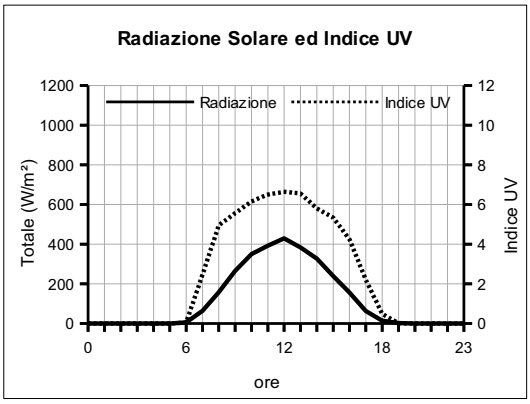


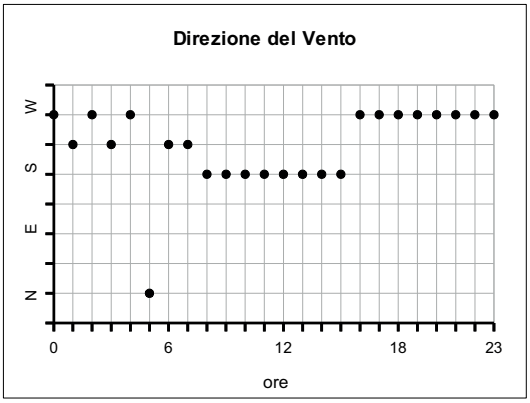
MARZO 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	11.8	78.1	1008.5	1.5	W	0.0	0.0
1	11.7	78.9	1008.4	1.5	SW	0.0	0.0
2	11.7	79.9	1008.1	1.6	W	0.0	0.0
3	11.3	80.3	1007.7	1.3	SW	0.0	0.0
4	11.3	80.7	1007.5	1.3	W	0.0	0.0
5	11.2	80.5	1007.4	1.2	N	0.0	0.0
6	11.2	80.3	1007.4	1.3	SW	6.0	0.0
7	11.5	80.0	1007.5	1.3	SW	63.8	2.5
8	12.2	78.3	1007.8	1.6	S	157.2	5.0
9	12.9	75.9	1008.0	1.9	S	265.1	5.6
10	13.4	74.1	1008.1	2.2	S	349.6	6.2
11	13.8	73.6	1008.0	2.5	S	392.4	6.5
12	14.1	73.0	1007.7	2.7	S	429.1	6.6
13	14.2	72.8	1007.3	2.5	S	383.7	6.6
14	14.2	72.1	1007.0	2.5	S	327.0	5.8
15	14.1	72.7	1006.8	2.6	S	238.8	5.3
16	13.9	73.3	1006.8	2.6	W	156.5	4.2
17	13.4	75.1	1006.9	2.2	W	63.4	2.2
18	13.0	77.0	1007.2	1.9	W	14.7	0.5
19	12.8	76.9	1007.5	1.6	W	2.0	0.0
20	12.7	77.1	1007.9	1.5	W	0.0	0.0
21	12.6	76.8	1008.2	1.5	W	0.0	0.0
22	12.4	77.1	1008.3	1.4	W	0.0	0.0
23	12.3	77.3	1008.2	1.3	W	0.0	0.0



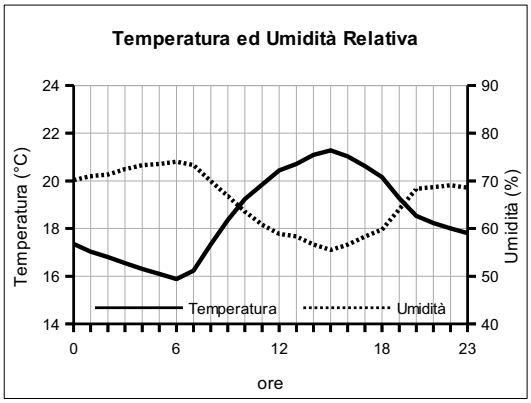


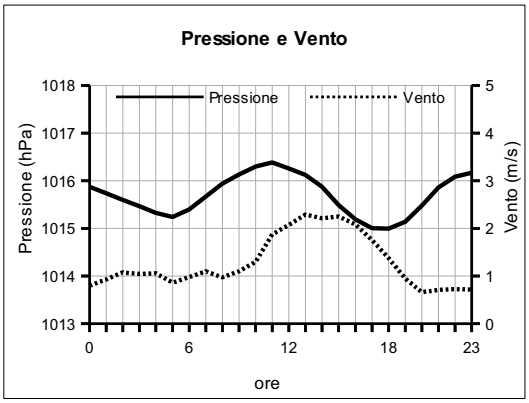


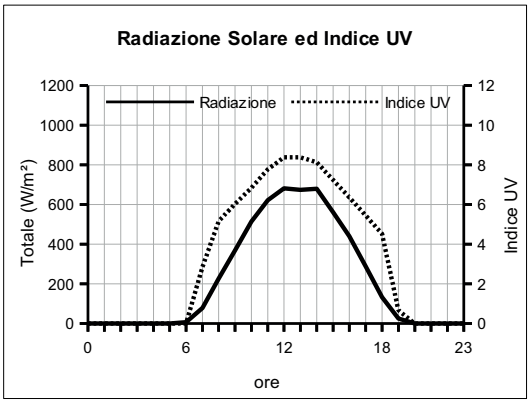


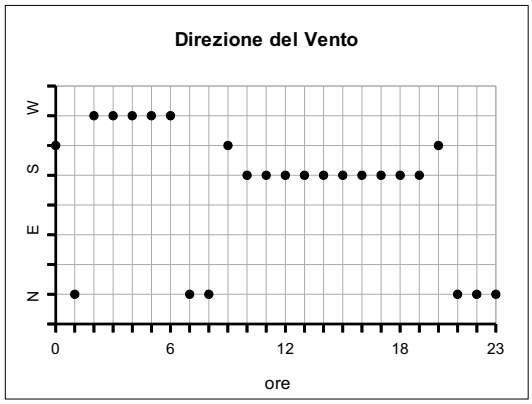
APRILE 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	17.3	70.2	1015.9	0.8	SW	0.0	0.0
1	17.0	71.0	1015.7	0.9	N	0.0	0.0
2	16.8	71.3	1015.6	1.1	W	0.0	0.0
3	16.5	72.4	1015.5	1.0	W	0.0	0.0
4	16.3	73.3	1015.3	1.1	W	0.0	0.0
5	16.1	73.5	1015.2	0.9	W	0.0	0.0
6	15.9	74.0	1015.4	1.0	W	6.5	0.0
7	16.2	73.3	1015.7	1.1	N	78.6	2.8
8	17.3	70.0	1015.9	1.0	N	225.7	5.2
9	18.4	66.8	1016.1	1.1	SW	368.5	6.0
10	19.2	63.6	1016.3	1.3	S	514.2	6.8
11	19.8	60.8	1016.4	1.9	S	621.8	7.8
12	20.4	58.9	1016.3	2.1	S	681.5	8.4
13	20.7	58.3	1016.1	2.3	S	673.9	8.4
14	21.1	56.6	1015.9	2.2	S	679.1	8.1
15	21.3	55.5	1015.5	2.3	S	561.0	7.2
16	21.0	56.6	1015.2	2.1	S	440.4	6.4
17	20.6	58.3	1015.0	1.8	S	287.7	5.4
18	20.2	59.8	1015.0	1.4	S	133.0	4.5
19	19.3	64.0	1015.1	1.0	S	24.9	0.7
20	18.5	68.3	1015.5	0.7	SW	0.1	0.0
21	18.2	68.7	1015.9	0.7	N	0.0	0.0
22	18.0	69.1	1016.1	0.7	N	0.0	0.0
23	17.8	68.6	1016.2	0.7	N	0.0	0.0



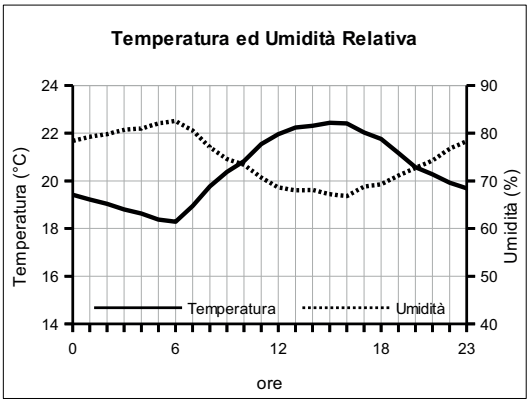


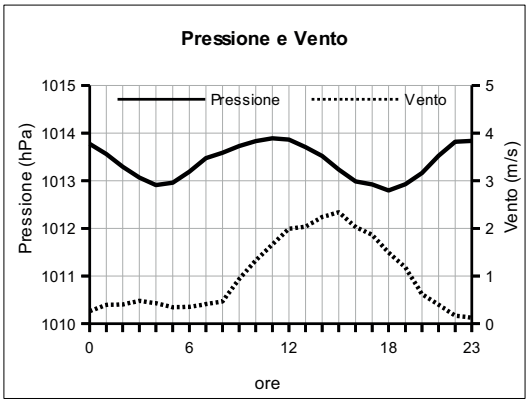


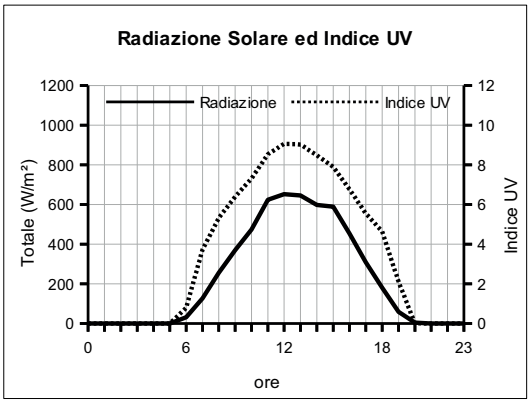


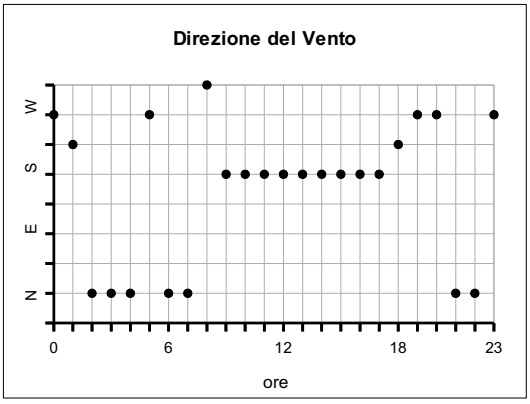
MAGGIO 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	19.4	78.4	1013.8	0.3	W	0.0	0.0
1	19.2	79.3	1013.6	0.4	SW	0.0	0.0
2	19.0	79.8	1013.3	0.4	N	0.0	0.0
3	18.8	80.7	1013.1	0.5	N	0.0	0.0
4	18.6	81.0	1012.9	0.4	N	0.0	0.0
5	18.4	82.1	1013.0	0.3	W	0.4	0.0
6	18.3	82.6	1013.2	0.4	N	31.3	0.8
7	18.9	80.5	1013.5	0.4	N	127.2	3.7
8	19.8	77.1	1013.6	0.5	NW	255.2	5.3
9	20.4	74.6	1013.7	0.9	S	369.8	6.4
10	20.8	73.4	1013.8	1.3	S	473.3	7.3
11	21.5	70.7	1013.9	1.7	S	623.5	8.5
12	22.0	68.6	1013.9	2.0	S	652.5	9.1
13	22.2	68.0	1013.7	2.0	S	645.7	9.0
14	22.3	68.1	1013.5	2.2	S	598.0	8.5
15	22.4	67.2	1013.2	2.3	S	589.1	7.9
16	22.4	66.8	1013.0	2.0	S	454.5	6.8
17	22.0	68.8	1012.9	1.9	S	308.2	5.5
18	21.8	69.3	1012.8	1.5	SW	179.9	4.6
19	21.2	71.1	1012.9	1.2	W	58.6	2.1
20	20.6	72.7	1013.2	0.6	W	4.5	0.0
21	20.3	74.3	1013.5	0.4	N	0.0	0.0
22	19.9	76.8	1013.8	0.2	N	0.0	0.0
23	19.7	78.3	1013.8	0.1	W	0.0	0.0



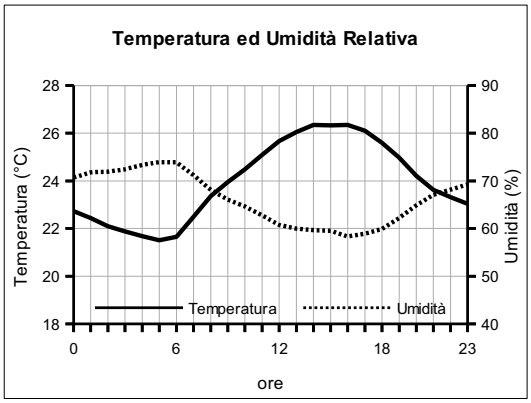


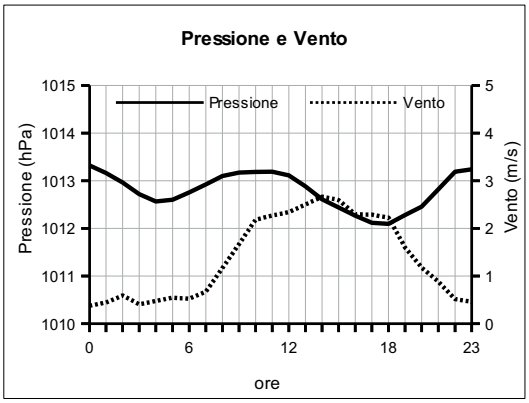


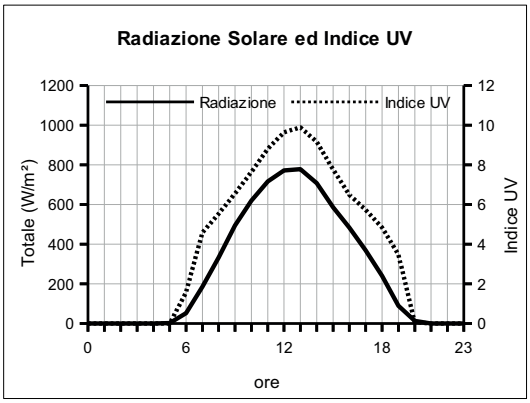


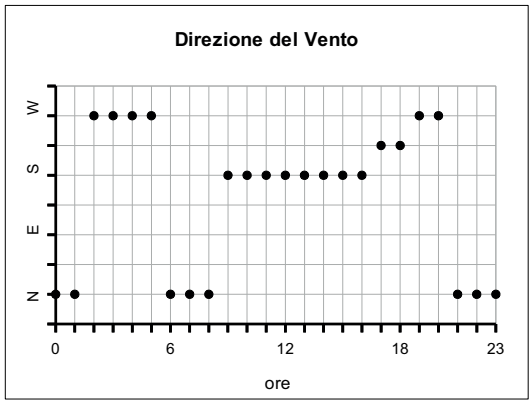
GIUGNO 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	22.7	70.7	1013.3	0.4	N	0.0	0.0
1	22.4	71.8	1013.2	0.4	N	0.0	0.0
2	22.1	71.9	1013.0	0.6	W	0.0	0.0
3	21.9	72.4	1012.7	0.4	W	0.0	0.0
4	21.7	73.4	1012.6	0.5	W	0.0	0.0
5	21.5	73.9	1012.6	0.5	W	2.0	0.0
6	21.6	73.9	1012.8	0.5	N	52.6	1.6
7	22.5	71.2	1012.9	0.7	N	186.5	4.6
8	23.4	68.1	1013.1	1.2	N	333.0	5.5
9	23.9	66.1	1013.2	1.7	S	494.5	6.6
10	24.5	64.6	1013.2	2.2	S	619.3	7.6
11	25.1	62.8	1013.2	2.3	S	716.2	8.8
12	25.7	60.7	1013.1	2.3	S	772.1	9.6
13	26.0	60.0	1012.9	2.5	S	778.0	9.9
14	26.4	59.7	1012.6	2.7	S	707.5	9.2
15	26.3	59.5	1012.4	2.6	S	585.6	7.8
16	26.3	58.3	1012.3	2.3	S	484.1	6.5
17	26.1	58.9	1012.1	2.3	SW	368.2	5.7
18	25.6	59.9	1012.1	2.2	SW	240.3	4.8
19	25.0	62.2	1012.3	1.6	W	89.7	3.5
20	24.2	64.9	1012.5	1.2	W	13.4	0.1
21	23.6	67.1	1012.8	0.9	N	0.0	0.0
22	23.3	68.2	1013.2	0.5	N	0.0	0.0
23	23.0	69.3	1013.2	0.5	N	0.0	0.0



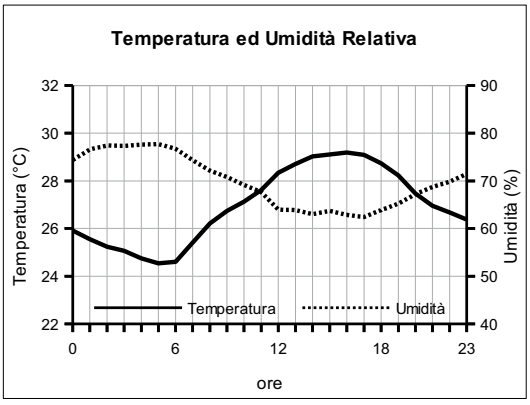


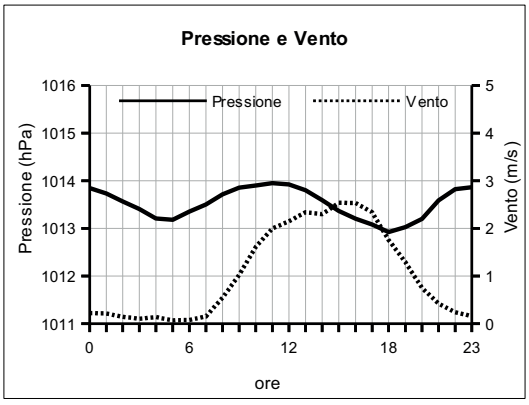


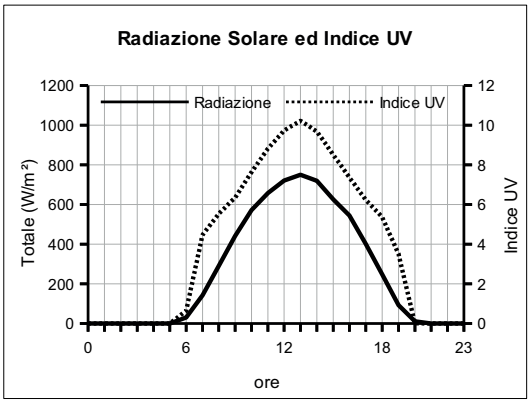


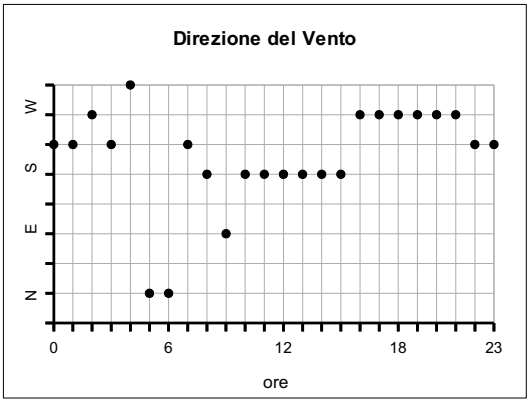
LUGLIO 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	25.9	74.4	1013.8	0.2	SW	0.0	0.0
1	25.5	76.6	1013.7	0.2	SW	0.0	0.0
2	25.2	77.4	1013.6	0.1	W	0.0	0.0
3	25.1	77.3	1013.4	0.1	SW	0.0	0.0
4	24.7	77.6	1013.2	0.1	NW	0.0	0.0
5	24.5	77.7	1013.2	0.1	N	0.4	0.0
6	24.6	76.7	1013.4	0.1	N	31.0	0.6
7	25.4	74.3	1013.5	0.2	SW	142.1	4.5
8	26.2	72.2	1013.7	0.5	S	289.9	5.5
9	26.7	70.8	1013.9	1.0	E	441.3	6.3
10	27.1	69.1	1013.9	1.6	S	571.7	7.6
11	27.6	67.6	1014.0	2.0	S	658.0	8.8
12	28.3	63.9	1013.9	2.2	S	720.3	9.7
13	28.7	63.9	1013.8	2.3	S	749.5	10.2
14	29.0	63.0	1013.6	2.3	S	719.0	9.7
15	29.1	63.7	1013.4	2.5	S	625.9	8.5
16	29.2	62.9	1013.2	2.5	W	544.0	7.4
17	29.1	62.4	1013.1	2.3	W	401.2	6.2
18	28.7	63.9	1012.9	1.8	W	247.7	5.4
19	28.2	65.2	1013.0	1.3	W	92.3	3.5
20	27.5	67.2	1013.2	0.8	W	10.9	0.0
21	27.0	68.7	1013.6	0.4	W	0.0	0.0
22	26.7	69.8	1013.8	0.2	SW	0.0	0.0
23	26.4	71.5	1013.9	0.2	SW	0.0	0.0



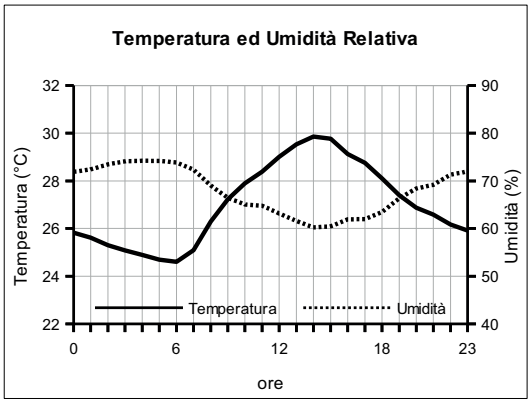


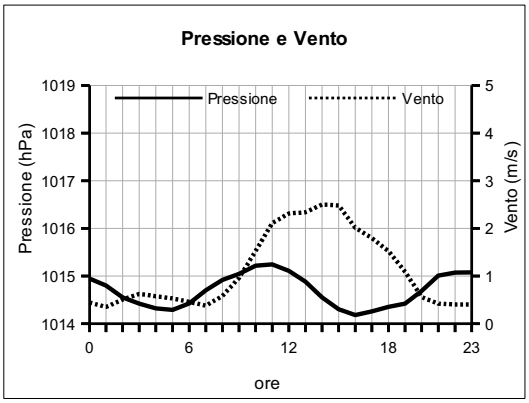


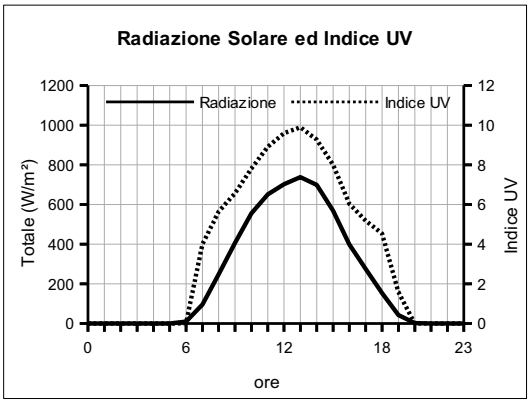


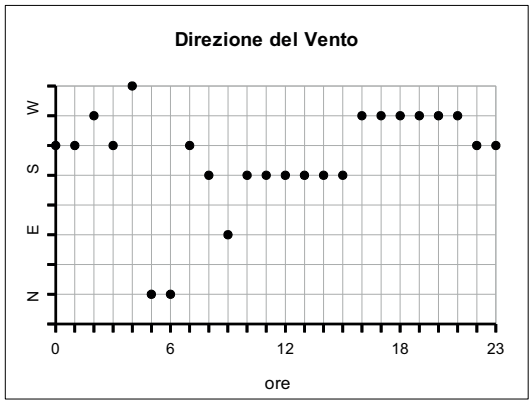
AGOSTO 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	25.8	71.9	1014.9	0.4	N	0.0	0.0
1	25.6	72.4	1014.8	0.4	W	0.0	0.0
2	25.3	73.5	1014.6	0.5	W	0.0	0.0
3	25.1	74.1	1014.4	0.6	W	0.0	0.0
4	24.9	74.2	1014.3	0.6	W	0.0	0.0
5	24.7	74.2	1014.3	0.5	N	0.0	0.0
6	24.6	73.8	1014.4	0.5	N	9.9	0.0
7	25.1	72.4	1014.7	0.4	N	95.4	4.0
8	26.3	69.0	1014.9	0.6	N	247.7	5.6
9	27.2	66.4	1015.0	1.0	E	406.5	6.6
10	27.9	65.0	1015.2	1.5	E	554.9	7.8
11	28.4	64.8	1015.2	2.1	S	650.9	8.9
12	29.0	63.2	1015.1	2.3	S	702.0	9.6
13	29.5	61.6	1014.9	2.3	S	738.3	9.9
14	29.9	60.2	1014.6	2.5	S	698.5	9.3
15	29.8	60.4	1014.3	2.5	S	568.3	8.0
16	29.1	61.9	1014.2	2.0	S	399.0	6.0
17	28.8	62.0	1014.3	1.8	SW	274.5	5.2
18	28.1	63.5	1014.4	1.5	W	152.9	4.5
19	27.4	66.3	1014.4	1.1	W	41.9	1.6
20	26.9	68.4	1014.7	0.6	W	1.7	0.0
21	26.6	69.2	1015.0	0.4	W	0.0	0.0
22	26.2	71.3	1015.1	0.4	W	0.0	0.0
23	25.9	72.0	1015.1	0.4	N	0.0	0.0



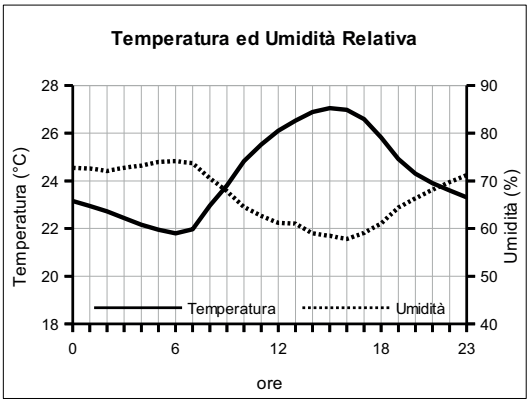


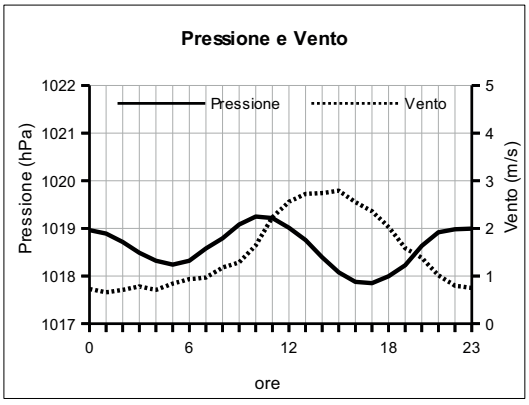


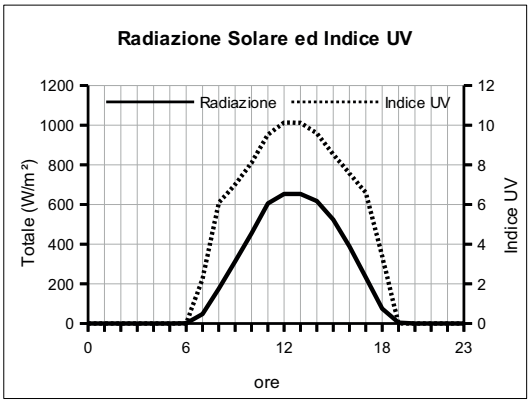


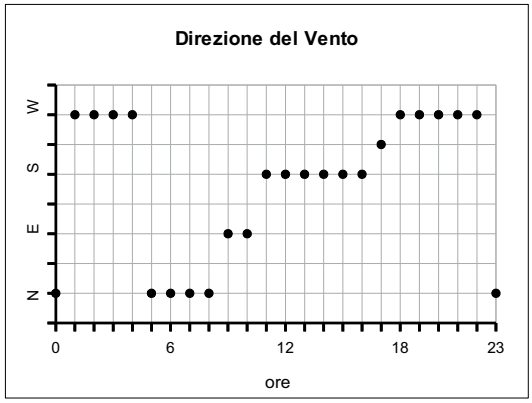
SETTEMBRE 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	23.2	72.7	1019.0	0.7	N	0.0	0.0
1	22.9	72.6	1018.9	0.7	N	0.0	0.0
2	22.7	72.1	1018.7	0.7	N	0.0	0.0
3	22.4	72.8	1018.5	0.8	N	0.0	0.0
4	22.2	73.2	1018.3	0.7	N	0.0	0.0
5	21.9	74.0	1018.2	0.8	N	0.0	0.0
6	21.8	74.2	1018.3	0.9	N	1.1	0.0
7	22.0	73.7	1018.6	1.0	N	48.2	2.2
8	23.0	70.6	1018.8	1.2	N	174.9	6.1
9	23.8	67.8	1019.1	1.3	N	313.0	7.0
10	24.8	64.5	1019.3	1.6	E	454.6	8.1
11	25.5	62.7	1019.2	2.2	S	605.2	9.5
12	26.1	61.2	1019.0	2.6	S	653.0	10.1
13	26.5	61.0	1018.8	2.7	S	653.6	10.1
14	26.9	59.0	1018.4	2.7	S	617.8	9.6
15	27.1	58.5	1018.1	2.8	S	523.3	8.5
16	27.0	57.8	1017.9	2.6	S	388.9	7.6
17	26.6	59.1	1017.8	2.4	S	232.2	6.6
18	25.8	61.1	1018.0	2.0	W	75.0	3.4
19	24.9	64.4	1018.2	1.6	W	4.7	0.0
20	24.3	66.3	1018.6	1.4	W	0.0	0.0
21	23.9	68.1	1018.9	1.0	W	0.0	0.0
22	23.6	69.7	1019.0	0.8	N	0.0	0.0
23	23.3	71.2	1019.0	0.7	N	0.0	0.0



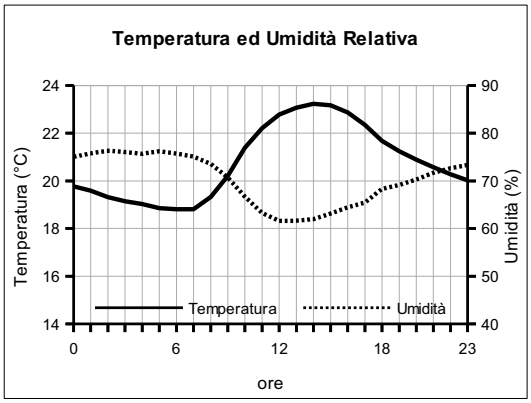


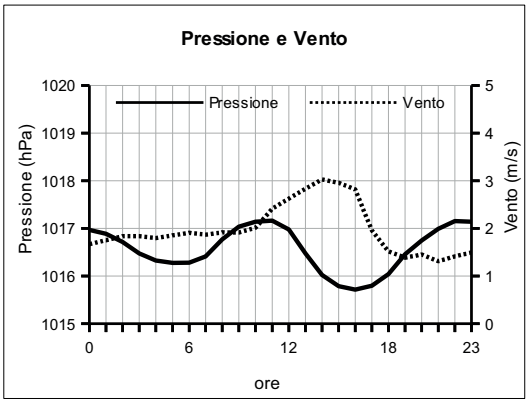


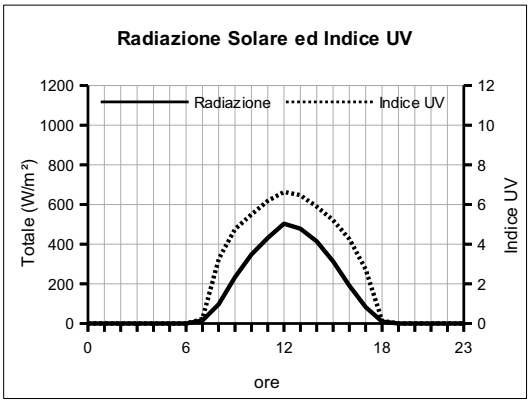


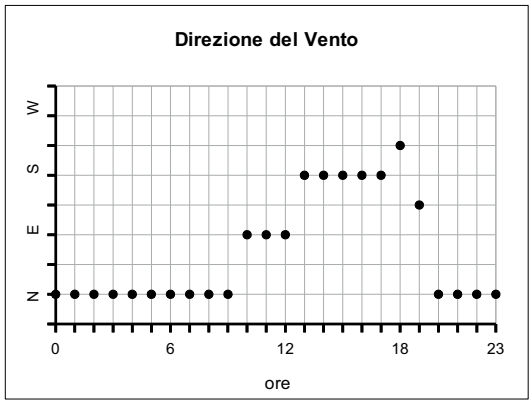
OTTOBRE 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	19.8	75.0	1017.0	1.7	N	0.0	0.0
1	19.6	75.8	1016.9	1.8	N	0.0	0.0
2	19.3	76.3	1016.7	1.8	N	0.0	0.0
3	19.1	76.0	1016.5	1.8	N	0.0	0.0
4	19.0	75.7	1016.3	1.8	N	0.0	0.0
5	18.9	76.2	1016.3	1.9	N	0.0	0.0
6	18.8	75.7	1016.3	1.9	N	0.3	0.0
7	18.8	75.1	1016.4	1.9	N	15.2	0.2
8	19.3	73.6	1016.8	1.9	N	97.0	3.3
9	20.2	70.7	1017.0	1.9	N	233.2	4.8
10	21.4	66.7	1017.1	2.0	E	348.3	5.5
11	22.2	63.3	1017.2	2.4	E	432.0	6.2
12	22.8	61.6	1017.0	2.6	E	503.0	6.6
13	23.1	61.6	1016.5	2.8	S	478.2	6.5
14	23.2	62.0	1016.0	3.0	S	413.8	5.9
15	23.2	63.1	1015.8	3.0	S	313.2	5.2
16	22.9	64.5	1015.7	2.8	S	191.0	4.3
17	22.3	65.5	1015.8	2.0	S	82.6	2.7
18	21.7	68.3	1016.0	1.5	SW	10.2	0.1
19	21.2	69.1	1016.5	1.4	SE	0.0	0.0
20	20.9	70.3	1016.7	1.5	N	0.0	0.0
21	20.6	71.7	1017.0	1.3	N	0.0	0.0
22	20.3	72.6	1017.2	1.4	N	0.0	0.0
23	20.0	73.3	1017.1	1.5	N	0.0	0.0



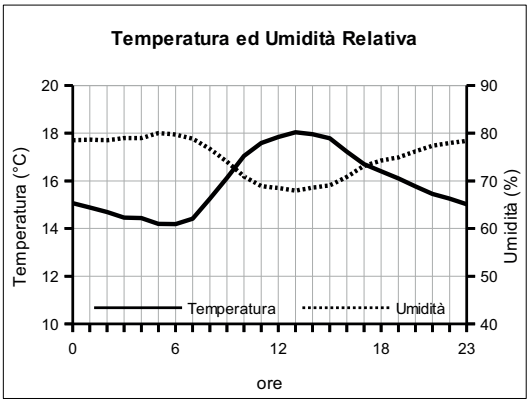


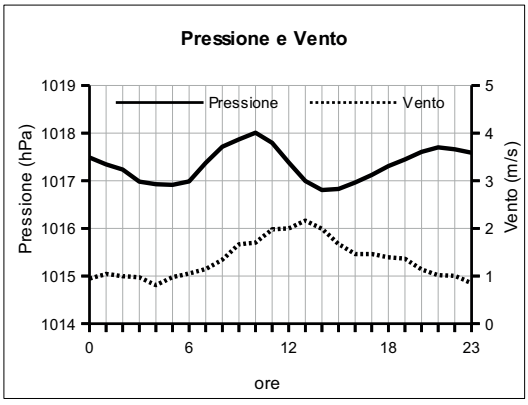


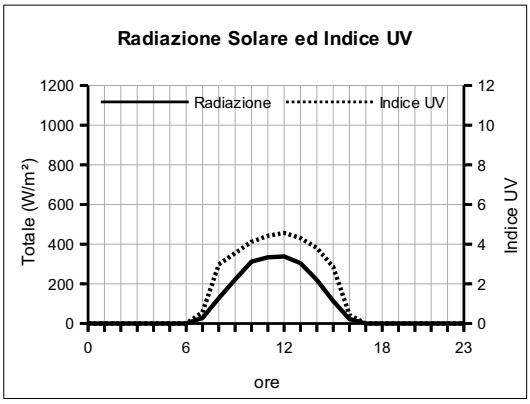


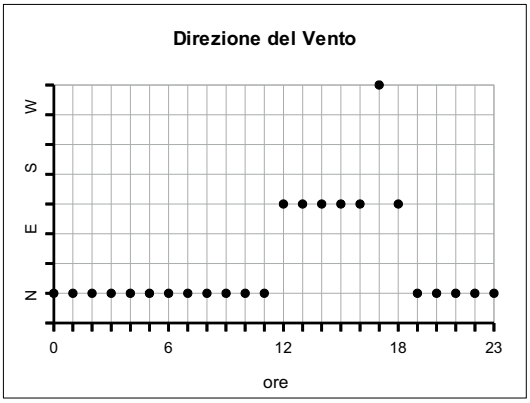
NOVEMBRE 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	15.1	78.5	1017.5	0.9	N	0.0	0.0
1	14.9	78.6	1017.3	1.0	N	0.0	0.0
2	14.7	78.5	1017.2	1.0	N	0.0	0.0
3	14.5	79.0	1017.0	1.0	N	0.0	0.0
4	14.4	79.0	1016.9	0.8	N	0.0	0.0
5	14.2	80.0	1016.9	1.0	N	0.0	0.0
6	14.2	79.7	1017.0	1.1	N	0.3	0.0
7	14.4	78.8	1017.4	1.1	N	28.3	0.6
8	15.3	76.7	1017.7	1.3	N	126.9	3.0
9	16.1	74.0	1017.9	1.7	N	221.7	3.6
10	17.0	70.9	1018.0	1.7	N	311.5	4.1
11	17.6	68.9	1017.8	2.0	N	333.9	4.4
12	17.8	68.5	1017.4	2.0	SE	337.4	4.6
13	18.0	67.9	1017.0	2.2	SE	304.1	4.3
14	18.0	68.6	1016.8	2.0	SE	219.6	3.8
15	17.8	69.0	1016.8	1.7	SE	113.5	2.9
16	17.2	70.8	1017.0	1.5	SE	22.9	0.4
17	16.7	73.1	1017.1	1.5	NW	0.1	0.0
18	16.4	74.3	1017.3	1.4	SE	0.0	0.0
19	16.1	74.9	1017.5	1.4	N	0.0	0.0
20	15.8	76.2	1017.6	1.1	N	0.0	0.0
21	15.4	77.4	1017.7	1.0	N	0.0	0.0
22	15.3	78.0	1017.7	1.0	N	0.0	0.0
23	15.0	78.4	1017.6	0.9	N	0.0	0.0



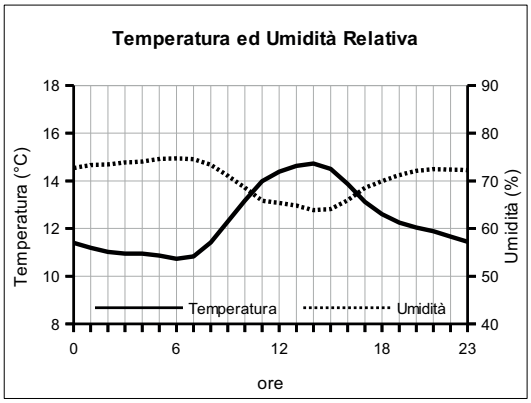


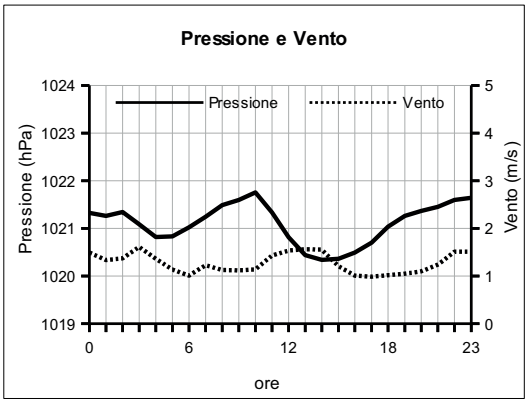


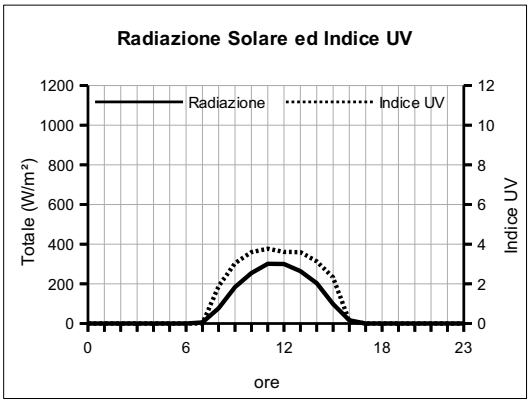


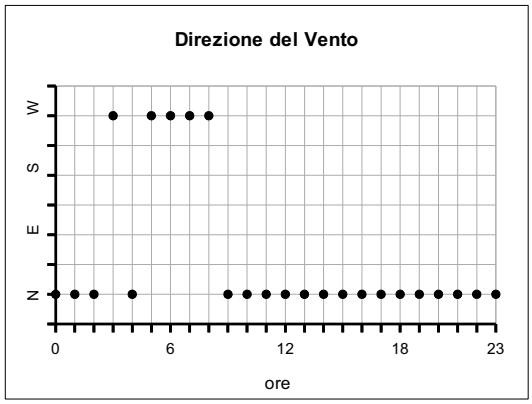
DICEMBRE 2018 **(medie orarie)**

Ore	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento velocità m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV
0	11.4	72.7	1021.3	1.5	N	0.0	0.0
1	11.2	73.3	1021.3	1.3	N	0.0	0.0
2	11.0	73.4	1021.3	1.4	N	0.0	0.0
3	10.9	73.9	1021.1	1.6	W	0.0	0.0
4	10.9	74.0	1020.8	1.4	N	0.0	0.0
5	10.9	74.6	1020.8	1.1	W	0.0	0.0
6	10.7	74.7	1021.0	1.0	W	0.0	0.0
7	10.8	74.6	1021.2	1.2	W	5.8	0.0
8	11.4	73.4	1021.5	1.1	W	77.1	1.9
9	12.3	71.1	1021.6	1.1	N	184.0	3.0
10	13.2	68.6	1021.8	1.1	N	254.6	3.6
11	14.0	65.8	1021.3	1.4	N	301.3	3.8
12	14.4	65.4	1020.8	1.5	N	300.4	3.6
13	14.6	64.8	1020.4	1.6	N	264.4	3.6
14	14.7	63.8	1020.3	1.6	N	203.2	3.1
15	14.5	64.1	1020.4	1.2	N	97.9	2.3
16	13.9	65.9	1020.5	1.0	N	15.9	0.1
17	13.1	68.5	1020.7	1.0	N	0.0	0.0
18	12.6	69.9	1021.0	1.0	N	0.0	0.0
19	12.3	71.2	1021.3	1.0	N	0.0	0.0
20	12.0	72.1	1021.4	1.1	N	0.0	0.0
21	11.9	72.4	1021.5	1.2	N	0.0	0.0
22	11.7	72.4	1021.6	1.5	N	0.0	0.0
23	11.4	72.3	1021.6	1.5	N	0.0	0.0



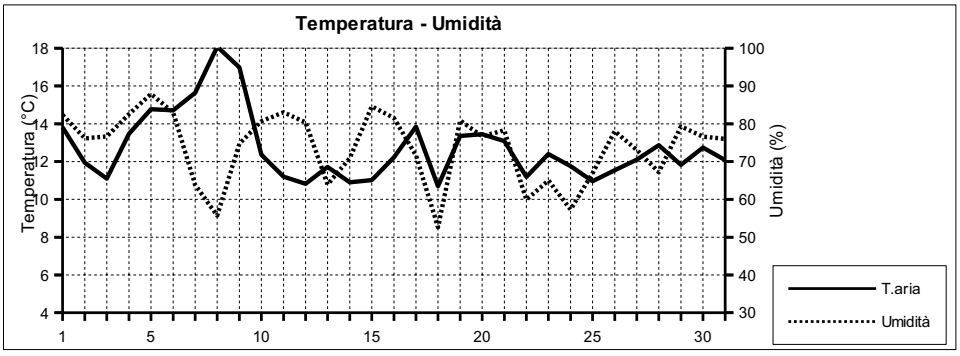


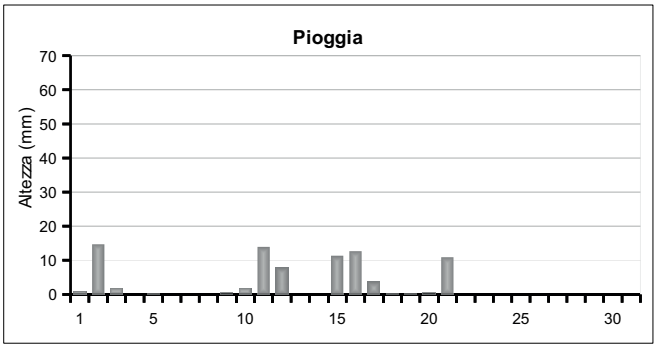


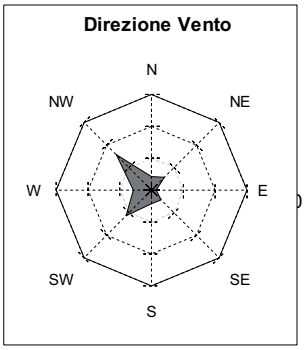


GENNAIO 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/01/18	13.8	82.4	1017.9	3.1	SW	48.9	9:30	0.75	3.2	5.4	(15:00)
02/01/18	11.9	76.2	1012.9	1.7	NW	168.0	9:10	14.69	5.3	6.9	(12:00)
03/01/18	11.1	76.7	1016.0	1.3	NW	159.6	9:00	1.75	5.9	7.1	(12:10)
04/01/18	13.5	82.5	1011.8	0.8	SW	231.5	9:20	0.00	5.8	6.7	(12:40)
05/01/18	14.8	87.9	1013.1	1.8	S	194.2	9:10	0.25	5.0	5.8	(12:20)
06/01/18	14.7	83.1	1015.7	1.3	SW	199.2	9:10	0.00	5.3	5.9	(12:30)
07/01/18	15.6	63.8	1019.3	1.4	--	157.4	9:30	0.00	5.6	6.5	(11:50)
08/01/18	18.1	55.7	1021.7	3.0	SE	165.9	9:20	0.00	5.6	6.4	(12:20)
09/01/18	17.0	74.7	1022.0	3.1	S	93.4	9:10	0.50	5.2	5.8	(11:30)
10/01/18	12.4	80.7	1016.6	1.2	NW	174.6	9:30	1.75	4.7	5.6	(12:00)
11/01/18	11.2	83.0	1012.4	0.7	SE	157.1	9:10	13.93	5.5	6.3	(13:00)
12/01/18	10.8	80.4	1013.2	2.0	NE	82.1	9:20	7.82	4.7	5.8	(11:20)
13/01/18	11.7	64.0	1017.6	1.4	N	268.8	9:30	0.00	6.1	6.7	(12:20)
14/01/18	10.9	70.9	1021.1	0.6	NW	163.7	9:10	0.00	5.5	6.4	(12:40)
15/01/18	11.0	84.6	1023.4	0.2	NW	132.4	9:10	11.38	5.1	6.1	(14:00)
16/01/18	12.2	81.5	1018.7	1.4	SW	80.5	9:10	12.65	4.8	6.9	(11:50)
17/01/18	13.9	71.6	1009.2	3.9	W	124.8	9:30	3.77	5.3	6.9	(12:40)
18/01/18	10.7	52.6	1020.6	1.4	NW	283.4	9:50	0.25	6.5	**7.8**	**(13:10)**
19/01/18	13.4	80.9	1016.6	1.6	SW	157.4	9:50	0.25	5.4	6.4	(13:10)
20/01/18	13.5	76.7	1013.1	1.0	W	237.9	9:50	0.51	5.9	7.2	(12:10)
21/01/18	13.1	78.3	1007.6	1.6	NW	180.6	9:10	10.89	5.0	6.2	(12:30)
22/01/18	11.2	59.9	1015.6	0.8	N	283.5	9:50	0.00	6.2	6.9	(11:30)
23/01/18	12.4	65.0	1020.6	1.8	NE	290.9	9:30	0.00	6.2	7.1	(11:30)
24/01/18	11.8	57.3	1030.4	1.0	NE	290.1	10:10	0.00	6.5	7.2	(12:00)
25/01/18	11.0	66.9	1029.1	0.5	--	281.4	10:10	0.00	6.6	7.4	(11:40)
26/01/18	11.5	78.1	1025.4	0.4	SW	281.1	10:00	0.00	6.0	7.0	(12:00)
27/01/18	12.1	73.1	1029.0	0.6	NW	266.2	10:30	0.00	5.8	6.8	(12:30)
28/01/18	12.9	67.2	1034.5	1.0	NW	296.0	10:10	0.00	5.5	6.3	(11:20)
29/01/18	11.8	79.3	1033.8	0.5	W	281.4	10:10	0.00	5.5	6.1	(11:10)
30/01/18	12.7	76.6	1030.2	0.7	NW	281.0	10:00	0.00	5.9	6.8	(12:00)
31/01/18	12.1	76.0	1026.3	0.6	SW	157.3	9:50	0.00	5.8	6.9	(11:30)

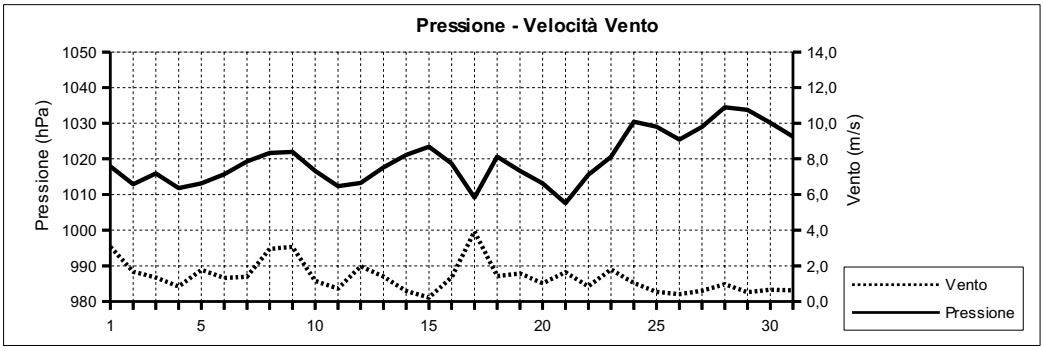


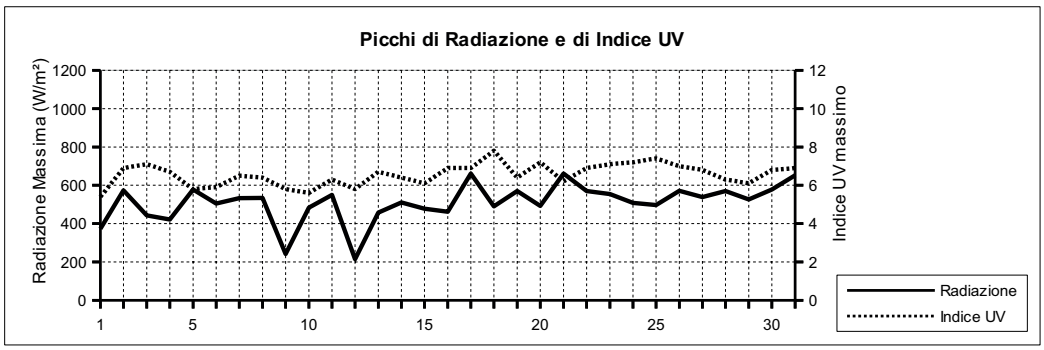




GENNAIO 2018 **(estremi giornalieri)**

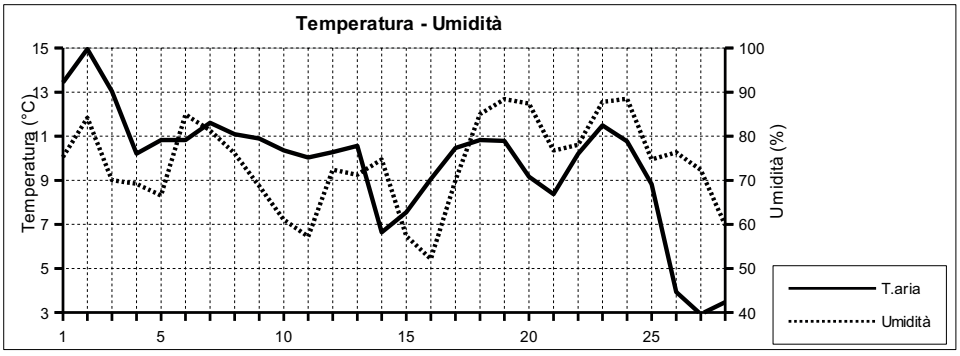
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/01/18	12.9	(22:40)	15.2	(14:10)	70.0	(17:00)	90.0	(2:20)	1014.7	(19:10)	1022.7	(0:00)	13.9	(19:00)	373.0	(13:50)
02/01/18	8.9	(23:50)	14.1	(12:20)	67.0	(15:50)	85.0	(18:50)	1010.0	(7:30)	1018.2	(23:40)	13.4	(8:10)	573.0	(12:20)
03/01/18	6.4	(6:20)	15.3	(21:00)	61.0	(10:50)	93.0	(17:00)	1009.0	(21:40)	1020.4	(9:10)	11.2	(21:40)	443.0	(12:10)
04/01/18	11	(5:10)	16.2	(13:20)	70.0	(14:40)	90.0	(1:50)	1009.4	(0:10)	1013.3	(10:30)	8.0	(0:10)	422.0	(12:20)
05/01/18	13.4	(2:30)	16.3	(13:20)	81.0	(0:50)	**93.0**	**(3:10)**	1010.5	(5:10)	1016.0	(23:20)	6.7	(2:20)	577.0	(12:20)
06/01/18	12.8	(23:20)	17.1	(15:20)	72.0	(15:40)	93.0	(1:10)	1014.6	(16:10)	1016.8	(23:40)	8.5	(5:20)	504.0	(10:30)
07/01/18	11.8	(5:00)	19.1	(14:40)	45.0	(14:40)	79.0	(2:00)	1016.5	(0:50)	1022.2	(21:50)	9.4	(14:40)	533.0	(12:40)
08/01/18	15.3	(7:30)	**19.9**	**(11:10)**	45.0	(0:40)	65.0	(23:30)	1020.7	(1:10)	1023.1	(10:30)	15.6	(12:40)	534.0	(12:20)
09/01/18	12.3	(23:40)	18.1	(00:00)	66.0	(00:00)	86.0	(23:10)	1019.4	(23:40)	1024.1	(10:00)	12.5	(23:30)	241.0	(11:40)
10/01/18	11	(5:00)	14.9	(15:00)	72.0	(18:50)	89.0	(5:10)	1014.5	(15:40)	1019.8	(0:40)	12.1	(0:40)	483.0	(13:50)
11/01/18	8.7	(5:40)	14.1	(13:50)	72.0	(13:50)	90.0	(19:10)	1010.6	(19:50)	1014.5	(00:00)	8.0	(15:20)	550.0	(13:00)
12/01/18	9.7	(1:40)	12.1	(15:10)	70.0	(17:50)	90.0	(2:50)	1011.1	(2:40)	1016.5	(23:00)	10.7	(23:40)	214.0	(9:40)
13/01/18	9.8	(4:30)	14.9	(14:10)	50.0	(13:50)	72.0	(4:20)	1015.9	(00:00)	1019.7	(22:40)	9.8	(00:00)	457.0	(12:20)
14/01/18	8.8	(4:30)	13.7	(14:40)	64.0	(11:10)	80.0	(21:30)	1019.2	(4:20)	1023.9	(23:00)	4.5	(15:10)	510.0	(12:40)
15/01/18	9.4	(7:20)	13.0	(15:30)	75.0	(15:30)	92.0	(8:20)	1022.4	(16:10)	1024.8	(10:30)	4.5	(5:10)	478.0	(12:50)
16/01/18	8.8	(5:40)	14.7	(22:20)	70.0	(12:00)	90.0	(3:50)	1014.0	(23:50)	1023.1	(00:00)	12.1	(15:30)	462.0	(10:10)
17/01/18	9.2	(21:10)	15.9	(12:10)	54.0	(15:40)	86.0	(1:30)	1003.8	(13:50)	1015.4	(23:50)	**19.2**	**(13:30)**	661.0	(13:00)
18/01/18	**6.2**	**(7:00)**	13.2	(14:00)	**28.0**	**(11:30)**	85.0	(23:40)	1015.5	(00:00)	1023.1	(10:20)	7.2	(0:10)	490.0	(12:50)
19/01/18	11	(0:30)	15.1	(14:30)	73.0	(4:40)	89.0	(2:00)	1014.4	(23:40)	1020.4	(00:00)	8.0	(10:00)	570.0	(13:30)
20/01/18	12.2	(23:20)	15.8	(14:30)	61.0	(14:00)	87.0	(3:40)	1012.1	(6:30)	1014.3	(00:00)	7.2	(17:00)	492.0	(13:00)
21/01/18	10.4	(23:50)	16.0	(14:50)	58.0	(22:20)	92.0	(11:40)	**1003.7**	**(13:50)**	1012.3	(23:50)	10.7	(10:00)	661.0	(11:40)
22/01/18	8.4	(6:40)	14.3	(13:30)	46.0	(12:50)	70.0	(21:20)	1012.3	(00:00)	1017.2	(10:40)	8.0	(2:00)	570.0	(12:30)
23/01/18	10.4	(7:30)	15.8	(13:30)	50.0	(13:10)	75.0	(2:30)	1015.8	(5:50)	1028.6	(23:50)	13.0	(16:10)	554.0	(11:10)
24/01/18	9.6	(2:10)	15.2	(14:30)	43.0	(12:50)	68.0	(2:10)	1028.5	(00:00)	1031.8	(10:10)	8.5	(10:50)	508.0	(12:30)
25/01/18	7.4	(6:20)	13.8	(14:10)	53.0	(10:30)	81.0	(21:30)	1026.8	(22:30)	1031.2	(00:00)	4.5	(13:40)	497.0	(12:10)
26/01/18	8.7	(6:40)	14.7	(14:20)	67.0	(11:20)	85.0	(7:00)	1024.4	(13:20)	1026.7	(00:00)	3.6	(13:40)	571.0	(11:40)
27/01/18	9.3	(5:50)	15.3	(15:40)	58.0	(12:50)	85.0	(0:10)	1026.6	(00:00)	1032.8	(23:30)	3.6	(22:50)	538.0	(12:00)
28/01/18	10.3	(6:30)	16.5	(15:20)	55.0	(12:20)	82.0	(23:50)	1032.7	(00:00)	**1035.6**	**(10:30)**	4.9	(6:10)	570.0	(13:30)
29/01/18	8.7	(6:40)	15.8	(14:40)	63.0	(15:10)	86.0	(23:40)	1032.1	(23:50)	1035.3	(00:00)	5.8	(14:10)	526.0	(13:00)
30/01/18	10.7	(7:00)	15.4	(13:00)	58.0	(13:10)	88.0	(5:50)	1028.5	(17:00)	1032.0	(00:00)	6.3	(13:10)	578.0	(12:10)
31/01/18	9.9	(4:10)	13.4	(12:40)	69.0	(18:40)	85.0	(8:20)	1022.5	(23:40)	1029.4	(00:00)	5.4	(14:40)	**652.0**	**(11:30)**

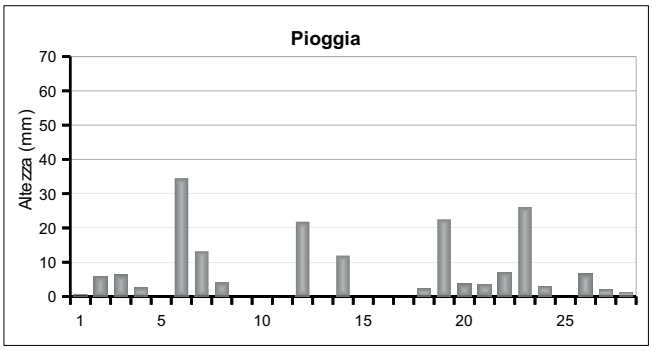


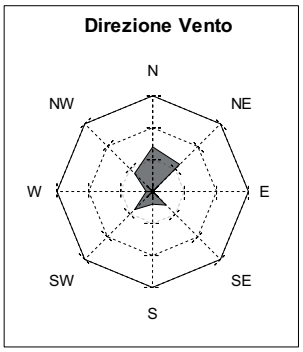


FEBBRAIO 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/02/18	13.4	75.3	1016.3	3.5	S	66.5	9:10	0.50	4.6	6.0	(12:50)
02/02/18	15.0	84.2	1008.5	4.5	SE	86.8	9:40	5.83	3.9	4.9	(12:20)
03/02/18	13.0	70.0	1005.6	3.7	SW	211.5	10:10	6.32	6.3	7.8	(12:40)
04/02/18	10.2	69.2	1015.1	0.6	SW	299.8	10:10	2.52	5.7	7.5	(13:00)
05/02/18	10.8	66.5	1020.1	1.0	--	301.2	10:30	0.00	6.6	7.4	(11:30)
06/02/18	10.8	85.0	1012.2	1.1	NE	27.1	9:20	34.51	2.1	4.2	(11:30)
07/02/18	11.6	81.3	1007.2	2.2	S	177.4	9:30	13.18	5.2	6.7	(14:40)
08/02/18	11.1	76.1	1016.1	1.0	W	173.1	10:30	4.04	6.1	8.0	(11:40)
09/02/18	10.9	68.7	1015.9	1.1	NW	321.9	10:30	0.00	6.3	7.1	(11:40)
10/02/18	10.4	61.1	1006.6	2.5	NE	247.9	10:30	0.00	6.4	7.8	(12:00)
11/02/18	10.0	57.2	1009.8	0.8	N	223.5	10:40	0.00	6.3	7.3	(12:10)
12/02/18	10.3	72.4	1012.0	0.8	SW	100.5	10:30	21.83	5.6	7.3	(10:20)
13/02/18	10.6	71.2	1010.1	1.0	NW	174.7	10:30	0.00	6.8	8.0	(11:50)
14/02/18	6.6	74.7	1013.0	0.9	N	66.2	10:30	11.92	5.8	7.0	(8:50)
15/02/18	7.5	57.4	1020.2	1.1	N	342.8	10:50	0.00	6.8	8.0	(12:10)
16/02/18	9.1	52.1	1025.4	0.8	NW	350.2	10:50	0.00	6.7	7.8	(11:50)
17/02/18	10.5	70.0	1024.0	0.6	SW	291.5	10:50	0.00	6.5	7.5	(11:30)
18/02/18	10.8	85.0	1017.7	1.0	SE	34.7	10:10	2.25	4.3	6.2	(12:20)
19/02/18	10.8	88.4	1012.7	0.8	NE	131.1	10:40	22.52	5.3	7.2	(14:00)
20/02/18	9.2	87.4	1007.0	0.8	N	138.2	10:30	3.76	5.6	7.4	(14:10)
21/02/18	8.4	76.8	1001.8	1.6	N	128.4	10:40	3.51	6.6	7.3	(12:20)
22/02/18	10.2	78.0	1003.3	1.4	SE	120.5	10:20	7.08	5.6	7.2	(11:30)
23/02/18	11.5	87.8	1001.1	1.4	NE	82.6	9:20	26.06	5.0	6.6	(13:00)
24/02/18	10.8	88.5	1005.3	0.9	NE	99.4	11:00	3.00	5.1	6.5	(12:30)
25/02/18	8.8	74.8	1006.6	1.9	NE	182.1	11:20	0.00	6.7	7.8	(13:40)
26/02/18	3.9	76.3	1002.0	2.0	N	129.5	10:30	6.56	5.9	8.2	(13:50)
27/02/18	2.9	72.4	1006.8	0.6	NW	339.3	10:40	2.01	7.2	8.6	(12:00)
28/02/18	3.5	59.8	1015.9	0.6	N	205.6	11:10	1.25	7.3	**8.7**	**(11:00)**

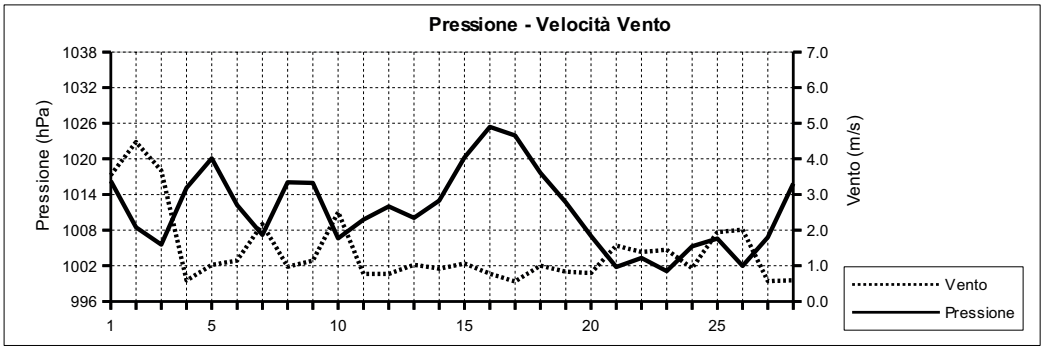


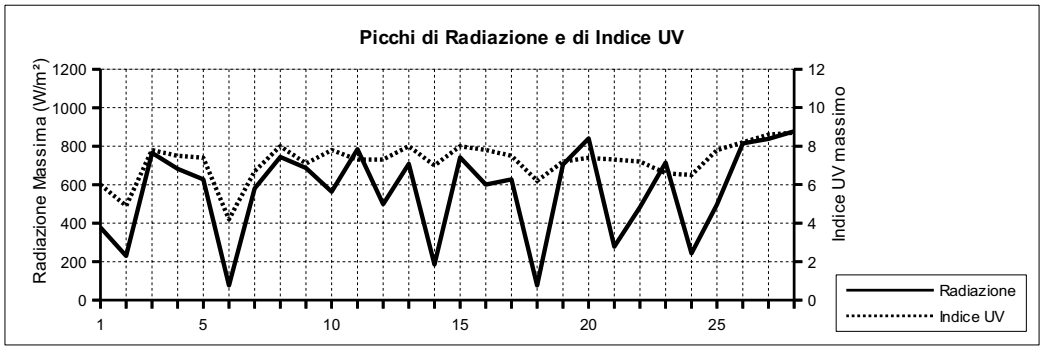




FEBBRAIO 2018 **(estremi giornalieri)**

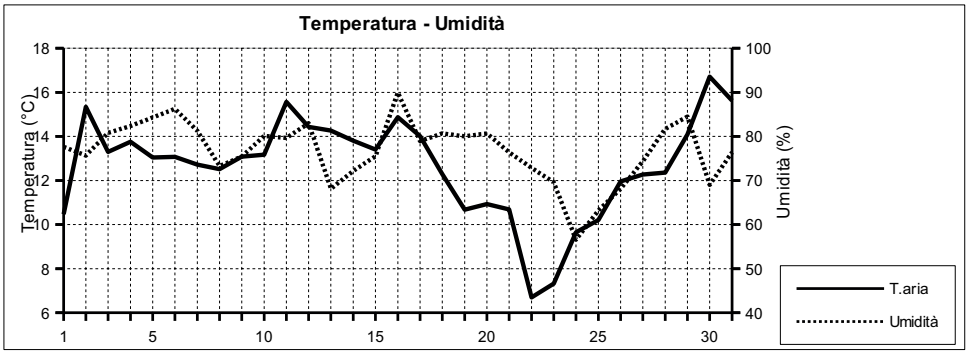
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/02/18	12.1	(2:00)	14.8	(23:50)	70.0	(2:00)	86.0	(10:20)	1012.0	(20:20)	1022.3	(00:00)	14.3	(18:10)	378.0	(12:40)
02/02/18	13.8	(2:00)	**16.3**	**(23:30)**	79.0	(00:00)	88.0	(17:00)	1004.3	(22:20)	1012.4	(00:00)	14.3	(23:40)	230.0	(14:10)
03/02/18	10.3	(23:50)	16.2	(0:20)	57.0	(22:10)	89.0	(5:00)	1000.6	(3:40)	1010.2	(23:50)	17.0	(7:50)	765.0	(12:40)
04/02/18	7.3	(5:30)	13.2	(14:50)	53.0	(18:40)	85.0	(6:30)	1010.2	(00:00)	1020.7	(23:50)	8.0	(0:50)	682.0	(11:50)
05/02/18	7.8	(5:40)	14.3	(14:40)	49.0	(14:30)	76.0	(5:30)	1017.7	(23:50)	1021.8	(8:20)	5.4	(14:20)	628.0	(12:30)
06/02/18	9.6	(6:40)	13.4	(23:40)	66.0	(0:20)	95.0	(20:00)	1006.6	(20:30)	1017.9	(00:00)	8.0	(11:30)	76.0	(9:10)
07/02/18	9.2	(7:00)	14.3	(11:00)	63.0	(14:40)	90.0	(7:10)	1004.6	(7:50)	1010.6	(23:40)	**17.4**	**(12:10)**	580.0	(14:40)
08/02/18	9.5	(0:10)	12.4	(12:20)	62.0	(12:40)	90.0	(0:30)	1010.7	(00:00)	1019.3	(23:10)	9.8	(14:40)	744.0	(12:00)
09/02/18	8.1	(4:40)	14.1	(15:40)	51.0	(15:20)	80.0	(7:10)	1011.7	(23:40)	1019.4	(0:10)	6.3	(18:50)	687.0	(12:40)
10/02/18	8.4	(3:40)	13.6	(14:30)	45.0	(14:20)	76.0	(1:10)	1003.6	(15:20)	1011.7	(00:00)	12.5	(13:30)	564.0	(12:20)
11/02/18	8	(7:20)	13.0	(15:10)	44.0	(12:40)	71.0	(22:20)	1006.8	(0:20)	1012.5	(22:10)	4.9	(16:30)	784.0	(12:10)
12/02/18	7.4	(7:30)	12.2	(21:00)	53.0	(2:10)	90.0	(15:00)	1009.9	(15:30)	1013.4	(8:20)	8.5	(15:40)	499.0	(9:30)
13/02/18	7.3	(23:40)	12.6	(11:20)	58.0	(12:00)	80.0	(5:10)	1008.3	(13:50)	1013.3	(23:50)	8.0	(16:00)	708.0	(11:20)
14/02/18	5.4	(14:30)	8.6	(11:00)	59.0	(9:50)	88.0	(14:50)	1011.2	(13:50)	1016.1	(23:50)	6.7	(20:00)	185.0	(8:40)
15/02/18	4.9	(5:20)	10.9	(14:30)	45.0	(13:40)	71.0	(00:00)	1016.1	(00:00)	1025.1	(23:40)	6.3	(13:40)	742.0	(11:40)
16/02/18	5.2	(4:00)	13.4	(15:40)	**29.0**	**(12:00)**	73.0	(23:50)	1024.5	(3:30)	**1026.5**	**(22:50)**	4.5	(7:50)	601.0	(12:00)
17/02/18	6.8	(5:50)	12.9	(13:50)	58.0	(10:30)	80.0	(6:10)	1021.6	(23:20)	1026.5	(00:00)	4.0	(14:00)	628.0	(12:30)
18/02/18	10.2	(4:00)	11.6	(21:00)	76.0	(00:00)	92.0	(16:50)	1014.9	(23:00)	1021.5	(00:00)	5.4	(17:20)	76.0	(10:50)
19/02/18	8.8	(23:50)	13.2	(16:10)	76.0	(16:10)	**95.0**	**(7:00)**	1011.1	(23:50)	1014.8	(00:00)	4.0	(8:50)	705.0	(14:00)
20/02/18	8.2	(22:30)	11.4	(14:20)	75.0	(15:50)	92.0	(0:10)	1003.0	(23:50)	1011.0	(00:00)	6.7	(16:40)	840.0	(13:30)
21/02/18	6.9	(7:10)	9.9	(16:10)	68.0	(15:30)	87.0	(00:00)	1000.8	(13:50)	1002.9	(0:10)	8.9	(11:20)	278.0	(13:40)
22/02/18	7.2	(5:40)	12.5	(16:20)	62.0	(13:50)	90.0	(23:10)	1002.6	(17:00)	1003.9	(9:50)	12.1	(17:40)	483.0	(9:20)
23/02/18	9.6	(6:30)	15.9	(13:50)	63.0	(13:50)	95.0	(10:30)	998.9	(17:50)	1003.8	(0:30)	12.5	(13:40)	715.0	(12:40)
24/02/18	9.5	(22:50)	11.8	(15:30)	81.0	(0:20)	93.0	(6:00)	999.1	(00:00)	1009.8	(22:30)	8.9	(11:50)	243.0	(11:50)
25/02/18	5.9	(23:40)	11.3	(13:10)	61.0	(13:00)	90.0	(00:00)	1004.4	(23:50)	1009.5	(00:00)	9.4	(16:40)	496.0	(9:40)
26/02/18	1.4	(11:30)	5.9	(00:00)	66.0	(14:50)	92.0	(12:10)	**998.0**	**(9:20)**	1005.5	(23:40)	10.7	(8:30)	814.0	(13:00)
27/02/18	**-0.1**	**(8:00)**	5.1	(16:20)	58.0	(5:50)	92.0	(10:40)	1004.6	(5:00)	1011.4	(23:50)	6.7	(14:20)	838.0	(13:00)
28/02/18	0.3	(4:20)	6.6	(15:30)	35.0	(13:00)	87.0	(23:40)	1011.6	(00:00)	1018.5	(22:10)	6.7	(23:30)	**877.0**	**(11:20)**

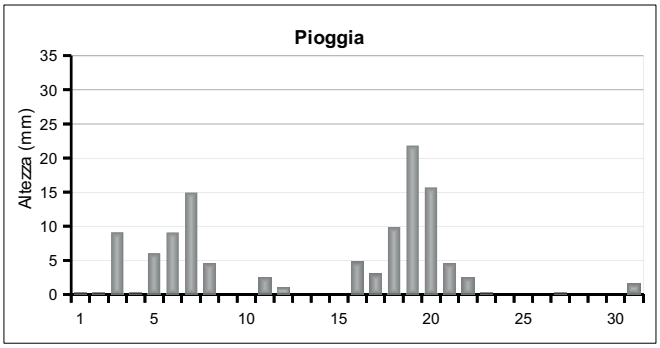


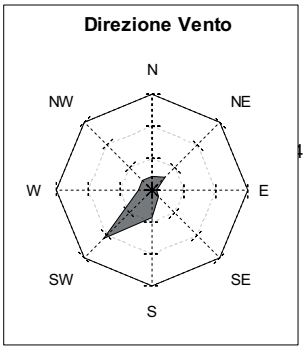


MARZO 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/03/18	10.5	77.6	1008.1	5.0	--	208.8	11:10	0.25	6.6	8.6	(11:30)
02/03/18	15.3	75.7	1001.6	2.1	SW	232.7	11:20	0.25	6.0	7.4	(13:00)
03/03/18	13.3	80.8	1003.0	2.4	SW	35.1	11:10	9.13	3.0	6.6	(9:00)
04/03/18	13.8	82.4	1004.0	1.1	NW	191.6	11:30	0.25	6.6	8.2	(10:50)
05/03/18	13.0	84.3	995.7	1.3	NW	62.8	11:00	6.07	4.9	6.3	(13:10)
06/03/18	13.1	86.3	998.0	2.9	SW	147.1	11:10	9.09	4.8	7.0	(11:50)
07/03/18	12.7	81.3	1005.8	1.9	SW	228.7	11:20	14.94	6.3	8.1	(12:10)
08/03/18	12.5	73.3	1014.2	0.9	SW	380.6	11:40	4.56	7.0	8.8	(11:50)
09/03/18	13.1	75.4	1018.6	0.6	SW	265.7	11:30	0.00	6.8	8.3	(10:50)
10/03/18	13.2	80.1	1018.8	0.7	SW	220.6	11:40	0.00	6.6	8.9	(12:30)
11/03/18	15.6	79.6	1012.7	2.0	SW	379.5	11:10	2.54	6.7	8.8	(12:00)
12/03/18	14.4	83.0	1009.9	2.5	SW	264.1	11:40	1.01	6.3	8.8	(12:30)
13/03/18	14.3	68.1	1012.8	2.5	W	310.6	11:50	0.00	6.3	9.2	(13:20)
14/03/18	13.8	72.2	1013.7	1.0	SW	461.1	12:00	0.00	6.9	8.6	(12:10)
15/03/18	13.4	75.5	1012.1	1.8	S	191.3	12:00	0.00	6.3	8.3	(12:10)
16/03/18	14.9	89.9	1007.0	1.7	SW	165.2	11:40	4.77	6.2	7.6	(10:40)
17/03/18	14.0	78.9	998.5	1.6	W	97.7	11:40	3.01	5.5	7.6	(10:50)
18/03/18	12.3	80.7	1000.5	2.0	SW	72.6	11:40	9.86	5.0	6.2	(7:50)
19/03/18	10.7	80.0	1002.5	1.1	SW	218.4	12:10	21.82	5.3	9.0	(12:10)
20/03/18	10.9	80.7	1005.7	1.9	S	106.1	11:10	15.70	6.2	8.4	(11:00)
21/03/18	10.7	76.4	1008.5	2.9	NE	223.4	12:00	4.54	5.8	8.3	(11:30)
22/03/18	6.7	72.9	1005.2	3.4	NE	127.3	11:40	2.50	6.2	7.3	(8:50)
23/03/18	7.3	69.6	1000.8	0.8	NE	316.3	12:20	0.25	6.8	8.4	(11:30)
24/03/18	9.7	56.6	1003.9	0.8	--	441.7	12:20	0.00	6.5	8.1	(12:30)
25/03/18	10.2	63.2	1003.8	2.5	N	294.0	12:30	0.00	6.3	8.0	(13:10)
26/03/18	12.0	68.1	1008.4	1.1	N	229.5	12:30	0.00	6.1	7.8	(13:50)
27/03/18	12.3	74.4	1014.6	0.7	SE	332.5	12:30	0.25	6.2	8.2	(13:30)
28/03/18	12.4	81.7	1015.5	1.0	S	336.8	12:40	0.00	6.4	8.9	(13:20)
29/03/18	14.1	84.5	1014.9	1.7	S	354.6	12:30	0.00	6.5	**9.4**	**(13:00)**
30/03/18	16.7	69.0	1013.2	1.1	SW	413.4	12:30	0.00	6.8	9.1	(12:40)
31/03/18	15.6	76.4	1006.1	2.9	S	87.4	12:40	1.53	5.1	6.0	(10:50)

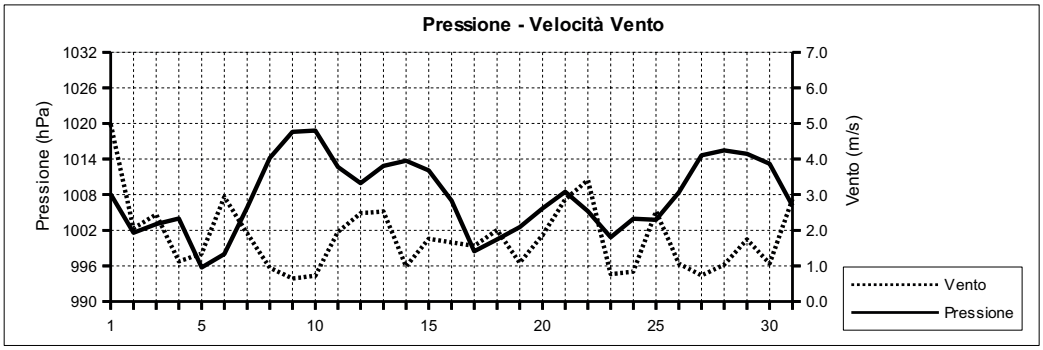


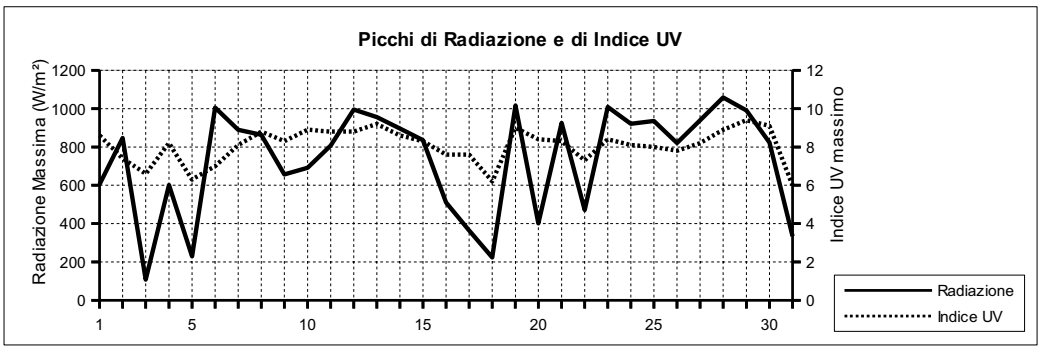




MARZO 2018 **(estremi giornalieri)**

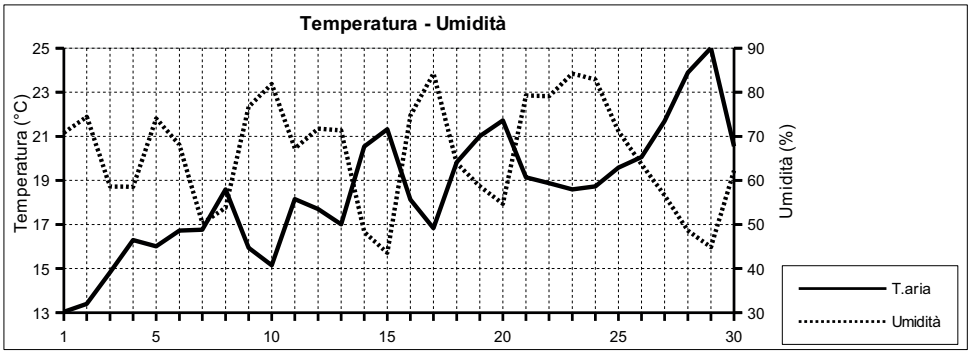
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/03/18	**1.9**	**(00:00)**	16.8	(22:10)	68.0	(11:50)	88.0	(00:00)	1001.6	(23:30)	1017.3	(00:00)	14.8	(15:00)	605.0	(11:50)
02/03/18	13	(23:40)	17.4	(14:40)	58.0	(23:00)	89.0	(11:10)	1000.2	(4:30)	1005.3	(23:40)	11.6	(18:20)	847.0	(11:50)
03/03/18	10.7	(4:30)	15.3	(17:50)	61.0	(00:00)	**95.0**	**(12:00)**	999.3	(16:50)	1006.0	(1:50)	13.4	(14:50)	107.0	(8:40)
04/03/18	12	(6:20)	15.1	(11:40)	77.0	(12:00)	87.0	(6:40)	1000.2	(23:50)	1006.6	(8:20)	11.6	(1:30)	601.0	(10:20)
05/03/18	11.9	(3:10)	14.8	(8:10)	75.0	(7:50)	90.0	(17:30)	**992.1**	**(14:00)**	999.9	(00:00)	9.8	(18:00)	229.0	(11:40)
06/03/18	11.3	(8:00)	14.1	(12:20)	77.0	(13:50)	93.0	(8:50)	995.4	(12:40)	1003.2	(23:50)	16.5	(11:20)	1005.0	(12:40)
07/03/18	10.1	(21:00)	15.6	(10:30)	73.0	(1:00)	92.0	(19:20)	1003.4	(00:00)	1007.8	(11:20)	14.3	(21:00)	889.0	(11:00)
08/03/18	8.9	(0:40)	15.6	(14:00)	54.0	(11:30)	87.0	(0:40)	1007.6	(0:10)	1018.4	(21:50)	15.6	(0:20)	863.0	(13:40)
09/03/18	11.4	(5:40)	15.5	(15:50)	63.0	(15:40)	84.0	(5:10)	1017.3	(3:30)	1019.9	(22:50)	5.8	(13:30)	657.0	(11:40)
10/03/18	10.7	(2:10)	15.8	(16:30)	69.0	(11:20)	87.0	(23:30)	1017.2	(23:30)	**1020.0**	**(10:20)**	5.4	(12:50)	691.0	(14:50)
11/03/18	12.2	(5:30)	20.3	(13:20)	58.0	(10:20)	94.0	(21:40)	1009.0	(18:40)	1017.0	(00:00)	13.0	(15:40)	807.0	(12:30)
12/03/18	13.2	(15:00)	15.9	(13:30)	68.0	(14:40)	92.0	(00:00)	1007.8	(13:30)	1011.4	(0:20)	14.8	(13:40)	995.0	(12:30)
13/03/18	13.4	(6:20)	16.1	(14:30)	51.0	(15:40)	78.0	(1:00)	1010.8	(2:30)	1014.3	(21:50)	15.2	(2:20)	956.0	(12:30)
14/03/18	11.7	(6:50)	16.4	(14:00)	60.0	(15:20)	81.0	(7:10)	1012.9	(3:10)	1014.8	(21:10)	6.7	(16:20)	896.0	(11:40)
15/03/18	10.9	(5:20)	15.9	(21:30)	57.0	(21:20)	83.0	(1:00)	1008.2	(23:40)	1014.6	(10:00)	8.5	(22:30)	835.0	(10:40)
16/03/18	14.1	(21:30)	16.1	(11:30)	77.0	(00:00)	92.0	(8:20)	1002.8	(23:50)	1008.5	(10:40)	9.8	(2:30)	510.0	(11:20)
17/03/18	11.3	(19:30)	17.6	(6:30)	65.0	(6:30)	86.0	(00:00)	993.8	(7:10)	1002.5	(00:00)	11.6	(19:30)	364.0	(10:50)
18/03/18	10.4	(6:10)	14.1	(14:30)	73.0	(16:40)	89.0	(10:40)	998.6	(11:40)	1002.7	(0:50)	17.0	(12:00)	223.0	(13:50)
19/03/18	8.8	(8:20)	14.3	(12:10)	60.0	(12:00)	88.0	(7:10)	1001.1	(2:30)	1005.9	(22:00)	**17.9**	**(12:40)**	1016.0	(12:20)
20/03/18	9.7	(00:00)	12.7	(20:00)	66.0	(22:20)	89.0	(16:50)	1003.5	(17:00)	1007.7	(11:20)	17.0	(17:10)	401.0	(8:10)
21/03/18	8.3	(23:50)	13.0	(14:30)	66.0	(23:40)	88.0	(11:20)	1002.4	(4:10)	1013.7	(20:50)	15.6	(0:40)	926.0	(11:30)
22/03/18	4.3	(19:50)	8.7	(13:20)	60.0	(14:10)	87.0	(20:30)	1001.5	(15:20)	1012.5	(00:00)	14.8	(0:50)	471.0	(10:00)
23/03/18	3.8	(5:10)	11.1	(14:00)	53.0	(17:00)	88.0	(4:30)	999.8	(15:00)	1002.2	(22:50)	7.6	(21:20)	1009.0	(13:00)
24/03/18	7	(5:40)	12.6	(14:00)	45.0	(10:40)	65.0	(22:00)	1001.7	(3:20)	1007.0	(21:50)	6.3	(10:00)	921.0	(13:20)
25/03/18	7.3	(5:30)	14.1	(13:30)	52.0	(11:20)	71.0	(20:50)	1001.6	(17:50)	1006.7	(00:00)	11.6	(16:10)	935.0	(13:30)
26/03/18	10	(4:50)	14.2	(12:50)	56.0	(12:50)	78.0	(22:40)	1004.5	(00:00)	1013.0	(23:50)	6.3	(0:30)	821.0	(14:00)
27/03/18	10.2	(7:20)	15.5	(16:20)	63.0	(14:20)	83.0	(1:20)	1013.0	(4:50)	1016.6	(22:20)	6.7	(15:30)	939.0	(12:20)
28/03/18	10.3	(7:00)	14.9	(13:40)	72.0	(13:30)	87.0	(21:00)	1014.5	(17:30)	1016.5	(0:10)	6.7	(13:40)	**1058.0**	**(14:50)**
29/03/18	12.6	(1:50)	15.9	(14:00)	80.0	(13:30)	88.0	(18:30)	1014.1	(4:00)	1015.8	(10:50)	8.0	(19:00)	991.0	(13:10)
30/03/18	11.8	(5:10)	**21.9**	**(15:50)**	**45.0**	**(15:50)**	87.0	(00:00)	1010.0	(23:20)	1015.9	(0:30)	8.0	(12:40)	823.0	(13:10)
31/03/18	11.7	(22:10)	17.8	(0:20)	67.0	(0:20)	88.0	(16:40)	1003.2	(19:00)	1010.4	(0:10)	17.0	(19:40)	334.0	(17:30)

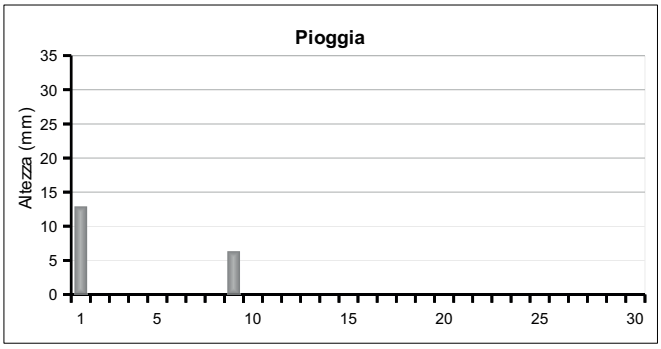


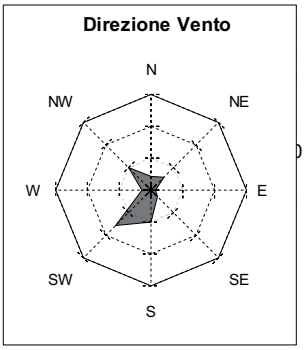


APRILE 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/04/18	13.0	70.8	1010.2	3.1	W	401.5	12:40	12.90	6.3	8.9	(13:10)
02/04/18	13.4	74.4	1019.6	0.9	S	473.8	12:40	0.00	7.3	9.7	(13:10)
03/04/18	14.8	58.6	1020.2	0.6	SW	424.2	13:00	0.00	7.0	10.0	(13:20)
04/04/18	16.3	58.6	1019.1	0.8	N	179.5	12:40	0.00	6.2	9.0	(13:00)
05/04/18	16.0	74.1	1015.8	1.1	NW	398.6	13:00	0.00	7.0	9.6	(13:20)
06/04/18	16.7	68.1	1017.5	1.1	NW	459.1	13:10	0.00	7.0	9.5	(13:00)
07/04/18	16.8	50.3	1018.2	1.2	--	496.7	13:00	0.00	7.3	9.7	(13:00)
08/04/18	18.6	53.8	1014.5	1.0	SW	477.1	13:00	0.00	7.0	9.2	(13:20)
09/04/18	15.9	76.7	1012.4	2.6	S	306.7	12:40	6.34	6.5	9.6	(13:30)
10/04/18	15.1	81.9	1014.5	1.2	S	310.8	13:10	0.00	7.0	**10.5**	**(13:00)**
11/04/18	18.2	67.3	1008.3	0.7	NW	260.1	12:50	0.00	6.3	8.6	(13:50)
12/04/18	17.7	71.7	1008.6	1.0	SW	301.6	13:20	0.00	6.5	9.7	(13:00)
13/04/18	17.0	71.4	1015.5	1.2	S	484.7	13:00	0.00	7.0	9.4	(13:00)
14/04/18	20.5	48.3	1014.3	2.7	N	294.6	13:10	0.00	6.2	8.0	(11:10)
15/04/18	21.3	43.6	1007.1	2.1	NW	276.5	13:20	0.00	5.8	8.0	(12:50)
16/04/18	18.1	74.7	1011.0	1.5	SW	388.8	13:20	0.00	6.3	8.3	(13:10)
17/04/18	16.8	84.3	1019.1	0.8	SW	227.6	13:10	0.00	6.0	8.1	(14:30)
18/04/18	19.8	63.9	1022.5	2.4	NE	407.6	13:20	0.00	6.3	8.6	(13:30)
19/04/18	21.0	58.7	1023.4	1.6	NE	438.0	13:30	0.00	6.7	9.0	(12:50)
20/04/18	21.7	54.7	1020.2	0.9	NE	476.5	13:40	0.00	6.7	9.0	(13:00)
21/04/18	19.1	79.3	1019.1	1.1	S	478.4	13:40	0.00	6.4	8.6	(12:50)
22/04/18	18.9	79.1	1019.0	1.0	SW	455.5	13:50	0.00	6.8	9.5	(12:40)
23/04/18	18.6	84.2	1019.2	1.1	S	468.2	13:40	0.00	7.1	9.4	(13:20)
24/04/18	18.7	82.9	1020.1	1.0	SW	376.2	13:50	0.00	6.7	9.3	(12:40)
25/04/18	19.6	71.2	1018.6	0.8	SW	462.6	13:50	0.00	6.8	9.0	(12:40)
26/04/18	20.1	63.7	1014.6	0.8	SW	471.5	13:40	0.00	7.2	9.6	(13:20)
27/04/18	21.7	56.6	1011.7	0.4	SE	373.8	13:50	0.00	6.5	8.3	(14:30)
28/04/18	23.9	48.6	1012.2	1.1	SW	385.4	13:50	0.00	6.7	9.2	(13:00)
29/04/18	25.0	44.9	1010.8	1.5	NW	464.1	13:50	0.00	7.1	9.6	(13:10)
30/04/18	20.6	62.2	1013.7	1.1	NW	478.6	14:00	0.00	7.4	10.3	(13:00)

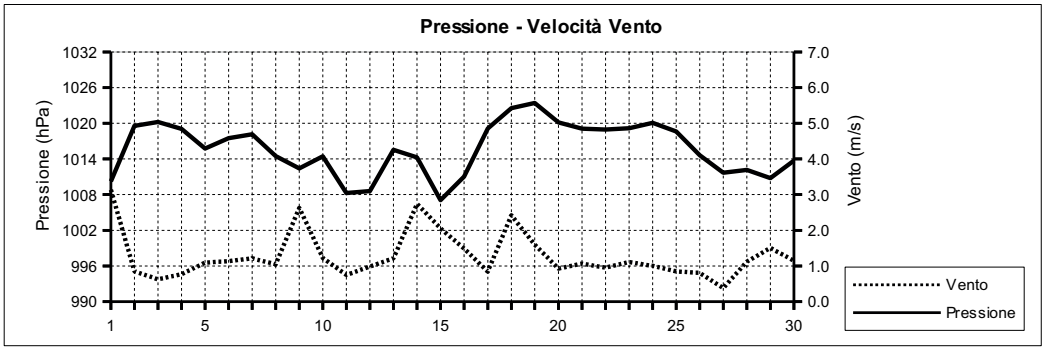


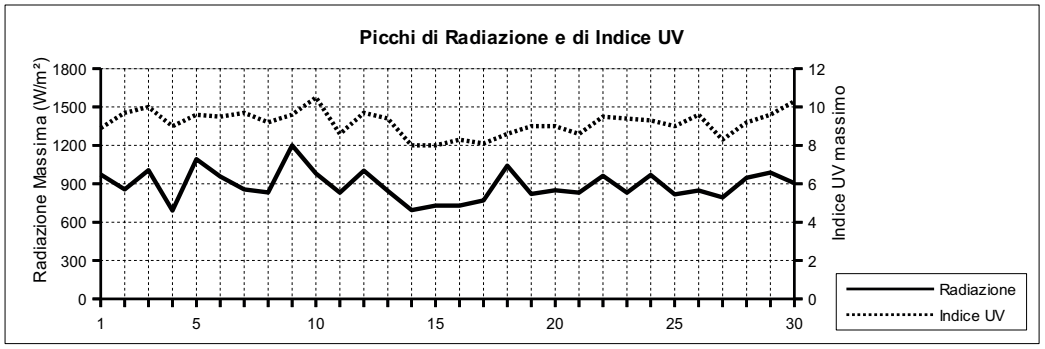




APRILE 2018 **(estremi giornalieri)**

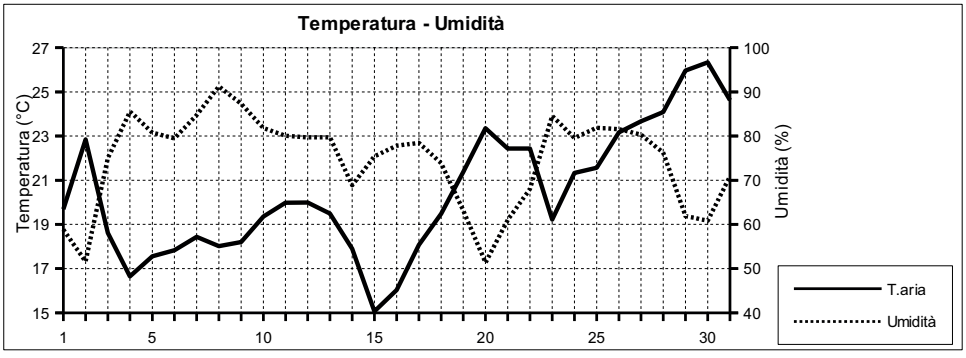
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/04/18	**9.7**	**(3:40)**	15.5	(17:30)	57.0	(13:30)	82.0	(10:50)	1004.5	(0:40)	1017.1	(23:40)	**13.9**	**(00:00)**	972.0	(13:10)
02/04/18	10.9	(5:50)	15.8	(15:10)	51.0	(15:00)	87.0	(7:10)	1017.0	(0:30)	1021.5	(23:00)	6.7	(10:00)	856.0	(12:50)
03/04/18	10.4	(6:50)	18.7	(16:30)	31.0	(12:40)	82.0	(4:50)	1019.0	(17:00)	1021.4	(00:00)	5.8	(14:40)	1007.0	(14:00)
04/04/18	13.5	(6:10)	18.9	(14:10)	48.0	(16:40)	70.0	(23:30)	1017.1	(19:20)	1021.0	(11:40)	6.3	(4:40)	691.0	(13:00)
05/04/18	13.9	(5:50)	18.8	(14:20)	58.0	(15:00)	85.0	(3:50)	1014.3	(16:10)	1017.4	(0:10)	8.0	(15:50)	1093.0	(14:00)
06/04/18	12.3	(6:50)	21.7	(14:30)	41.0	(14:40)	88.0	(6:30)	1016.5	(16:20)	1018.7	(11:00)	8.0	(15:20)	958.0	(13:50)
07/04/18	13.2	(6:10)	20.8	(15:10)	32.0	(14:30)	75.0	(20:00)	1017.0	(18:50)	1019.2	(10:20)	6.3	(15:20)	856.0	(13:00)
08/04/18	13.8	(6:40)	22.9	(13:40)	37.0	(14:20)	67.0	(6:40)	1009.3	(21:50)	1017.8	(1:30)	8.9	(15:50)	833.0	(13:20)
09/04/18	13.3	(7:10)	18.8	(0:40)	58.0	(0:20)	89.0	(7:10)	1008.2	(1:30)	1015.3	(23:10)	13.4	(4:00)	**1201.0**	**(12:20)**
10/04/18	13.9	(7:00)	17.3	(13:00)	74.0	(12:50)	87.0	(3:30)	1011.4	(22:50)	1016.0	(13:30)	6.3	(13:10)	981.0	(13:00)
11/04/18	14	(6:40)	23.7	(15:30)	44.0	(15:10)	87.0	(4:40)	1005.6	(18:30)	1011.8	(00:00)	7.2	(23:10)	831.0	(13:50)
12/04/18	15.4	(23:20)	20.7	(11:10)	62.0	(16:50)	86.0	(23:50)	1006.6	(4:30)	1012.0	(23:40)	10.3	(13:10)	1002.0	(14:10)
13/04/18	14.3	(4:00)	21.3	(15:30)	46.0	(23:00)	89.0	(2:00)	1012.2	(00:00)	1017.4	(23:40)	5.4	(0:30)	844.0	(13:00)
14/04/18	16.9	(3:20)	24.7	(14:50)	36.0	(15:30)	63.0	(2:20)	1009.7	(22:30)	1017.3	(0:10)	11.2	(11:20)	694.0	(10:40)
15/04/18	18.5	(7:30)	26.2	(16:10)	33.0	(5:00)	65.0	(20:10)	**1004.5**	**(17:30)**	1010.2	(0:20)	10.3	(5:00)	729.0	(13:30)
16/04/18	16.2	(23:40)	20.9	(12:20)	59.0	(2:20)	90.0	(22:50)	1006.7	(1:20)	1016.7	(23:50)	7.6	(13:10)	729.0	(13:20)
17/04/18	15.6	(7:10)	18.3	(14:50)	78.0	(11:10)	91.0	(0:30)	1016.7	(0:10)	1021.5	(23:50)	6.3	(14:50)	770.0	(14:30)
18/04/18	16.4	(0:50)	23.4	(16:20)	51.0	(16:40)	86.0	(1:00)	1021.0	(2:50)	**1024.5**	**(23:00)**	9.4	(14:10)	1042.0	(13:40)
19/04/18	17.6	(6:20)	25.7	(16:00)	44.0	(12:30)	72.0	(18:30)	1021.9	(17:00)	1024.5	(0:30)	6.7	(8:50)	821.0	(13:30)
20/04/18	17.6	(6:20)	27.7	(15:30)	31.0	(15:20)	78.0	(20:50)	1017.7	(17:20)	1022.5	(0:10)	9.4	(15:40)	849.0	(13:20)
21/04/18	17.2	(23:30)	21.7	(13:20)	66.0	(2:50)	**93.0**	**(21:10)**	1018.4	(17:50)	1019.8	(11:00)	6.7	(13:50)	830.0	(12:50)
22/04/18	15.6	(6:50)	21.9	(18:20)	63.0	(18:20)	92.0	(7:10)	1017.4	(18:10)	1019.7	(00:00)	6.7	(14:00)	963.0	(12:20)
23/04/18	16.6	(6:00)	21.3	(16:40)	71.0	(18:10)	92.0	(6:10)	1018.2	(17:00)	1020.2	(10:40)	6.3	(15:40)	830.0	(12:50)
24/04/18	17.1	(6:30)	21.1	(17:20)	72.0	(14:20)	89.0	(00:00)	1019.2	(3:20)	1021.5	(12:50)	6.7	(12:50)	970.0	(11:40)
25/04/18	16.2	(6:20)	24.1	(15:20)	43.0	(18:50)	89.0	(7:00)	1016.8	(18:50)	1019.9	(0:10)	7.6	(15:40)	817.0	(13:00)
26/04/18	15.9	(6:10)	25.6	(15:40)	35.0	(16:20)	80.0	(4:20)	1012.3	(17:50)	1017.6	(00:00)	6.3	(17:30)	847.0	(12:50)
27/04/18	16.6	(6:00)	26.9	(19:00)	32.0	(15:10)	71.0	(5:00)	1010.3	(18:50)	1013.0	(0:50)	6.3	(22:10)	793.0	(14:30)
28/04/18	20.7	(4:50)	27.4	(14:40)	34.0	(14:40)	71.0	(0:30)	1010.9	(6:10)	1013.0	(0:20)	6.3	(13:20)	947.0	(13:00)
29/04/18	21.9	(4:10)	**29.6**	**(16:50)**	**30.0**	**(14:00)**	60.0	(23:10)	1008.9	(16:30)	1012.7	(00:00)	7.2	(17:00)	988.0	(15:00)
30/04/18	17.6	(21:00)	22.9	(14:30)	41.0	(14:30)	78.0	(1:30)	1011.7	(00:00)	1016.2	(23:20)	8.9	(13:20)	905.0	(13:00)

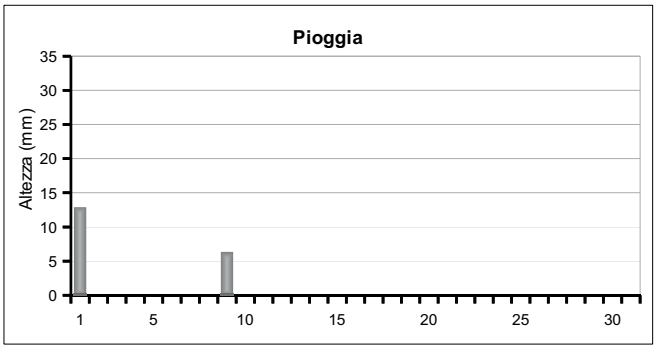


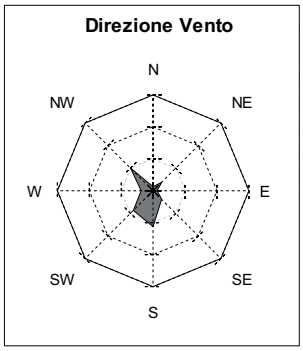


MAGGIO 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/05/18	19.7	58.8	1012.3	0.7	NW	289.3	14:00	0.00	6.5	9.3	(11:20)
02/05/18	22.9	51.6	1002.0	2.1	NE	262.6	14:10	0.00	6.3	8.9	(13:20)
03/05/18	18.6	75.0	998.1	1.6	SE	176.8	13:20	9.11	6.0	9.9	(11:50)
04/05/18	16.6	85.6	1007.4	2.1	SE	158.7	13:50	4.03	5.8	9.7	(13:30)
05/05/18	17.6	80.8	1014.7	1.1	S	353.9	14:00	0.00	7.3	11.2	(13:20)
06/05/18	17.8	79.5	1015.9	0.9	SW	255.9	14:10	0.00	7.0	11.1	(12:20)
07/05/18	18.4	84.8	1014.1	0.5	NW	169.6	14:10	2.01	6.4	10.2	(13:20)
08/05/18	18.0	91.3	1009.4	0.5	S	150.9	13:20	3.01	5.9	7.7	(9:00)
09/05/18	18.2	87.3	1007.6	1.2	S	489.2	14:10	10.40	8.0	11.8	(12:20)
10/05/18	19.4	81.8	1010.8	1.1	SW	507.2	14:10	0.00	7.6	10.8	(12:20)
11/05/18	20.0	80.1	1016.0	1.1	NW	458.7	14:20	0.00	7.2	10.7	(13:10)
12/05/18	20.0	79.7	1016.3	1.0	SW	405.0	14:00	0.00	7.0	10.3	(13:00)
13/05/18	19.5	79.7	1014.1	1.1	S	511.2	14:20	0.00	7.7	10.8	(12:30)
14/05/18	17.9	68.9	1013.8	2.2	W	457.2	14:40	5.34	8.2	11.9	(13:00)
15/05/18	15.1	75.4	1015.0	0.8	NE	183.8	14:30	9.64	5.9	10.7	(11:30)
16/05/18	16.0	77.8	1016.6	0.9	--	322.7	14:30	3.26	7.7	**12.4**	**(13:10)**
17/05/18	18.1	78.5	1016.1	1.0	--	536.2	14:40	0.25	8.2	11.7	(12:20)
18/05/18	19.5	73.9	1014.8	1.0	--	495.7	14:50	0.00	7.5	10.7	(13:20)
19/05/18	21.4	63.1	1014.1	1.3	NW	509.2	14:40	0.00	7.2	9.9	(13:20)
20/05/18	23.4	51.3	1012.9	0.9	NW	509.6	14:40	0.00	7.2	10.0	(12:50)
21/05/18	22.4	61.0	1012.5	0.9	NW	272.7	14:20	1.01	6.6	10.7	(13:10)
22/05/18	22.4	68.0	1014.1	0.9	NW	368.8	14:30	2.02	7.1	11.2	(13:00)
23/05/18	19.2	84.6	1015.1	0.9	W	185.2	14:30	20.80	6.0	9.1	(14:10)
24/05/18	21.3	79.6	1016.5	0.7	SW	507.4	14:40	0.00	7.8	11.0	(12:10)
25/05/18	21.6	81.9	1016.2	1.1	S	462.7	14:50	0.00	7.6	10.9	(12:50)
26/05/18	23.2	81.6	1017.8	0.6	S	474.0	14:50	0.00	7.3	10.4	(12:30)
27/05/18	23.7	80.3	1018.2	0.5	S	389.1	15:00	0.00	6.8	10.6	(12:50)
28/05/18	24.1	76.2	1017.9	0.3	--	302.9	14:50	0.00	6.4	10.5	(13:00)
29/05/18	26.0	61.9	1014.9	0.4	SW	392.0	14:40	0.00	6.7	10.7	(12:40)
30/05/18	26.3	60.8	1013.9	0.7	S	463.2	15:10	0.00	7.2	10.4	(13:20)
31/05/18	24.6	70.9	1016.2	1.1	SW	467.2	14:50	0.00	7.4	11.0	(12:50)

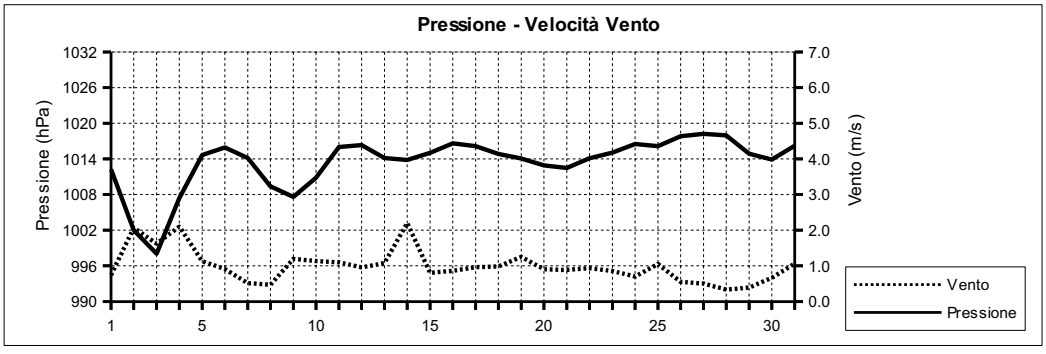


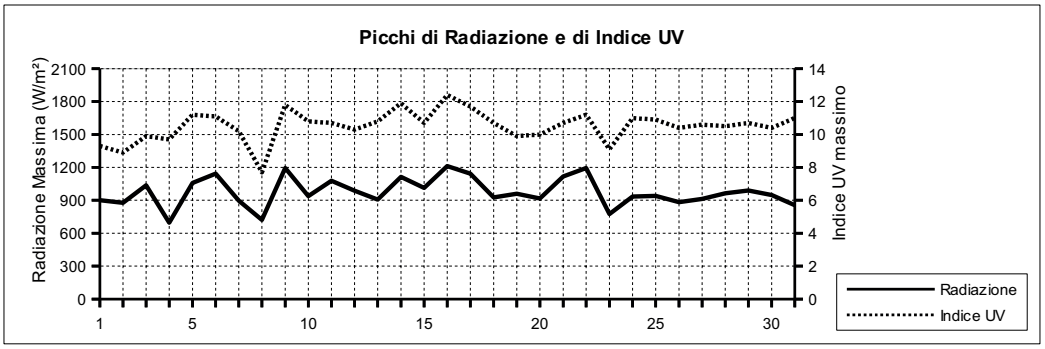




MAGGIO 2018 **(estremi giornalieri)**

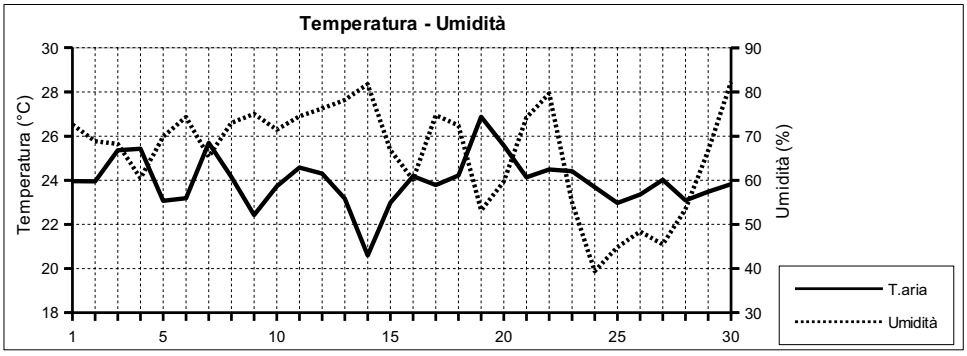
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/05/18	15.6	(6:50)	23.9	(18:40)	39.0	(20:50)	72.0	(4:50)	1007.6	(23:50)	1016.0	(0:50)	5.4	(15:50)	900.0	(11:20)
02/05/18	19.2	(3:40)	27.2	(17:40)	36.0	(12:10)	64.0	(23:10)	996.9	(19:10)	1007.5	(00:00)	10.7	(16:00)	877.0	(15:50)
03/05/18	15.6	(20:30)	22.1	(2:30)	54.0	(2:30)	90.0	(23:50)	**995.0**	**(4:30)**	1001.5	(23:50)	9.8	(2:00)	1037.0	(11:50)
04/05/18	15.1	(5:30)	18.1	(16:00)	75.0	(9:00)	92.0	(22:50)	1001.7	(00:00)	1013.4	(23:50)	**10.7**	**(15:20)**	696.0	(13:30)
05/05/18	16.1	(5:50)	19.7	(15:10)	69.0	(13:10)	92.0	(00:00)	1013.3	(5:10)	1016.4	(22:30)	6.7	(15:30)	1058.0	(11:10)
06/05/18	16.1	(6:10)	20.4	(15:50)	64.0	(18:20)	88.0	(6:20)	1015.0	(17:50)	1016.5	(0:10)	6.3	(14:30)	1143.0	(12:20)
07/05/18	17.4	(4:30)	20.6	(15:30)	78.0	(15:30)	92.0	(22:30)	1012.2	(23:40)	1016.1	(00:00)	6.3	(15:00)	896.0	(15:30)
08/05/18	16.8	(23:20)	19.2	(15:50)	88.0	(11:10)	94.0	(3:40)	1007.7	(20:50)	1012.3	(0:10)	6.3	(15:40)	722.0	(15:50)
09/05/18	16.2	(5:10)	20.6	(14:20)	77.0	(14:10)	**95.0**	**(5:20)**	1006.6	(4:30)	1009.0	(23:10)	7.2	(16:00)	1194.0	(13:40)
10/05/18	17.5	(4:40)	22.1	(16:10)	68.0	(16:20)	90.0	(2:30)	1008.4	(2:00)	1014.8	(23:30)	8.0	(16:00)	937.0	(13:10)
11/05/18	18.1	(5:40)	23.0	(16:20)	69.0	(15:10)	88.0	(6:30)	1014.6	(1:40)	1017.7	(23:20)	7.6	(16:00)	1079.0	(12:00)
12/05/18	18.3	(7:00)	23.3	(15:40)	59.0	(15:40)	91.0	(7:00)	1015.1	(15:10)	1017.7	(00:00)	6.7	(13:30)	988.0	(12:00)
13/05/18	17.6	(5:30)	22.0	(15:40)	70.0	(15:40)	87.0	(0:30)	1012.6	(19:40)	1015.5	(0:20)	7.2	(15:10)	907.0	(12:50)
14/05/18	16.3	(23:00)	19.1	(0:10)	56.0	(15:30)	87.0	(5:00)	1010.8	(4:50)	1016.2	(22:50)	10.7	(13:40)	1114.0	(12:20)
15/05/18	13	(15:10)	17.5	(9:20)	63.0	(00:00)	86.0	(18:20)	1014.2	(5:10)	1016.4	(23:40)	8.5	(11:30)	1013.0	(11:40)
16/05/18	**12.7**	**(3:40)**	19.3	(12:40)	62.0	(12:40)	91.0	(23:10)	1015.8	(3:20)	1017.5	(12:30)	7.2	(13:10)	**1211.0**	**(12:50)**
17/05/18	15.1	(2:40)	21.5	(17:10)	63.0	(18:40)	90.0	(00:00)	1015.1	(16:40)	1017.0	(8:40)	7.2	(17:30)	1144.0	(11:50)
18/05/18	16.2	(6:00)	23.3	(11:20)	54.0	(11:40)	85.0	(3:20)	1013.9	(18:10)	1016.2	(00:00)	8.5	(14:20)	926.0	(13:20)
19/05/18	17.2	(5:10)	24.6	(17:00)	49.0	(10:30)	80.0	(5:00)	1012.9	(18:40)	1014.8	(00:00)	6.3	(14:10)	960.0	(13:20)
20/05/18	19.1	(5:50)	28.3	(17:00)	**28.0**	**(12:50)**	69.0	(1:40)	1011.1	(16:50)	1014.4	(00:00)	6.3	(19:40)	916.0	(13:00)
21/05/18	20.4	(6:20)	25.1	(15:00)	50.0	(13:10)	74.0	(19:10)	1011.6	(5:20)	1013.3	(9:50)	6.3	(15:50)	1118.0	(14:30)
22/05/18	19.9	(6:10)	25.8	(13:20)	52.0	(13:30)	83.0	(23:40)	1013.2	(2:50)	1015.3	(23:40)	7.6	(15:00)	1194.0	(13:30)
23/05/18	17.4	(7:50)	21.1	(14:50)	73.0	(14:50)	93.0	(8:20)	1013.7	(5:40)	1016.6	(22:50)	8.0	(16:40)	775.0	(14:20)
24/05/18	18.1	(6:10)	25.1	(17:00)	62.0	(16:50)	90.0	(4:00)	1015.5	(17:20)	1017.4	(8:50)	5.8	(15:30)	935.0	(12:20)
25/05/18	19.4	(3:30)	24.2	(16:00)	72.0	(12:20)	91.0	(2:30)	1015.3	(17:30)	1017.3	(23:30)	7.2	(14:50)	939.0	(11:00)
26/05/18	19.9	(5:30)	27.4	(16:40)	67.0	(16:20)	90.0	(4:00)	1017.0	(4:30)	1019.3	(22:00)	5.8	(13:40)	884.0	(12:40)
27/05/18	22.1	(5:10)	26.5	(14:20)	73.0	(11:50)	88.0	(19:20)	1017.4	(20:40)	**1019.3**	**(10:00)**	5.8	(15:00)	912.0	(13:20)
28/05/18	21.3	(5:10)	26.8	(14:30)	59.0	(19:10)	89.0	(6:30)	1016.7	(19:20)	1019.1	(12:40)	4.9	(18:30)	963.0	(13:00)
29/05/18	22.3	(2:30)	**30.7**	**(15:30)**	45.0	(20:40)	76.0	(6:00)	1011.7	(18:20)	1017.4	(0:10)	5.8	(19:10)	990.0	(14:30)
30/05/18	23.4	(23:50)	29.3	(12:10)	45.0	(18:20)	85.0	(23:20)	1012.7	(4:50)	1015.6	(22:30)	6.7	(12:40)	947.0	(15:10)
31/05/18	22.2	(5:30)	28.2	(14:00)	46.0	(14:40)	87.0	(5:40)	1015.0	(4:10)	1017.3	(9:20)	10.7	(15:30)	856.0	(13:10)

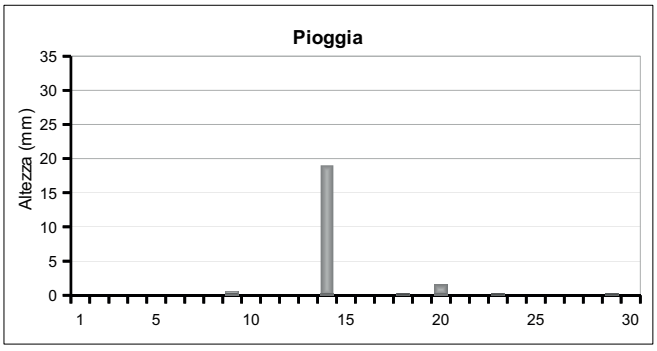


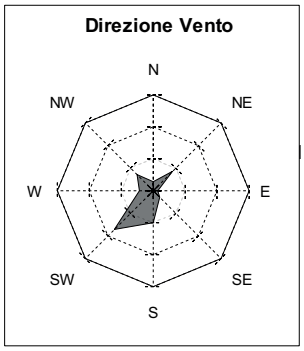


GIUGNO 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/06/18	24.0	72.6	1018.0	0.9	S	485.3	15:00	0.00	7.5	10.8	(13:20)
02/06/18	24.0	68.8	1018.1	1.0	S	458.0	15:00	0.00	7.4	10.9	(13:20)
03/06/18	25.4	68.2	1016.4	0.8	S	448.0	15:00	0.00	6.9	10.4	(12:50)
04/06/18	25.4	60.5	1012.0	0.8	SW	327.3	15:10	0.00	6.5	10.5	(12:50)
05/06/18	23.1	69.9	1010.7	1.7	W	464.3	15:00	0.00	7.5	11.2	(13:00)
06/06/18	23.2	74.3	1014.5	1.1	SW	369.3	14:50	0.00	7.1	10.4	(12:00)
07/06/18	25.7	65.3	1014.3	0.8	SW	356.6	15:00	0.00	6.7	10.7	(13:30)
08/06/18	24.2	73.0	1010.9	1.8	SW	439.6	15:10	0.00	7.1	10.7	(13:00)
09/06/18	22.4	75.0	1013.6	1.4	W	392.9	15:00	0.51	7.2	**11.4**	**(12:30)**
10/06/18	23.7	71.5	1013.2	1.3	SW	485.6	15:00	0.00	7.3	10.7	(13:00)
11/06/18	24.6	74.5	1012.1	0.9	SW	463.2	15:00	0.00	7.2	10.1	(12:50)
12/06/18	24.3	76.3	1010.4	1.2	S	421.0	15:10	0.00	7.0	11.1	(13:00)
13/06/18	23.2	78.2	1007.7	1.8	SW	452.4	15:10	0.00	7.6	10.6	(13:10)
14/06/18	20.6	81.8	1005.7	0.9	NW	160.6	15:10	19.00	5.3	11.2	(13:40)
15/06/18	23.0	66.9	1007.8	1.5	NW	437.5	15:10	0.00	7.5	11.2	(13:00)
16/06/18	24.2	60.1	1010.0	1.6	NW	417.3	15:00	0.00	6.9	10.9	(12:50)
17/06/18	23.8	74.7	1012.5	1.1	SE	464.6	15:10	0.00	7.3	10.8	(13:10)
18/06/18	24.2	72.4	1012.8	0.6	SW	325.0	15:10	0.25	6.4	10.4	(13:10)
19/06/18	26.9	53.2	1014.9	1.8	NE	454.0	15:20	0.00	7.3	11.0	(13:00)
20/06/18	25.6	59.7	1017.7	1.1	NE	395.7	14:50	1.50	7.1	10.2	(12:50)
21/06/18	24.1	74.2	1017.2	0.9	SW	485.0	15:10	0.00	7.3	10.5	(12:50)
22/06/18	24.5	79.6	1014.6	1.5	S	463.7	15:10	0.00	7.1	10.6	(13:30)
23/06/18	24.4	55.0	1015.2	2.3	NE	470.9	15:00	0.25	7.6	12.0	(13:30)
24/06/18	23.7	39.4	1015.5	2.1	NE	488.5	15:10	0.00	7.4	11.1	(13:10)
25/06/18	23.0	44.8	1013.4	2.2	NW	379.6	15:00	0.00	6.5	10.0	(12:50)
26/06/18	23.4	48.4	1012.1	2.1	NE	398.6	15:00	0.00	6.7	10.6	(13:00)
27/06/18	24.0	45.5	1010.7	1.9	N	464.5	15:10	0.00	6.9	11.3	(13:20)
28/06/18	23.1	53.5	1010.4	1.3	SW	503.0	15:10	0.00	7.2	10.7	(13:10)
29/06/18	23.5	66.7	1010.4	1.3	SW	478.0	14:50	0.25	7.2	10.5	(12:30)
30/06/18	23.8	82.3	1011.3	1.4	S	468.6	15:20	0.00	7.1	10.2	(13:10)

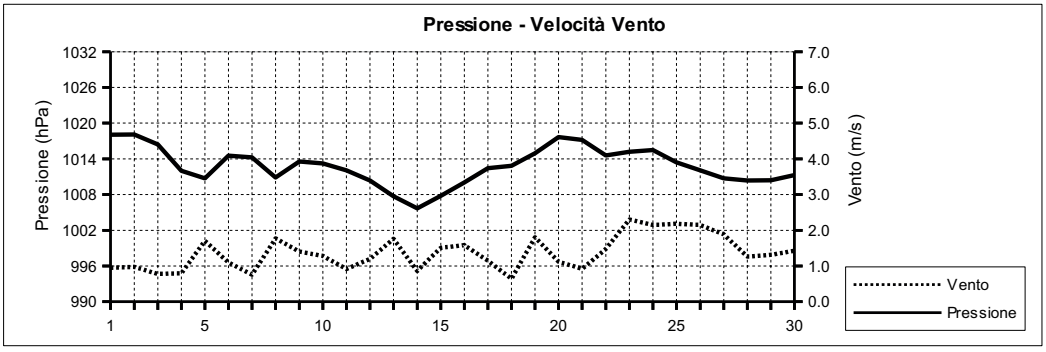


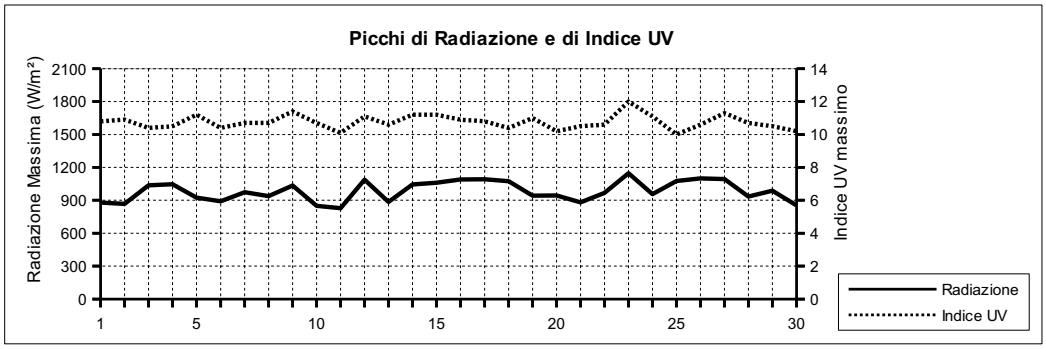




GIUGNO 2018 **(estremi giornalieri)**

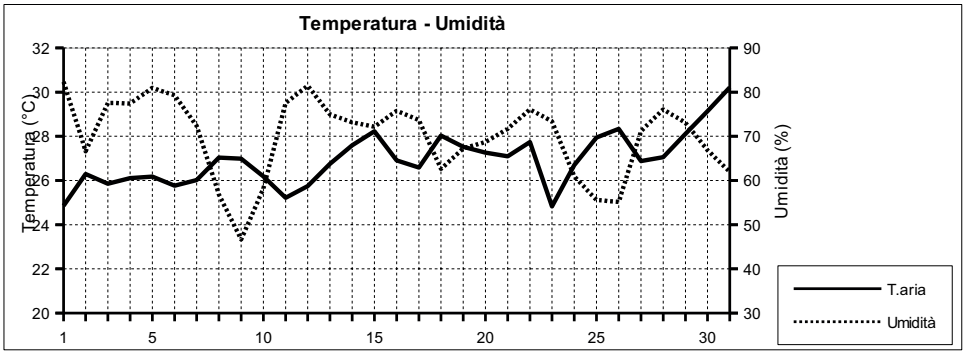
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/06/18	21.4	(4:50)	27.9	(16:10)	54.0	(16:00)	84.0	(7:30)	1017.3	(00:00)	1019.0	(11:40)	7.2	(12:30)	879.0	(13:40)
02/06/18	20.8	(6:20)	28.0	(17:10)	50.0	(17:00)	80.0	(9:50)	1016.5	(18:40)	1019.0	(0:10)	5.8	(13:10)	868.0	(12:50)
03/06/18	21.6	(5:50)	30.4	(17:10)	41.0	(18:40)	79.0	(5:40)	1014.3	(20:50)	1018.3	(0:20)	5.4	(13:30)	1037.0	(13:40)
04/06/18	22.9	(23:30)	29.4	(15:20)	42.0	(11:30)	82.0	(21:40)	1009.9	(19:30)	1014.7	(00:00)	6.7	(12:20)	1046.0	(12:10)
05/06/18	21.6	(5:40)	25.4	(13:20)	56.0	(12:30)	85.0	(1:30)	1009.9	(4:00)	1013.1	(23:00)	9.4	(15:20)	925.0	(11:40)
06/06/18	21	(5:30)	26.7	(15:50)	58.0	(15:50)	85.0	(5:10)	1012.3	(4:20)	1016.8	(23:40)	7.2	(14:30)	891.0	(11:50)
07/06/18	21.2	(6:20)	30.2	(17:50)	41.0	(18:00)	86.0	(5:00)	1011.3	(20:50)	1016.7	(00:00)	5.4	(15:40)	974.0	(14:20)
08/06/18	21.3	(23:40)	27.1	(11:30)	55.0	(16:30)	87.0	(6:10)	1010.0	(4:50)	1012.6	(22:20)	12.1	(15:30)	937.0	(13:00)
09/06/18	20.3	(5:50)	24.9	(15:00)	61.0	(13:30)	86.0	(6:10)	1012.2	(1:30)	1014.8	(23:30)	8.9	(15:40)	1034.0	(12:10)
10/06/18	20.8	(5:50)	27.6	(18:00)	47.0	(18:10)	86.0	(5:40)	1012.1	(17:30)	1014.6	(00:00)	8.0	(18:50)	849.0	(13:20)
11/06/18	21.8	(5:00)	28.4	(17:20)	62.0	(17:00)	87.0	(6:30)	1010.5	(18:40)	1013.3	(9:10)	8.0	(14:20)	828.0	(13:20)
12/06/18	22.3	(23:40)	26.7	(13:20)	55.0	(13:20)	85.0	(5:50)	1009.1	(18:30)	1011.3	(00:00)	8.0	(14:40)	1088.0	(13:20)
13/06/18	21.9	(3:30)	25.4	(15:40)	72.0	(15:30)	84.0	(7:20)	1005.6	(18:50)	1010.3	(00:00)	8.9	(14:40)	886.0	(13:50)
14/06/18	**18.4**	**(12:10)**	23.9	(14:30)	68.0	(14:40)	89.0	(11:50)	**1004.0**	**(5:20)**	1007.9	(23:20)	8.5	(2:10)	1044.0	(13:50)
15/06/18	19.2	(00:00)	26.7	(16:40)	53.0	(12:10)	83.0	(00:00)	1006.7	(3:50)	1009.8	(23:40)	6.3	(9:30)	1060.0	(13:30)
16/06/18	20.4	(5:50)	27.6	(12:30)	48.0	(11:20)	71.0	(22:30)	1009.2	(4:40)	1011.9	(22:40)	9.4	(19:00)	1090.0	(14:00)
17/06/18	21.8	(5:50)	26.3	(13:50)	68.0	(23:00)	79.0	(5:10)	1011.6	(5:20)	1013.5	(21:40)	9.8	(18:10)	1092.0	(13:50)
18/06/18	21.6	(5:20)	27.9	(13:20)	55.0	(11:50)	82.0	(4:50)	1011.9	(15:00)	1014.3	(23:30)	8.0	(17:00)	1074.0	(12:20)
19/06/18	23.1	(4:20)	**31.2**	**(15:00)**	40.0	(15:10)	77.0	(0:10)	1013.8	(2:30)	1017.0	(23:20)	9.8	(11:50)	942.0	(13:30)
20/06/18	22	(19:30)	30.8	(14:50)	45.0	(14:20)	84.0	(23:50)	1016.3	(14:50)	**1019.1**	**(19:30)**	7.6	(15:20)	944.0	(15:10)
21/06/18	20.9	(5:20)	27.2	(15:10)	60.0	(15:10)	85.0	(4:50)	1015.7	(18:40)	1018.2	(00:00)	6.7	(16:30)	882.0	(13:00)
22/06/18	22.4	(5:00)	26.8	(15:30)	71.0	(15:40)	87.0	(4:00)	1012.9	(18:10)	1016.5	(00:00)	7.6	(13:30)	967.0	(13:50)
23/06/18	21.4	(3:20)	27.7	(17:20)	36.0	(17:00)	86.0	(2:40)	1014.3	(0:30)	1016.4	(11:30)	9.8	(10:00)	**1148.0**	**(13:30)**
24/06/18	20.3	(5:50)	27.2	(13:50)	**31.0**	**(18:50)**	49.0	(6:10)	1014.3	(18:10)	1016.4	(11:20)	8.5	(18:30)	956.0	(13:20)
25/06/18	19.8	(4:50)	26.6	(14:10)	34.0	(9:50)	61.0	(17:40)	1012.4	(15:10)	1015.0	(00:00)	**12.1**	**(17:30)**	1076.0	(14:30)
26/06/18	20	(6:20)	27.4	(16:30)	37.0	(16:30)	61.0	(2:20)	1010.8	(14:40)	1013.6	(00:00)	11.2	(16:50)	1099.0	(14:00)
27/06/18	20.5	(4:50)	27.7	(16:10)	36.0	(16:00)	55.0	(5:40)	1009.5	(17:50)	1012.4	(00:00)	12.1	(13:00)	1093.0	(14:00)
28/06/18	19.4	(5:50)	25.9	(14:30)	41.0	(12:40)	70.0	(23:30)	1009.5	(18:50)	1011.8	(0:10)	8.0	(13:00)	935.0	(12:20)
29/06/18	20.9	(6:20)	26.9	(17:00)	51.0	(17:10)	78.0	(3:40)	1009.7	(17:30)	1011.4	(23:30)	7.6	(13:40)	988.0	(12:00)
30/06/18	21.9	(5:50)	25.8	(16:40)	71.0	(00:00)	**90.0**	**(22:30)**	1010.5	(17:40)	1012.6	(23:20)	7.6	(13:40)	853.0	(13:10)

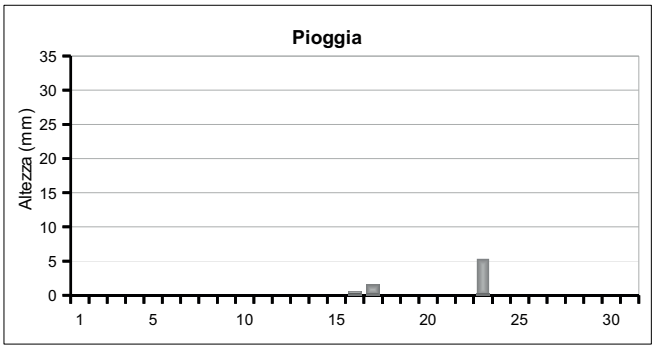


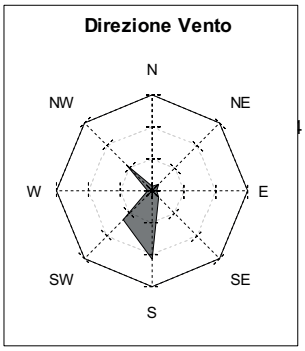


LUGLIO 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/07/18	24.9	82.4	1013.4	0.9	S	479.2	15:10	0.00	7.3	10.8	(12:50)
02/07/18	26.3	66.6	1014.5	1.0	S	468.3	15:00	0.00	7.4	10.9	(13:20)
03/07/18	25.9	77.6	1015.3	0.9	SW	446.5	15:00	0.00	7.5	11.3	(12:50)
04/07/18	26.1	77.4	1016.3	0.7	SE	414.1	15:00	0.00	6.9	10.8	(12:50)
05/07/18	26.2	81.0	1014.8	0.8	S	436.5	15:00	0.00	7.2	11.1	(13:20)
06/07/18	25.8	79.3	1013.6	1.0	SW	345.4	15:00	0.00	7.4	**11.6**	**(13:30)**
07/07/18	26.0	72.3	1014.5	1.1	SW	449.8	14:50	0.00	7.4	11.1	(13:10)
08/07/18	27.0	56.8	1014.5	0.9	NW	454.7	15:00	0.00	7.3	10.8	(13:00)
09/07/18	27.0	46.6	1014.1	1.2	NE	458.0	14:50	0.00	7.4	11.1	(12:40)
10/07/18	26.2	58.2	1014.1	1.1	S	449.1	15:00	0.00	7.2	10.1	(12:40)
11/07/18	25.2	77.5	1014.2	1.5	S	417.9	15:00	0.00	7.4	10.8	(13:00)
12/07/18	25.7	81.5	1016.0	1.3	S	397.2	15:00	0.00	7.9	11.3	(13:10)
13/07/18	26.7	75.0	1017.0	0.8	S	395.3	15:00	0.00	7.5	10.9	(13:10)
14/07/18	27.6	73.2	1015.9	0.6	S	395.7	14:50	0.00	7.0	10.3	(12:50)
15/07/18	28.2	72.2	1013.7	0.8	SW	404.6	14:50	0.00	7.5	10.7	(12:50)
16/07/18	26.9	75.8	1014.2	1.0	S	344.3	14:50	0.51	7.3	11.3	(13:50)
17/07/18	26.6	73.7	1010.1	1.3	NW	407.5	14:50	1.52	7.6	11.6	(13:00)
18/07/18	28.0	62.6	1013.6	1.0	SW	455.5	15:00	0.00	7.6	10.8	(13:10)
19/07/18	27.5	67.3	1014.0	0.8	S	440.9	14:50	0.00	7.4	10.4	(13:20)
20/07/18	27.3	68.7	1013.9	0.8	S	444.3	14:40	0.00	7.8	11.2	(13:10)
21/07/18	27.1	71.7	1013.0	1.2	SW	434.0	14:40	0.00	7.6	11.1	(13:20)
22/07/18	27.7	76.1	1010.9	1.8	S	403.7	14:40	0.00	7.3	10.6	(13:30)
23/07/18	24.8	73.4	1009.4	0.9	NW	252.5	14:40	5.33	6.4	9.7	(15:10)
24/07/18	26.7	60.9	1010.1	1.8	NW	374.7	14:40	0.00	7.6	11.2	(13:00)
25/07/18	27.9	55.6	1010.7	1.2	NW	439.5	14:30	0.00	7.2	10.2	(13:10)
26/07/18	28.3	55.2	1011.5	1.0	NW	444.3	14:40	0.00	7.3	9.7	(13:30)
27/07/18	26.9	71.2	1013.0	1.2	S	453.8	14:30	0.00	7.4	10.3	(13:20)
28/07/18	27.1	76.1	1013.5	1.0	SW	442.8	14:20	0.00	7.2	10.2	(13:00)
29/07/18	28.1	73.1	1013.5	1.1	SW	433.9	14:30	0.00	7.2	10.4	(13:00)
30/07/18	29.1	66.9	1013.0	0.8	S	453.9	14:30	0.00	7.2	10.2	(13:20)
31/07/18	30.2	62.0	1013.2	0.9	NW	452.3	14:10	0.00	7.2	10.0	(13:00)

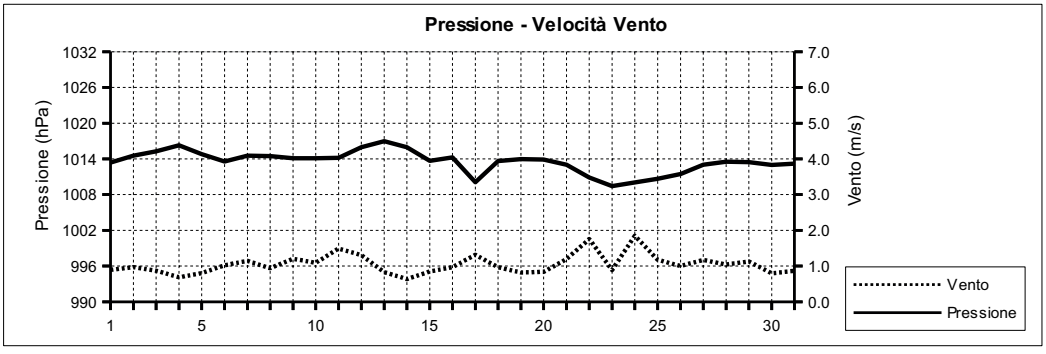


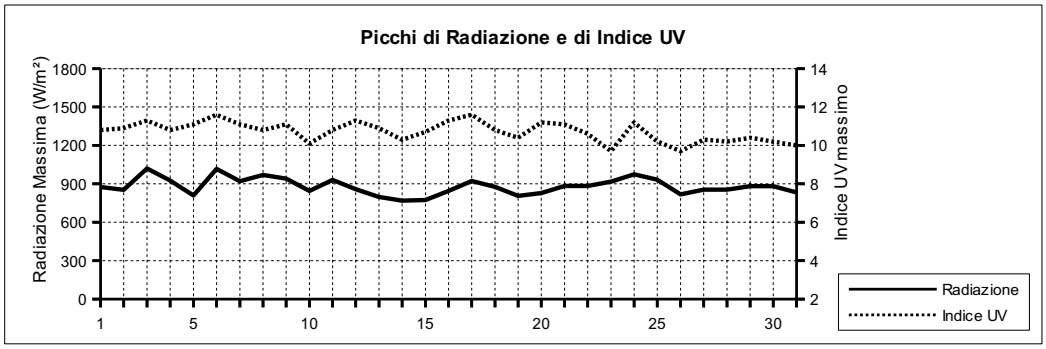




LUGLIO 2018 **(estremi giornalieri)**

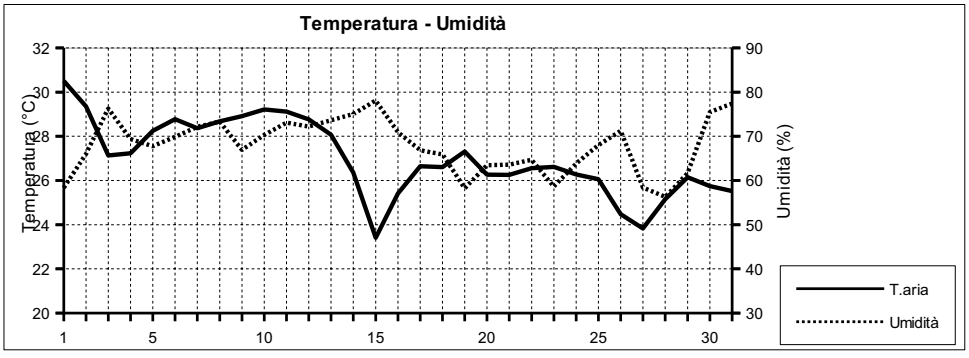
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/07/18	22.6	(4:40)	27.6	(14:20)	68.0	(12:10)	**92.0**	**(4:30)**	1012.4	(4:00)	1014.2	(23:40)	7.2	(15:00)	874.0	(13:10)
02/07/18	23.1	(6:00)	30.0	(15:40)	47.0	(13:20)	90.0	(0:10)	1013.8	(2:50)	1015.5	(11:40)	6.3	(17:30)	853.0	(13:20)
03/07/18	23.7	(6:50)	29.6	(17:00)	61.0	(17:00)	88.0	(6:20)	1014.5	(5:20)	1016.4	(22:20)	6.7	(12:50)	**1020.0**	**(12:30)**
04/07/18	23.7	(6:20)	29.4	(16:50)	65.0	(17:10)	88.0	(6:50)	1015.7	(18:10)	1016.9	(9:00)	6.7	(13:20)	926.0	(11:50)
05/07/18	24.2	(4:10)	28.9	(16:40)	72.0	(11:40)	90.0	(1:30)	1012.2	(20:10)	1017.0	(3:00)	8.5	(14:00)	809.0	(13:30)
06/07/18	24.1	(5:10)	28.4	(12:30)	65.0	(12:30)	88.0	(5:40)	1012.6	(5:20)	1015.0	(23:20)	8.9	(13:50)	1016.0	(13:20)
07/07/18	23.4	(5:40)	28.8	(15:20)	59.0	(19:40)	85.0	(5:00)	1013.9	(17:10)	1015.7	(22:00)	8.0	(20:50)	921.0	(12:10)
08/07/18	23.6	(4:00)	31.1	(15:30)	38.0	(13:50)	71.0	(3:50)	1013.4	(18:30)	1015.1	(8:10)	9.8	(14:10)	969.0	(13:50)
09/07/18	23.2	(1:50)	30.7	(13:40)	**33.0**	**(13:00)**	68.0	(2:00)	1012.8	(17:30)	1015.0	(23:40)	9.8	(1:40)	940.0	(14:10)
10/07/18	23.6	(6:50)	28.7	(12:40)	45.0	(12:30)	74.0	(23:30)	1013.2	(19:40)	1015.0	(00:00)	7.6	(13:20)	844.0	(13:00)
11/07/18	23.2	(6:10)	27.0	(16:40)	72.0	(9:20)	85.0	(23:20)	1013.4	(3:20)	1015.3	(23:50)	8.0	(12:00)	930.0	(11:40)
12/07/18	24.1	(5:30)	28.1	(14:30)	73.0	(14:00)	87.0	(6:00)	1015.0	(2:30)	1016.9	(23:50)	8.0	(15:20)	858.0	(12:50)
13/07/18	23.9	(6:10)	29.9	(14:30)	55.0	(19:40)	85.0	(00:00)	1016.2	(17:50)	**1018.0**	**(11:10)**	5.4	(11:10)	798.0	(13:40)
14/07/18	24.6	(5:40)	30.8	(16:20)	62.0	(12:30)	86.0	(5:20)	1014.0	(18:10)	1017.3	(0:50)	5.4	(10:50)	768.0	(13:20)
15/07/18	25.8	(4:50)	30.9	(16:50)	49.0	(22:30)	86.0	(3:40)	1013.0	(4:20)	1014.6	(00:00)	6.3	(18:20)	773.0	(12:50)
16/07/18	24.9	(5:30)	29.7	(13:00)	59.0	(0:30)	84.0	(6:10)	1010.6	(23:40)	1016.7	(17:10)	9.4	(13:40)	844.0	(13:50)
17/07/18	22.7	(4:50)	29.2	(15:30)	61.0	(17:30)	86.0	(1:50)	**1007.8**	**(7:20)**	1012.8	(23:40)	9.4	(14:10)	923.0	(13:00)
18/07/18	24.6	(5:50)	31.9	(15:50)	43.0	(15:30)	84.0	(1:40)	1012.8	(00:00)	1014.4	(10:40)	8.5	(16:00)	877.0	(13:50)
19/07/18	25.1	(5:50)	30.8	(17:10)	50.0	(17:20)	81.0	(1:40)	1013.2	(19:10)	1014.5	(00:00)	7.6	(13:30)	805.0	(13:10)
20/07/18	24.8	(6:00)	30.4	(15:40)	52.0	(15:20)	80.0	(23:00)	1013.2	(4:00)	1014.6	(11:20)	6.7	(14:40)	828.0	(13:10)
21/07/18	24.4	(6:20)	29.5	(17:20)	47.0	(22:00)	86.0	(1:50)	1010.3	(19:10)	1014.8	(7:00)	9.4	(17:40)	884.0	(13:20)
22/07/18	25.9	(23:40)	29.8	(14:40)	52.0	(00:00)	85.0	(9:10)	1009.6	(5:30)	1012.0	(22:10)	8.0	(0:10)	884.0	(12:40)
23/07/18	**20.8**	**(12:20)**	26.8	(18:10)	58.0	(16:40)	85.0	(12:00)	1008.1	(7:00)	1012.0	(00:00)	9.8	(10:20)	918.0	(15:40)
24/07/18	22.7	(5:30)	30.4	(13:20)	46.0	(13:10)	71.0	(5:30)	1009.3	(18:20)	1010.9	(23:30)	**11.2**	**(16:30)**	974.0	(12:10)
25/07/18	24.5	(5:50)	31.8	(12:40)	37.0	(12:20)	69.0	(0:30)	1010.1	(3:40)	1011.4	(21:20)	10.3	(15:30)	933.0	(13:50)
26/07/18	24.9	(5:30)	31.5	(15:40)	43.0	(11:30)	70.0	(3:10)	1010.6	(4:10)	1012.9	(23:40)	8.9	(16:20)	817.0	(13:00)
27/07/18	25	(6:30)	28.6	(14:50)	55.0	(00:00)	78.0	(9:40)	1012.3	(4:50)	1013.8	(12:00)	7.6	(13:10)	854.0	(14:10)
28/07/18	25.3	(5:00)	29.4	(16:20)	62.0	(18:10)	84.0	(6:10)	1012.6	(5:10)	1014.7	(22:30)	7.6	(14:40)	854.0	(14:20)
29/07/18	25.7	(6:10)	32.4	(18:20)	51.0	(18:20)	85.0	(4:30)	1011.9	(17:20)	1014.5	(9:30)	7.2	(16:30)	881.0	(14:00)
30/07/18	25.7	(5:50)	32.6	(17:10)	50.0	(19:30)	84.0	(23:20)	1012.0	(17:00)	1014.0	(23:30)	6.7	(14:00)	881.0	(14:30)
31/07/18	26.3	(4:20)	**34.6**	**(14:50)**	45.0	(16:30)	88.0	(1:30)	1012.3	(16:10)	1014.2	(23:00)	8.9	(16:00)	833.0	(13:50)

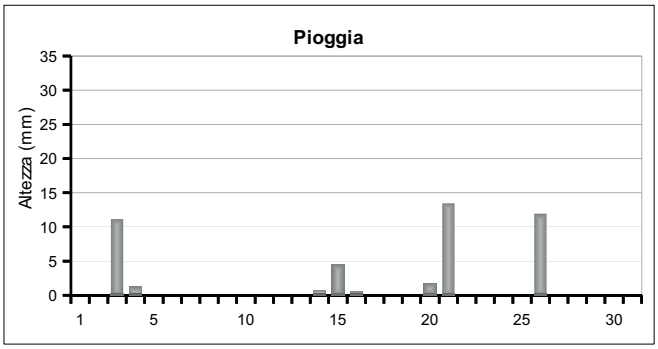


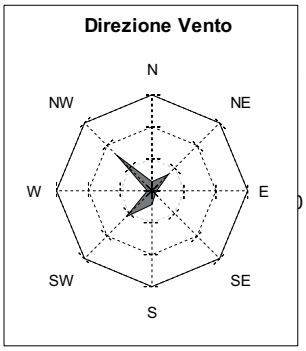


AGOSTO 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/08/18	30.5	58.3	1014.4	0.7	SW	450.6	14:20	0.00	7.1	10.1	(13:10)
02/08/18	29.4	66.0	1015.2	0.8	S	391.6	14:10	0.00	6.8	9.9	(13:20)
03/08/18	27.1	76.3	1014.4	0.5	NW	253.1	14:20	11.15	6.5	10.0	(12:50)
04/08/18	27.2	69.4	1013.7	1.3	N	412.7	13:00	1.25	8.0	10.7	(12:50)
05/08/18	28.3	67.8	1014.6	1.3	--	429.0	14:20	0.00	7.5	10.6	(12:50)
06/08/18	28.8	69.9	1015.9	1.1	--	464.5	14:20	0.00	7.3	10.5	(13:30)
07/08/18	28.4	72.2	1015.4	1.3	--	449.6	14:10	0.00	7.4	10.4	(13:30)
08/08/18	28.7	73.4	1015.5	1.1	--	451.1	14:20	0.00	7.2	10.4	(13:40)
09/08/18	28.9	67.0	1016.6	0.9	NE	447.5	14:10	0.00	7.2	10.1	(13:00)
10/08/18	29.2	70.3	1019.0	0.8	SW	439.5	14:00	0.00	7.4	10.2	(13:40)
11/08/18	29.1	73.1	1018.4	1.0	SW	441.5	14:00	0.00	7.2	10.2	(13:10)
12/08/18	28.8	72.2	1017.4	0.9	SW	461.3	14:00	0.00	7.4	10.3	(12:50)
13/08/18	28.1	73.7	1015.1	1.3	S	455.7	14:00	0.00	7.4	10.4	(13:40)
14/08/18	26.4	75.0	1013.4	1.3	--	343.4	13:40	0.76	7.2	10.6	(13:10)
15/08/18	23.4	78.1	1013.0	0.6	NE	148.8	13:20	4.54	6.5	8.6	(15:10)
16/08/18	25.4	71.0	1013.3	0.8	NW	343.4	14:00	0.50	8.8	**13.2**	**(12:30)**
17/08/18	26.6	66.9	1014.8	1.0	NW	437.0	13:50	0.00	7.7	10.6	(13:00)
18/08/18	26.6	65.9	1015.9	0.9	NE	388.0	13:50	0.00	7.3	10.2	(13:30)
19/08/18	27.3	58.2	1015.5	1.0	--	440.4	13:50	0.00	7.4	10.2	(13:10)
20/08/18	26.3	63.5	1013.5	1.5	NW	290.5	13:30	1.76	7.1	9.7	(13:40)
21/08/18	26.3	63.6	1014.0	1.2	NW	433.2	11:50	13.46	7.6	9.9	(12:50)
22/08/18	26.6	64.7	1014.9	1.2	NW	380.8	13:30	0.00	7.7	10.7	(12:50)
23/08/18	26.6	58.6	1013.2	1.2	NW	420.4	13:30	0.00	7.3	10.3	(12:10)
24/08/18	26.3	63.8	1010.9	1.5	NW	390.1	13:30	0.00	7.8	10.6	(12:40)
25/08/18	26.1	68.0	1010.4	1.3	--	445.3	13:30	0.00	7.5	10.5	(13:00)
26/08/18	24.5	71.3	1009.6	1.3	SW	325.1	13:30	11.93	7.1	11.0	(13:30)
27/08/18	23.8	58.4	1011.9	1.8	NE	423.7	13:30	0.00	8.0	12.0	(12:30)
28/08/18	25.2	56.3	1015.6	1.4	NW	449.3	13:30	0.00	7.9	12.0	(13:00)
29/08/18	26.1	61.6	1016.1	1.2	NW	438.1	13:20	0.00	7.6	10.3	(12:50)
30/08/18	25.7	75.5	1016.8	1.2	SW	435.3	13:10	0.00	7.8	10.6	(13:00)
31/08/18	25.5	77.4	1017.4	1.2	SW	445.0	13:00	0.00	7.9	10.6	(12:40)

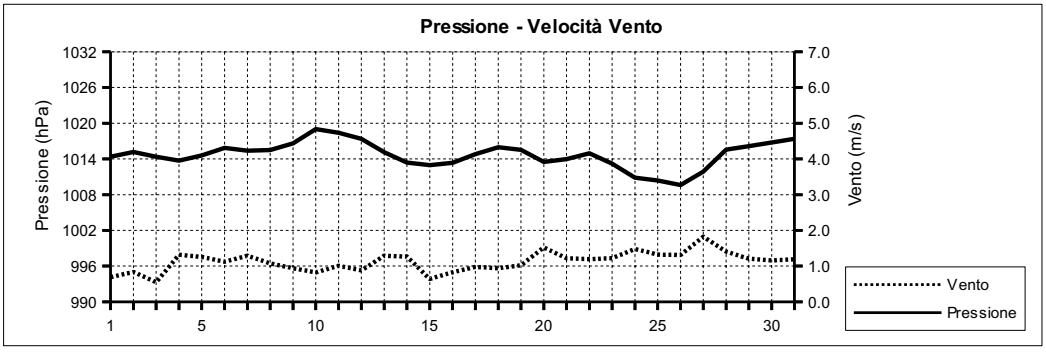


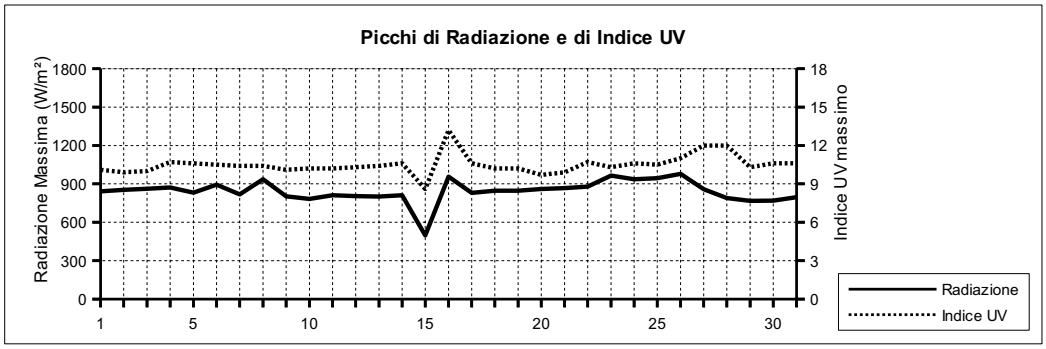




AGOSTO 2018 **(estremi giornalieri)**

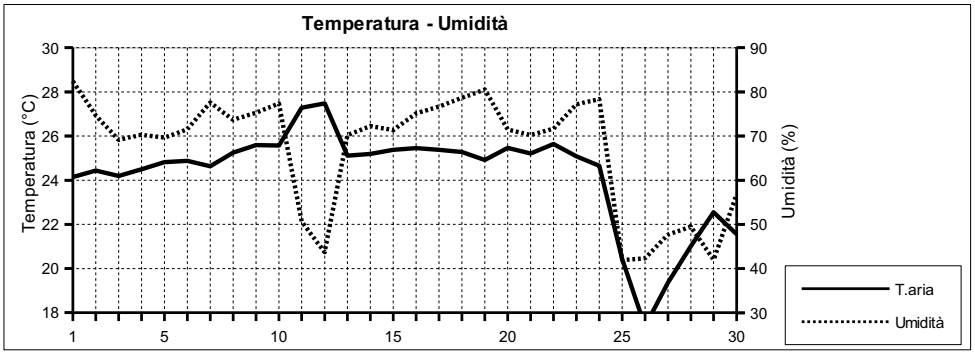
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/08/18	27.2	(6:30)	**34.3**	**(15:20)**	42.0	(19:20)	73.0	(3:50)	1013.6	(2:20)	1015.3	(22:40)	6.3	(13:20)	842.0	(13:50)
02/08/18	27.2	(5:50)	33.2	(15:20)	48.0	(0:30)	81.0	(19:50)	1014.2	(15:40)	1016.0	(11:10)	7.6	(16:50)	853.0	(12:40)
03/08/18	23.4	(16:20)	31.3	(13:00)	56.0	(12:40)	88.0	(16:30)	1013.0	(15:10)	1015.1	(0:10)	12.1	(15:40)	861.0	(14:40)
04/08/18	24.1	(22:10)	31.9	(13:10)	52.0	(13:00)	84.0	(20:00)	1012.5	(15:10)	1015.0	(18:10)	8.5	(14:40)	872.0	(15:30)
05/08/18	25.2	(6:10)	31.8	(15:10)	52.0	(13:00)	80.0	(23:50)	1013.6	(5:20)	1016.1	(23:20)	6.7	(16:20)	831.0	(15:30)
06/08/18	25.8	(6:00)	32.6	(17:10)	55.0	(17:00)	83.0	(0:10)	1014.5	(17:30)	1017.1	(10:40)	7.2	(15:00)	893.0	(13:20)
07/08/18	25.4	(5:30)	31.4	(14:50)	59.0	(14:30)	80.0	(23:50)	1014.4	(18:50)	1016.1	(0:10)	6.7	(17:30)	817.0	(13:10)
08/08/18	25.9	(6:10)	31.5	(14:40)	57.0	(14:20)	82.0	(2:20)	1014.8	(3:00)	1016.2	(23:00)	8.0	(17:10)	935.0	(13:40)
09/08/18	25.3	(6:50)	32.2	(17:00)	51.0	(17:00)	75.0	(5:00)	1015.5	(1:10)	1018.2	(23:20)	6.7	(15:10)	802.0	(13:10)
10/08/18	25.9	(7:00)	32.9	(16:10)	52.0	(17:10)	84.0	(4:50)	1018.0	(4:10)	**1019.9**	**(21:50)**	8.0	(13:50)	782.0	(13:20)
11/08/18	26.5	(6:50)	33.1	(16:50)	48.0	(17:50)	86.0	(6:30)	1016.6	(19:00)	1019.8	(0:40)	6.3	(11:20)	810.0	(13:00)
12/08/18	26.4	(6:30)	31.4	(17:40)	48.0	(18:10)	82.0	(4:00)	1015.9	(18:40)	1018.5	(10:50)	6.3	(14:00)	803.0	(13:10)
13/08/18	26.2	(6:00)	30.7	(15:10)	63.0	(19:40)	79.0	(5:20)	1013.3	(18:00)	1016.7	(00:00)	6.7	(14:10)	800.0	(13:10)
14/08/18	23.5	(18:50)	29.4	(14:00)	64.0	(16:10)	83.0	(17:30)	1012.0	(21:00)	1014.2	(0:40)	12.1	(16:10)	810.0	(13:50)
15/08/18	21.7	(6:50)	25.3	(15:10)	65.0	(18:40)	**88.0**	**(4:50)**	1011.4	(5:40)	1014.4	(21:40)	5.8	(15:30)	497.0	(15:20)
16/08/18	22.1	(4:10)	30.7	(15:00)	50.0	(13:20)	82.0	(4:10)	1012.2	(15:30)	1014.4	(22:50)	8.9	(16:20)	956.0	(13:40)
17/08/18	23.6	(5:30)	29.7	(16:10)	56.0	(17:40)	78.0	(22:00)	1014.0	(18:50)	1015.9	(21:50)	8.0	(15:10)	830.0	(13:10)
18/08/18	23.6	(6:30)	30.9	(15:50)	51.0	(14:30)	77.0	(5:50)	1015.0	(15:50)	1016.7	(19:50)	8.0	(17:10)	847.0	(13:50)
19/08/18	23.4	(6:20)	31.3	(16:20)	42.0	(14:50)	72.0	(6:00)	1013.9	(17:10)	1016.8	(1:00)	5.8	(14:30)	847.0	(13:10)
20/08/18	22.9	(23:00)	31.6	(12:00)	44.0	(11:40)	79.0	(17:40)	1012.1	(15:20)	1014.8	(21:00)	12.5	(16:30)	860.0	(13:00)
21/08/18	21.9	(18:00)	32.8	(14:00)	**40.0**	**(11:10)**	88.0	(18:30)	1012.3	(16:20)	1015.8	(19:10)	**25.0**	**(17:50)**	867.0	(14:20)
22/08/18	22.8	(1:10)	31.3	(13:40)	50.0	(14:00)	77.0	(4:30)	1014.2	(5:20)	1015.8	(10:30)	14.8	(15:40)	879.0	(14:20)
23/08/18	23.3	(6:30)	31.6	(12:40)	43.0	(12:40)	68.0	(5:50)	1011.9	(16:50)	1015.4	(00:00)	8.5	(18:10)	965.0	(12:20)
24/08/18	24.2	(00:00)	29.4	(16:00)	55.0	(18:20)	74.0	(8:30)	1009.4	(16:10)	1012.1	(00:00)	6.3	(13:50)	935.0	(12:40)
25/08/18	23.3	(6:40)	29.4	(15:50)	53.0	(16:00)	78.0	(11:10)	1009.5	(16:10)	1011.2	(10:40)	8.9	(14:20)	944.0	(13:10)
26/08/18	21.4	(18:50)	27.1	(15:10)	52.0	(15:40)	87.0	(3:20)	**1008.9**	**(5:10)**	1010.3	(00:00)	10.3	(13:40)	**977.0**	**(14:00)**
27/08/18	20.7	(4:00)	27.6	(15:30)	42.0	(15:10)	82.0	(1:10)	1009.4	(00:00)	1015.2	(23:30)	8.9	(11:40)	858.0	(13:10)
28/08/18	**20.6**	**(5:40)**	30.0	(16:20)	43.0	(12:00)	68.0	(23:10)	1014.9	(16:20)	1016.5	(22:20)	6.3	(12:10)	788.0	(13:10)
29/08/18	23.2	(6:30)	29.1	(14:30)	48.0	(10:10)	75.0	(22:20)	1015.6	(5:00)	1016.7	(10:50)	7.2	(15:20)	766.0	(13:10)
30/08/18	23.3	(6:20)	28.4	(17:40)	58.0	(18:30)	83.0	(2:50)	1016.0	(5:40)	1017.7	(22:40)	6.3	(12:30)	768.0	(13:00)
31/08/18	23	(6:30)	28.2	(16:00)	64.0	(18:30)	87.0	(6:40)	1016.7	(19:10)	1018.0	(10:40)	7.6	(14:30)	795.0	(14:20)

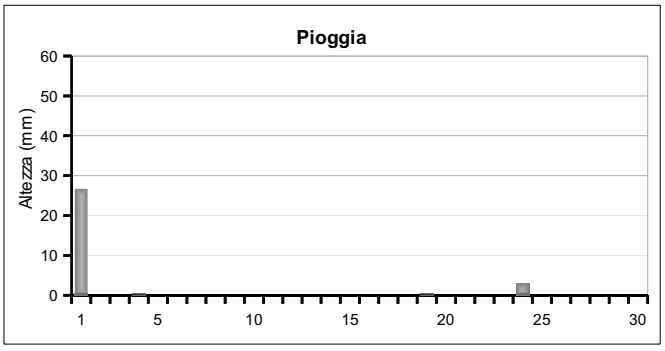


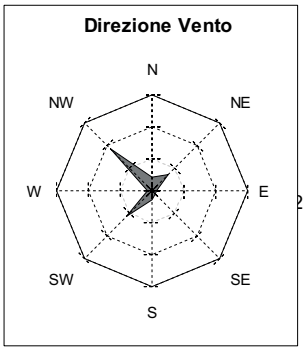


SETTEMBRE 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	aria (°C)	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/09/18	24.1	82.4	1016.9	1.2	S	269.9	12:20	26.65	8.0	12.0	(13:30)
02/09/18	24.4	74.7	1016.2	1.2	SW	422.4	13:10	0.00	8.3	11.8	(12:30)
03/09/18	24.2	69.1	1015.2	1.2	SW	411.3	13:10	0.00	8.7	11.9	(12:40)
04/09/18	24.5	70.3	1015.0	1.0	SW	427.9	13:00	0.50	8.2	11.3	(13:20)
05/09/18	24.8	69.7	1015.7	1.0	NW	443.8	13:00	0.00	7.9	11.1	(13:10)
06/09/18	24.9	71.5	1013.5	0.9	--	426.3	13:00	0.00	8.0	10.9	(13:10)
07/09/18	24.6	77.6	1013.6	1.1	SW	378.4	12:50	0.00	8.3	11.4	(13:00)
08/09/18	25.3	73.7	1017.4	0.9	NW	433.6	13:00	0.00	8.1	10.8	(13:20)
09/09/18	25.6	75.3	1020.3	0.9	NW	414.0	12:50	0.00	8.2	11.4	(12:10)
10/09/18	25.6	77.4	1021.1	0.9	--	382.6	12:40	0.00	8.1	10.5	(13:10)
11/09/18	27.3	50.6	1022.9	0.8	N	442.5	12:40	0.00	8.4	11.3	(14:10)
12/09/18	27.5	43.7	1021.8	1.3	NW	445.9	12:30	0.00	7.9	12.0	(12:20)
13/09/18	25.1	70.2	1016.4	0.8	NW	225.7	12:30	0.00	7.5	10.2	(13:30)
14/09/18	25.2	72.3	1016.2	1.1	--	404.5	12:30	0.00	8.2	10.9	(12:50)
15/09/18	25.4	71.4	1019.7	1.0	NW	403.5	12:40	0.00	7.7	10.2	(13:20)
16/09/18	25.5	75.1	1022.2	1.0	NW	404.5	12:40	0.00	7.8	10.3	(12:20)
17/09/18	25.4	76.7	1021.3	0.9	NW	402.8	12:30	0.00	7.9	10.3	(12:40)
18/09/18	25.3	78.7	1020.1	0.9	SW	395.9	12:20	0.00	8.0	10.5	(12:30)
19/09/18	24.9	80.6	1019.0	0.7	--	170.3	12:10	0.50	6.8	9.7	(11:30)
20/09/18	25.5	71.5	1017.3	1.1	NW	376.1	12:20	0.00	7.6	10.2	(11:50)
21/09/18	25.2	70.3	1016.0	0.9	NW	233.3	12:20	0.00	7.4	9.3	(11:10)
22/09/18	25.6	71.7	1017.7	1.0	NW	394.2	12:10	0.00	7.6	10.0	(13:20)
23/09/18	25.1	77.2	1020.0	1.0	SW	402.3	12:10	0.00	8.2	10.7	(13:10)
24/09/18	24.7	78.4	1016.8	1.8	SW	307.1	12:10	3.04	7.3	10.6	(12:30)
25/09/18	20.4	41.9	1023.1	5.9	NE	313.5	12:10	0.00	10.5	14.7	(13:10)
26/09/18	17.4	42.3	1029.3	5.6	NE	425.0	12:10	0.00	10.8	14.6	(12:40)
27/09/18	19.4	47.7	1025.7	4.4	NE	409.5	12:20	0.00	11.1	**14.8**	**(13:30)**
28/09/18	21.0	49.5	1016.2	1.4	N	387.2	12:00	0.00	8.5	13.2	(13:10)
29/09/18	22.6	42.0	1014.8	1.6	NE	411.9	11:50	0.00	8.4	12.4	(12:10)
30/09/18	21.6	56.8	1017.0	1.4	NW	395.8	12:00	0.00	7.9	12.1	(12:20)

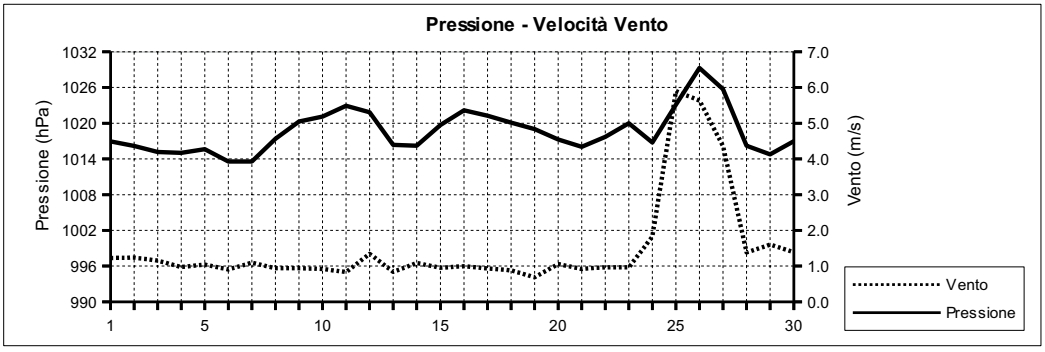


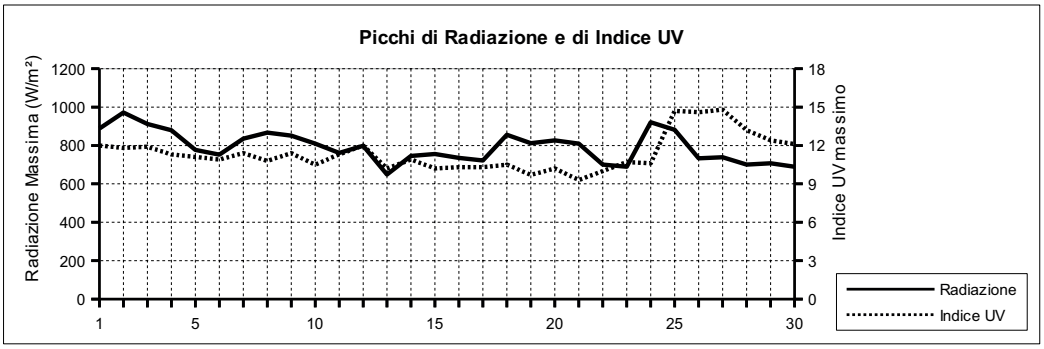




SETTEMBRE 2018 **(estremi giornalieri)**

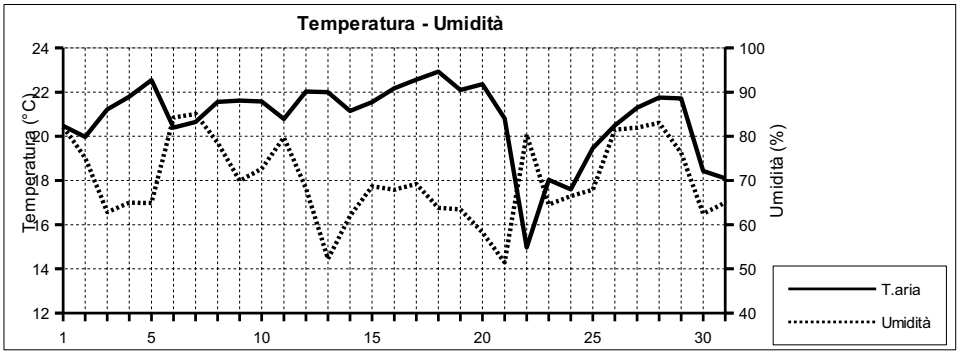
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/09/18	20.3	(9:30)	26.8	(15:10)	73.0	(15:10)	91.0	(10:20)	1015.7	(19:10)	1018.3	(9:10)	8.5	(9:10)	888.0	(13:40)
02/09/18	22	(6:00)	27.6	(13:10)	54.0	(18:20)	90.0	(6:30)	1015.6	(5:50)	1016.7	(14:00)	10.7	(11:40)	**972.0**	**(12:10)**
03/09/18	21.6	(5:20)	26.5	(17:00)	56.0	(12:10)	79.0	(5:10)	1014.1	(19:10)	1016.1	(00:00)	6.7	(14:50)	912.0	(11:30)
04/09/18	21.9	(4:30)	27.7	(14:20)	52.0	(14:30)	83.0	(22:30)	1014.2	(4:10)	1016.3	(21:00)	7.2	(13:10)	879.0	(11:50)
05/09/18	22.2	(4:20)	28.1	(16:20)	49.0	(16:30)	82.0	(7:00)	1014.7	(19:10)	1016.5	(10:20)	7.6	(15:40)	777.0	(12:50)
06/09/18	21.3	(7:00)	28.2	(12:20)	56.0	(12:20)	83.0	(6:20)	1012.0	(23:50)	1015.3	(0:10)	8.0	(16:00)	752.0	(13:00)
07/09/18	22.1	(4:20)	27.2	(14:30)	69.0	(14:40)	82.0	(3:30)	**1011.9**	**(0:10)**	1015.9	(22:40)	8.0	(15:20)	835.0	(13:40)
08/09/18	21.9	(6:30)	28.6	(15:30)	57.0	(15:00)	85.0	(6:30)	1015.2	(0:40)	1019.7	(23:30)	6.7	(14:40)	867.0	(13:30)
09/09/18	22.8	(5:10)	29.4	(16:30)	63.0	(10:50)	85.0	(23:20)	1019.5	(16:30)	1021.5	(22:50)	6.7	(15:10)	851.0	(13:10)
10/09/18	23.3	(7:00)	28.7	(13:50)	64.0	(18:40)	86.0	(3:20)	1019.9	(3:20)	1022.2	(22:20)	8.0	(15:00)	809.0	(12:00)
11/09/18	22.5	(6:50)	**32.6**	**(15:20)**	25.0	(18:10)	75.0	(3:00)	1021.9	(4:40)	1024.1	(11:00)	7.2	(16:40)	761.0	(12:30)
12/09/18	23.7	(4:50)	32.6	(16:10)	31.0	(14:00)	73.0	(23:50)	1018.9	(23:40)	1023.9	(0:30)	9.4	(16:40)	798.0	(13:00)
13/09/18	22.9	(7:10)	26.8	(13:40)	56.0	(19:20)	79.0	(2:30)	1015.2	(17:00)	1019.0	(00:00)	6.7	(13:10)	649.0	(10:50)
14/09/18	23.3	(7:00)	27.7	(17:40)	62.0	(18:00)	80.0	(5:40)	1014.9	(5:40)	1018.3	(22:00)	6.7	(14:40)	745.0	(12:50)
15/09/18	22	(6:50)	29.2	(15:10)	51.0	(16:40)	80.0	(6:50)	1017.9	(3:50)	1022.3	(23:40)	7.6	(15:00)	756.0	(12:50)
16/09/18	22.9	(5:50)	29.2	(14:40)	59.0	(14:20)	86.0	(5:50)	1021.1	(16:40)	1023.6	(10:20)	7.2	(15:20)	735.0	(13:00)
17/09/18	22.8	(6:30)	28.5	(16:50)	60.0	(15:50)	87.0	(6:00)	1019.9	(18:20)	1022.2	(00:00)	6.7	(13:10)	722.0	(13:00)
18/09/18	23.1	(6:20)	28.1	(16:30)	68.0	(16:50)	87.0	(7:50)	1019.0	(17:50)	1021.2	(10:20)	7.6	(15:00)	856.0	(13:20)
19/09/18	23.6	(7:10)	26.7	(11:50)	71.0	(11:40)	87.0	(8:10)	1017.6	(17:20)	1020.1	(00:00)	5.4	(15:20)	812.0	(11:30)
20/09/18	22.7	(6:50)	29.2	(11:30)	51.0	(11:30)	84.0	(1:10)	1015.8	(17:00)	1018.5	(00:00)	6.3	(13:10)	826.0	(11:50)
21/09/18	22.6	(6:30)	27.7	(10:10)	57.0	(10:40)	79.0	(23:40)	1015.1	(6:20)	1017.0	(23:30)	4.9	(14:30)	809.0	(11:10)
22/09/18	22.6	(6:20)	29.9	(15:30)	53.0	(15:30)	81.0	(6:10)	1016.4	(5:10)	1019.7	(23:20)	7.2	(15:00)	700.0	(13:00)
23/09/18	22.7	(7:00)	28.3	(16:00)	58.0	(16:10)	84.0	(6:10)	1019.0	(23:40)	1021.4	(11:20)	6.3	(13:20)	689.0	(13:00)
24/09/18	21.1	(23:40)	27.1	(14:20)	62.0	(23:10)	**92.0**	**(11:00)**	1014.8	(16:20)	1020.3	(23:20)	14.3	(20:20)	921.0	(12:10)
25/09/18	17.8	(22:50)	23.3	(15:10)	29.0	(15:10)	62.0	(00:00)	1020.1	(0:40)	1027.3	(23:50)	16.1	(10:00)	881.0	(11:40)
26/09/18	**15.1**	**(7:20)**	19.9	(15:30)	35.0	(10:50)	49.0	(7:20)	1027.3	(00:00)	**1031.5**	**(22:40)**	**17.0**	**(5:50)**	733.0	(12:50)
27/09/18	15.9	(1:00)	23.3	(14:20)	36.0	(17:10)	56.0	(3:00)	1021.7	(23:50)	1031.0	(00:00)	15.6	(9:00)	738.0	(13:00)
28/09/18	16.1	(5:30)	26.2	(15:20)	32.0	(16:00)	62.0	(20:50)	1012.8	(18:50)	1021.8	(00:00)	7.6	(11:50)	700.0	(12:50)
29/09/18	17.1	(7:10)	27.9	(16:00)	**24.0**	**(12:30)**	60.0	(0:20)	1013.2	(6:00)	1017.6	(23:50)	8.5	(14:20)	707.0	(12:40)
30/09/18	18.8	(7:00)	24.6	(12:50)	35.0	(11:50)	79.0	(23:20)	1015.5	(17:00)	1018.6	(10:20)	6.3	(9:10)	689.0	(12:50)

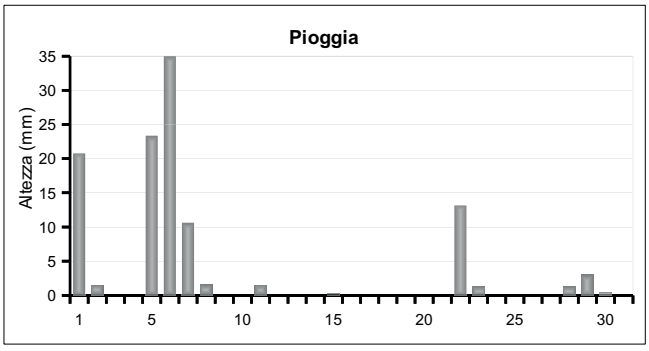


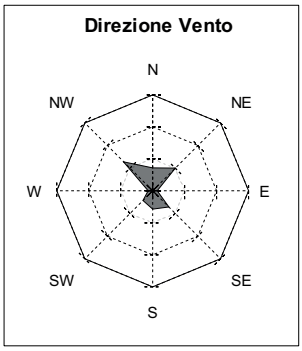


OTTOBRE 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/10/18	20.5	82.1	1012.3	2.2	S	120.8	12:00	20.79	7.4	11.4	(14:10)
02/10/18	20.0	75.1	1012.8	0.8	NE	217.5	11:40	1.51	7.6	12.2	(14:00)
03/10/18	21.2	62.8	1016.3	3.1	NE	360.9	11:50	0.00	9.7	**13.9**	**(12:30)**
04/10/18	21.8	65.0	1019.2	3.5	NE	367.9	11:20	0.00	10.6	14.1	(12:40)
05/10/18	22.5	64.9	1018.7	2.0	NE	239.2	11:30	23.36	6.4	9.5	(12:10)
06/10/18	20.4	84.2	1018.2	1.9	SE	266.8	11:40	54.61	5.0	8.3	(15:40)
07/10/18	20.6	85.1	1015.7	0.8	S	318.0	11:20	10.64	5.4	7.3	(12:50)
08/10/18	21.6	78.5	1018.0	0.5	--	378.4	11:40	1.52	5.2	6.8	(13:10)
09/10/18	21.6	69.9	1019.7	0.8	NW	367.4	11:30	0.00	5.2	6.7	(12:50)
10/10/18	21.6	72.7	1020.7	0.7	--	356.4	11:30	0.00	5.2	6.8	(12:50)
11/10/18	20.8	79.7	1020.7	0.2	--	176.4	11:20	1.51	4.6	6.6	(12:10)
12/10/18	22.0	68.2	1022.0	1.0	NE	327.4	11:20	0.00	5.1	6.7	(13:00)
13/10/18	22.0	52.2	1021.8	1.3	NW	355.7	11:20	0.00	5.1	6.5	(12:30)
14/10/18	21.2	62.0	1018.5	0.9	NW	321.6	11:20	0.00	5.0	6.3	(12:30)
15/10/18	21.6	68.7	1016.0	1.5	N	279.3	11:00	0.25	5.2	6.7	(12:20)
16/10/18	22.2	67.9	1017.8	0.8	NW	301.3	11:20	0.00	4.7	6.3	(13:50)
17/10/18	22.6	69.2	1016.3	0.7	NW	334.2	11:00	0.00	5.0	6.3	(13:20)
18/10/18	22.9	63.8	1013.1	2.0	N	341.7	11:10	0.00	5.0	6.5	(13:10)
19/10/18	22.1	63.4	1015.6	1.6	NW	335.6	11:10	0.00	5.0	6.3	(12:10)
20/10/18	22.4	58.2	1019.8	1.0	NW	314.3	11:00	0.00	5.0	6.2	(13:10)
21/10/18	20.8	51.5	1017.5	1.4	N	280.3	10:50	0.00	5.1	6.4	(12:40)
22/10/18	15.0	80.4	1011.5	3.7	N	85.0	9:30	13.16	3.8	6.5	(14:50)
23/10/18	18.0	64.6	1016.1	3.7	NE	290.9	11:00	1.25	6.0	8.1	(12:10)
24/10/18	17.6	66.5	1014.2	1.0	NW	325.9	11:00	0.00	5.9	7.2	(12:20)
25/10/18	19.5	67.9	1017.9	0.9	SW	341.2	10:50	0.00	5.9	7.1	(13:00)
26/10/18	20.5	81.5	1017.9	2.1	S	278.8	10:50	0.00	5.7	7.7	(13:20)
27/10/18	21.3	81.9	1013.8	5.0	SE	240.4	10:30	0.00	7.3	11.4	(14:50)
28/10/18	21.8	83.0	1008.5	6.0	SE	63.7	10:40	1.25	4.7	7.5	(9:40)
29/10/18	21.7	76.3	1005.8	7.8	SE	137.5	8:30	3.04	3.9	8.1	(12:10)
30/10/18	18.4	62.5	1015.5	2.1	SW	302.8	10:40	0.50	4.3	6.1	(9:30)
31/10/18	18.1	65.0	1021.6	0.3	--	239.2	10:30	0.00	4.0	6.0	(12:00)

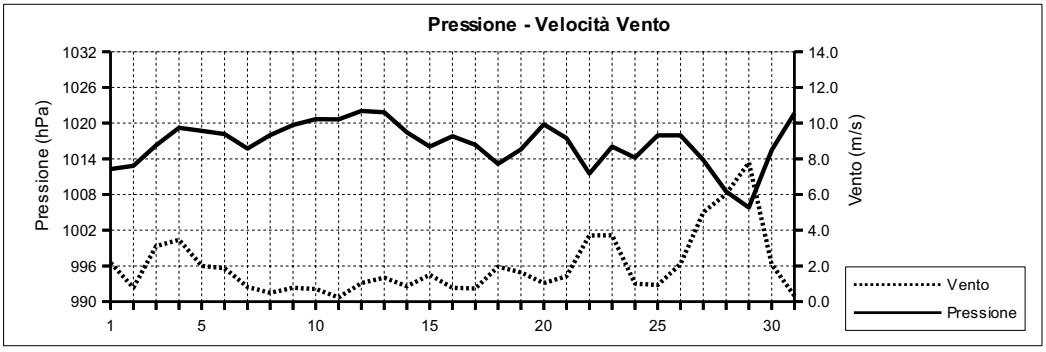


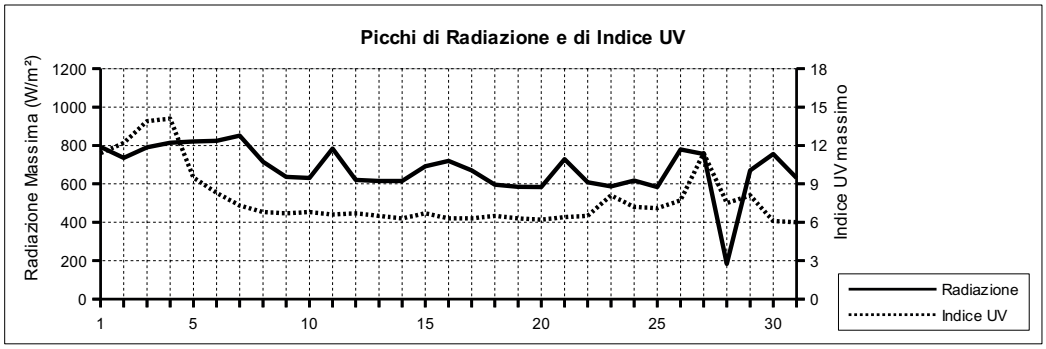




OTTOBRE 2018 **(estremi giornalieri)**

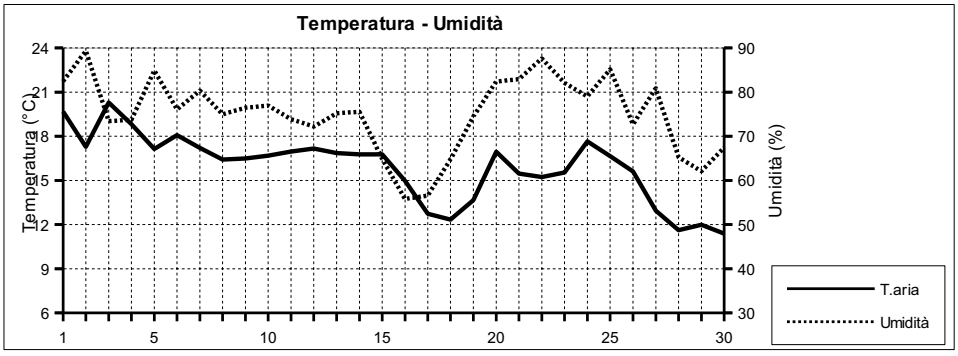
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/10/18	17.6	(18:30)	22.2	(14:10)	75.0	(12:40)	89.0	(20:00)	1010.2	(15:50)	1015.4	(00:00)	12.5	(13:00)	793.0	(14:00)
02/10/18	17.1	(8:20)	21.9	(16:20)	60.0	(16:10)	90.0	(8:40)	1010.3	(4:10)	1015.9	(23:40)	5.4	(14:00)	735.0	(12:40)
03/10/18	19.1	(6:20)	24.8	(14:20)	52.0	(14:20)	71.0	(22:30)	1014.6	(16:10)	1017.6	(9:30)	11.6	(20:20)	791.0	(12:30)
04/10/18	19.7	(1:20)	25.3	(15:00)	57.0	(12:00)	70.0	(22:30)	1016.1	(2:00)	1021.2	(22:10)	15.2	(3:30)	814.0	(13:10)
05/10/18	19.9	(6:20)	25.2	(14:10)	55.0	(16:10)	74.0	(5:50)	1016.3	(6:20)	1020.5	(00:00)	12.5	(2:10)	821.0	(13:30)
06/10/18	17.6	(2:50)	22.9	(0:50)	68.0	(0:10)	92.0	(5:40)	1016.5	(23:10)	1019.4	(2:20)	10.7	(2:20)	824.0	(13:10)
07/10/18	18.4	(00:00)	23.3	(15:40)	72.0	(15:50)	**94.0**	**(8:00)**	1014.6	(5:50)	1017.6	(23:20)	6.7	(13:40)	**851.0**	**(12:30)**
08/10/18	18	(6:50)	25.4	(14:40)	65.0	(15:30)	90.0	(3:00)	1017.0	(3:50)	1019.6	(22:30)	5.8	(15:10)	715.0	(13:30)
09/10/18	18.6	(5:30)	24.9	(13:40)	53.0	(13:00)	84.0	(0:20)	1018.8	(3:10)	1021.2	(23:00)	5.8	(14:50)	636.0	(13:10)
10/10/18	19.3	(7:00)	24.7	(14:10)	57.0	(12:00)	86.0	(22:50)	1019.8	(16:10)	1021.4	(10:10)	5.8	(16:10)	631.0	(12:30)
11/10/18	18.9	(6:50)	23.6	(12:30)	61.0	(12:50)	88.0	(5:20)	1020.0	(13:50)	1021.3	(10:00)	4.0	(14:30)	784.0	(12:10)
12/10/18	19.6	(5:50)	26.0	(14:10)	45.0	(13:20)	85.0	(2:00)	1020.6	(3:10)	**1023.9**	**(22:20)**	7.6	(11:40)	621.0	(13:20)
13/10/18	18.6	(6:50)	26.6	(15:20)	**35.0**	**(13:00)**	65.0	(0:10)	1020.2	(16:40)	1023.6	(00:00)	5.8	(0:30)	615.0	(12:40)
14/10/18	18.2	(6:50)	24.5	(14:30)	52.0	(14:00)	71.0	(7:40)	1016.3	(17:30)	1020.9	(00:00)	4.5	(9:40)	615.0	(13:50)
15/10/18	17.9	(3:50)	25.8	(14:10)	55.0	(14:10)	80.0	(4:30)	1014.9	(14:50)	1017.3	(1:20)	6.7	(7:20)	691.0	(12:30)
16/10/18	19.7	(5:40)	25.1	(11:10)	57.0	(11:10)	76.0	(5:40)	1016.8	(3:10)	1018.6	(21:30)	5.8	(17:00)	719.0	(12:20)
17/10/18	19.7	(5:30)	26.4	(15:20)	56.0	(14:50)	80.0	(4:40)	1014.5	(17:40)	1018.7	(00:00)	4.5	(15:50)	670.0	(11:10)
18/10/18	20.2	(6:00)	**27.1**	**(15:00)**	50.0	(13:50)	76.0	(3:00)	1011.4	(17:00)	1014.9	(00:00)	7.2	(4:20)	596.0	(12:50)
19/10/18	19.1	(8:00)	26.1	(17:10)	50.0	(12:30)	73.0	(8:40)	1014.0	(00:00)	1018.4	(23:50)	5.8	(9:50)	585.0	(12:30)
20/10/18	19.3	(6:10)	26.9	(15:50)	44.0	(15:40)	71.0	(3:20)	1018.4	(00:00)	1021.0	(23:00)	4.5	(4:20)	584.0	(13:10)
21/10/18	16.5	(23:50)	23.7	(14:00)	42.0	(16:50)	72.0	(23:50)	1014.2	(22:40)	1020.7	(0:30)	12.1	(23:30)	729.0	(13:50)
22/10/18	**13.1**	**(2:20)**	16.4	(21:00)	73.0	(8:00)	89.0	(2:00)	1009.7	(15:30)	1014.9	(0:50)	13.0	(0:20)	608.0	(14:50)
23/10/18	16.1	(4:10)	21.1	(14:20)	52.0	(15:30)	82.0	(0:10)	1013.5	(00:00)	1017.8	(19:50)	14.3	(14:20)	587.0	(11:00)
24/10/18	14.3	(7:20)	22.1	(15:20)	55.0	(11:10)	78.0	(23:30)	1011.8	(17:40)	1017.1	(00:00)	6.7	(00:00)	617.0	(12:50)
25/10/18	14.9	(6:50)	23.2	(14:50)	45.0	(15:00)	81.0	(1:00)	1014.7	(00:00)	1020.1	(11:40)	6.7	(16:30)	584.0	(12:50)
26/10/18	18.3	(7:30)	22.5	(14:10)	76.0	(14:00)	86.0	(20:00)	1016.6	(16:30)	1019.3	(1:10)	9.4	(15:50)	779.0	(12:30)
27/10/18	20.1	(00:00)	22.4	(12:30)	69.0	(20:10)	87.0	(2:00)	1010.5	(23:50)	1017.3	(00:00)	13.9	(16:10)	756.0	(13:20)
28/10/18	21.1	(12:50)	22.5	(16:10)	77.0	(4:00)	89.0	(11:20)	1007.0	(14:20)	1010.5	(0:10)	16.1	(10:00)	183.0	(9:40)
29/10/18	18.2	(23:50)	24.7	(14:40)	61.0	(20:10)	88.0	(00:00)	**999.1**	**(15:50)**	1009.7	(23:40)	**32.2**	**(16:40)**	670.0	(11:00)
30/10/18	16.2	(23:40)	20.1	(12:30)	49.0	(6:50)	77.0	(23:50)	1009.7	(00:00)	1020.7	(23:50)	10.7	(14:50)	756.0	(11:40)
31/10/18	14.8	(4:20)	21.0	(12:00)	44.0	(12:00)	79.0	(3:40)	1020.6	(0:50)	1022.8	(9:50)	6.3	(14:10)	631.0	(11:10)

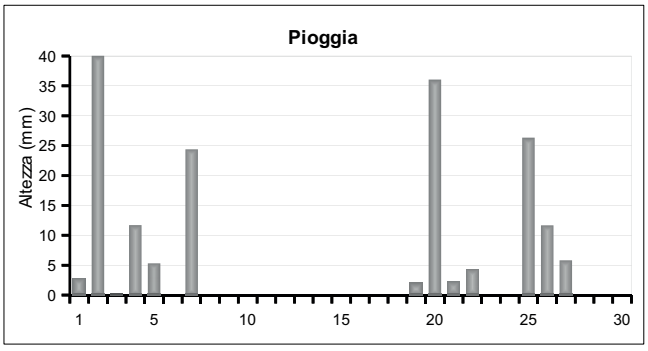


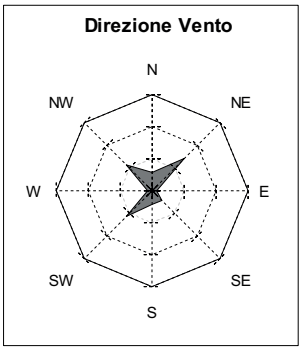


NOVEMBRE 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	(ore)
01/11/18	19.7	82.5	1020.5	2.1	SE	51.7	10:00	2.76	2.4	3.7	(12:30)
02/11/18	17.3	89.4	1019.4	0.4	NW	40.7	9:00	41.61	2.1	3.1	(12:50)
03/11/18	20.3	73.4	1017.2	1.6	N	189.9	10:10	0.25	2.9	5.4	(14:20)
04/11/18	18.8	73.8	1014.9	1.3	NE	48.6	9:20	11.69	3.0	4.9	(10:30)
05/11/18	17.1	84.9	1016.4	0.3	SW	74.5	10:10	5.31	2.8	5.4	(10:50)
06/11/18	18.1	76.1	1017.5	0.4	SW	317.2	10:20	0.00	4.2	6.3	(11:40)
07/11/18	17.2	80.3	1019.2	0.8	SW	242.3	9:50	24.36	3.6	6.2	(10:00)
08/11/18	16.4	75.0	1022.3	0.5	NW	305.2	10:20	0.00	4.1	6.4	(12:00)
09/11/18	16.5	76.5	1020.1	0.5	SW	302.0	10:20	0.00	4.4	6.2	(11:10)
10/11/18	16.7	77.0	1017.2	0.4	NW	289.7	10:20	0.00	4.4	6.4	(12:10)
11/11/18	17.0	73.9	1021.4	0.3	NE	303.6	10:10	0.00	4.1	6.4	(12:10)
12/11/18	17.2	72.2	1026.6	0.3	NE	285.7	10:10	0.00	4.3	6.2	(11:30)
13/11/18	16.9	75.2	1028.4	0.4	NW	275.2	10:10	0.00	4.0	6.5	(12:40)
14/11/18	16.8	75.6	1026.0	0.4	NW	265.8	10:10	0.00	4.3	5.6	(11:40)
15/11/18	16.8	64.9	1022.6	0.9	NE	260.9	10:10	0.00	4.4	6.4	(12:10)
16/11/18	15.0	55.8	1020.2	3.1	NE	271.4	9:50	0.00	5.6	**10.1**	**(12:30)**
17/11/18	12.7	56.6	1018.0	2.9	NE	290.3	9:50	0.00	5.6	7.8	(11:30)
18/11/18	12.4	64.8	1012.9	3.7	NE	196.7	9:50	0.00	5.5	7.9	(8:20)
19/11/18	13.7	74.5	1006.7	3.4	NW	57.0	9:00	2.00	4.0	6.0	(10:30)
20/11/18	17.0	82.4	1005.1	2.6	S	167.3	9:40	36.03	4.7	7.5	(12:20)
21/11/18	15.5	83.0	1014.7	0.5	SW	261.4	9:40	2.28	4.3	6.3	(12:40)
22/11/18	15.2	87.6	1020.3	0.2	S	168.4	9:40	4.31	4.3	6.4	(11:20)
23/11/18	15.5	82.1	1023.1	0.4	N	136.4	9:50	0.00	3.9	4.9	(10:40)
24/11/18	17.7	79.0	1018.9	3.1	SE	210.4	9:40	0.00	5.5	9.0	(12:40)
25/11/18	16.7	85.2	1008.1	2.5	SW	104.4	9:20	26.32	3.7	5.6	(11:10)
26/11/18	15.6	72.7	1004.5	1.3	SW	151.1	9:30	11.66	3.6	5.3	(11:00)
27/11/18	12.9	80.9	1001.9	1.6	N	114.2	9:20	5.80	3.1	6.4	(8:00)
28/11/18	11.6	65.3	1013.2	1.9	NE	234.6	9:30	0.00	4.0	7.0	(12:00)
29/11/18	12.0	62.1	1022.0	1.9	NE	270.1	9:40	0.00	4.6	6.7	(10:30)
30/11/18	11.4	67.4	1020.8	0.5	NW	210.7	9:50	0.00	4.5	5.5	(11:20)

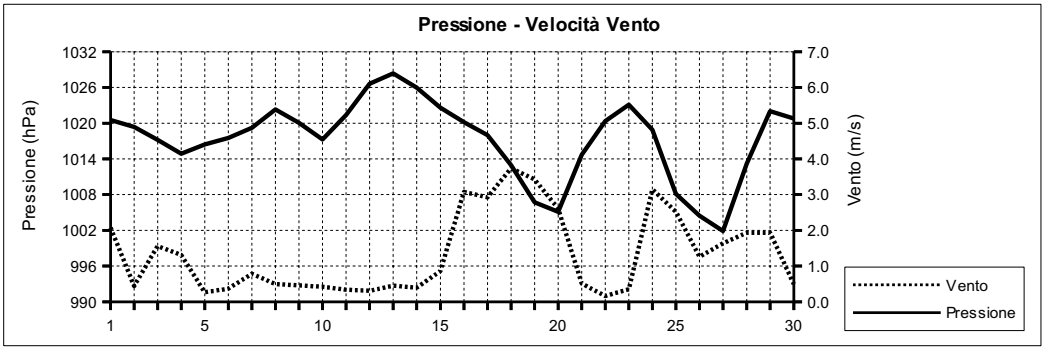


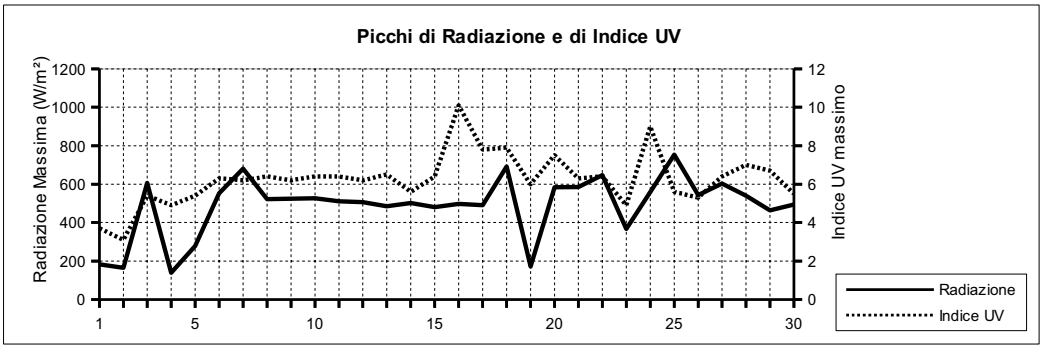




NOVEMBRE 2018 **(estremi giornalieri)**

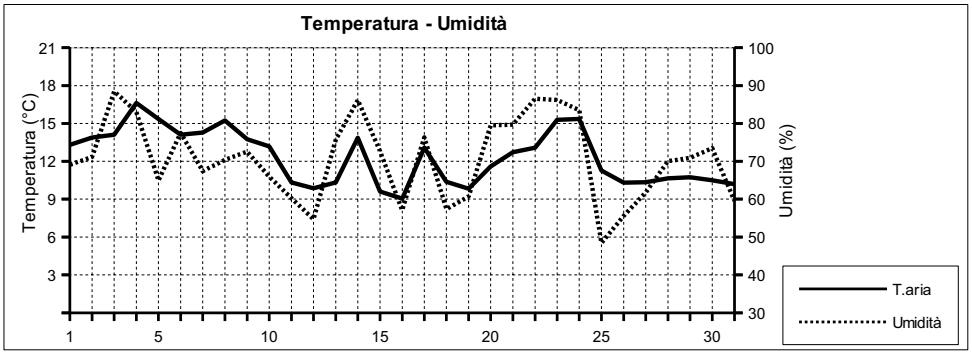
	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/11/18	18.1	(23:50)	21.5	(5:50)	68.0	(5:50)	92.0	(10:20)	1019.0	(4:50)	1021.5	(18:00)	13.9	(8:20)	183.0	(12:00)
02/11/18	15.7	(11:40)	19.2	(20:30)	80.0	(3:40)	**94.0**	**(9:00)**	1017.5	(5:50)	1021.0	(11:00)	16.1	(7:00)	165.0	(12:50)
03/11/18	17.5	(3:10)	**24.3**	**(14:10)**	59.0	(12:30)	88.0	(00:00)	1015.2	(21:00)	1019.8	(00:00)	8.5	(19:30)	606.0	(13:00)
04/11/18	15.3	(19:00)	22.2	(11:40)	57.0	(10:10)	91.0	(18:50)	1014.0	(2:40)	1016.3	(4:40)	14.8	(4:40)	139.0	(14:00)
05/11/18	16	(23:00)	19.1	(9:00)	80.0	(9:10)	88.0	(9:50)	1014.5	(4:00)	1018.2	(21:10)	9.8	(11:50)	278.0	(12:40)
06/11/18	14.5	(6:30)	21.7	(13:30)	59.0	(10:30)	87.0	(23:30)	1016.7	(14:40)	1018.5	(9:20)	4.9	(14:10)	552.0	(11:50)
07/11/18	15.1	(23:40)	19.3	(13:40)	64.0	(15:30)	91.0	(8:20)	1016.9	(4:00)	1021.9	(23:30)	6.7	(13:10)	680.0	(12:50)
08/11/18	13.2	(5:40)	20.4	(14:20)	56.0	(14:40)	85.0	(23:00)	1021.7	(14:50)	1023.6	(8:40)	4.0	(14:00)	522.0	(11:50)
09/11/18	12.7	(6:50)	20.1	(14:10)	61.0	(13:20)	85.0	(00:00)	1018.4	(16:50)	1021.8	(00:00)	4.5	(13:30)	524.0	(12:00)
10/11/18	13.5	(5:40)	20.6	(13:50)	65.0	(11:00)	86.0	(1:50)	1015.5	(14:30)	1018.7	(00:00)	3.6	(14:10)	526.0	(11:50)
11/11/18	13.3	(5:40)	21.6	(13:50)	59.0	(12:40)	84.0	(5:30)	1018.0	(0:50)	1025.0	(23:40)	4.9	(12:50)	510.0	(11:40)
12/11/18	13.7	(6:50)	21.3	(14:50)	59.0	(15:30)	83.0	(1:30)	1024.8	(00:00)	1028.0	(22:40)	3.1	(11:20)	506.0	(12:10)
13/11/18	13.7	(6:30)	21.1	(13:50)	57.0	(14:50)	87.0	(21:50)	1027.6	(14:30)	**1029.3**	**(9:40)**	4.5	(17:00)	485.0	(12:30)
14/11/18	13.2	(5:40)	21.1	(15:50)	59.0	(16:20)	88.0	(1:20)	1024.1	(16:10)	1027.9	(00:00)	4.5	(23:20)	501.0	(11:30)
15/11/18	14.1	(5:10)	21.0	(14:30)	49.0	(13:00)	78.0	(6:20)	1021.1	(20:10)	1024.3	(00:00)	5.8	(15:00)	480.0	(12:10)
16/11/18	12.3	(23:50)	17.4	(10:50)	**45.0**	**(15:00)**	65.0	(0:20)	1019.0	(14:00)	1021.2	(00:00)	13.9	(14:50)	497.0	(11:40)
17/11/18	10.7	(7:00)	15.6	(13:40)	46.0	(14:20)	65.0	(4:40)	1016.2	(23:50)	1020.1	(00:00)	10.3	(12:50)	490.0	(11:40)
18/11/18	10.7	(22:00)	14.8	(13:10)	56.0	(13:40)	70.0	(5:30)	1011.0	(23:30)	1016.0	(00:00)	13.9	(10:10)	691.0	(11:20)
19/11/18	10	(4:20)	19.8	(23:20)	66.0	(00:00)	88.0	(14:40)	1001.6	(18:10)	1011.1	(00:00)	**22.4**	**(18:00)**	171.0	(10:10)
20/11/18	13.5	(23:00)	19.7	(12:50)	67.0	(19:00)	92.0	(3:50)	1001.7	(1:40)	1009.4	(23:50)	17.9	(2:00)	584.0	(12:50)
21/11/18	13.6	(5:40)	18.3	(13:00)	69.0	(11:40)	90.0	(3:00)	1009.4	(00:00)	1018.0	(23:30)	4.9	(11:50)	585.0	(11:00)
22/11/18	13.2	(5:20)	18.2	(11:50)	75.0	(12:00)	93.0	(6:00)	1018.0	(0:10)	1022.8	(22:50)	4.0	(6:30)	647.0	(11:30)
23/11/18	13	(6:30)	18.1	(15:10)	74.0	(13:10)	89.0	(00:00)	1021.9	(21:40)	1024.7	(9:20)	3.6	(6:30)	367.0	(10:30)
24/11/18	14.1	(3:30)	19.0	(15:10)	68.0	(22:40)	85.0	(0:30)	1015.6	(23:50)	1022.0	(00:00)	11.6	(12:20)	559.0	(12:40)
25/11/18	14.8	(5:00)	19.1	(0:10)	70.0	(00:00)	92.0	(4:50)	1004.8	(16:30)	1015.5	(00:00)	14.3	(9:00)	**754.0**	**(12:50)**
26/11/18	12.9	(23:50)	16.7	(10:30)	62.0	(11:40)	89.0	(23:40)	1000.4	(23:40)	1006.4	(1:10)	8.9	(10:40)	543.0	(10:40)
27/11/18	10.7	(7:00)	16.6	(2:40)	70.0	(13:40)	92.0	(0:50)	**996.3**	**(4:30)**	1007.7	(23:20)	12.5	(3:00)	603.0	(13:30)
28/11/18	10.5	(23:10)	13.6	(11:50)	57.0	(11:50)	74.0	(00:00)	1007.4	(0:30)	1019.2	(23:30)	9.8	(11:10)	540.0	(12:40)
29/11/18	10	(23:40)	15.1	(13:50)	49.0	(14:00)	71.0	(23:20)	1019.2	(00:00)	1024.0	(21:10)	10.7	(9:40)	464.0	(12:00)
30/11/18	**8.4**	**(5:50)**	14.7	(13:20)	56.0	(13:20)	75.0	(6:10)	1018.2	(23:30)	1023.3	(00:00)	4.5	(1:40)	494.0	(12:30)

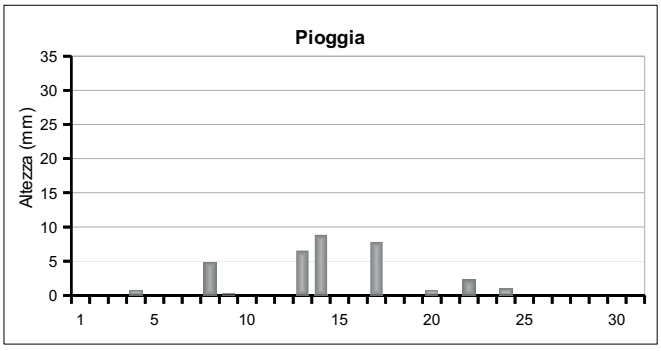


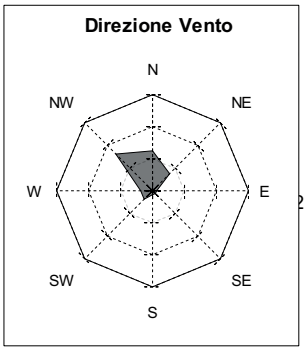


DICEMBRE 2018 **(medie giornaliere)**

	Temperatura	Umidità	Pressione	Vento		Rad. Solare		Pioggia	Indice UV		
Data	°C	%	hPa	m/s	direzione	W/m²	durata	mm	medio	max	ora
01/12/18	13.3	69.1	1017.2	1.5	N	118.4	9:30	0.00	4.1	4.9	(12:40)
02/12/18	13.9	71.2	1019.3	1.3	NW	247.8	9:30	0.00	4.3	5.3	(11:50)
03/12/18	14.1	88.5	1018.3	0.0	NW	59.0	8:40	0.00	2.4	3.5	(12:20)
04/12/18	16.6	83.1	1015.1	0.5	NW	244.1	9:30	0.75	3.5	5.2	(12:20)
05/12/18	15.4	64.9	1023.8	1.0	NE	254.4	9:30	0.00	4.1	6.4	(11:20)
06/12/18	14.1	77.5	1022.5	0.8	NE	197.4	8:40	0.00	4.3	5.5	(12:00)
07/12/18	14.3	67.4	1022.2	1.2	NW	245.1	9:50	0.00	4.1	5.6	(11:10)
08/12/18	15.2	70.4	1015.2	2.7	W	173.3	9:10	4.81	3.3	4.9	(14:00)
09/12/18	13.7	72.6	1014.8	1.3	NW	108.5	9:10	0.25	3.0	4.8	(13:30)
10/12/18	13.2	66.0	1013.6	1.1	N	243.7	9:30	0.00	3.6	4.8	(12:10)
11/12/18	10.3	60.3	1018.2	1.3	N	218.8	9:30	0.00	3.7	5.1	(12:00)
12/12/18	9.9	54.7	1019.5	1.2	N	209.7	9:20	0.00	3.8	4.8	(12:00)
13/12/18	10.3	75.6	1013.5	0.5	NW	83.1	9:00	6.57	3.3	5.9	(13:50)
14/12/18	13.9	86.2	1009.9	1.5	--	88.1	8:50	8.86	3.3	5.6	(11:20)
15/12/18	9.6	72.7	1013.3	2.9	NW	79.9	9:10	0.00	3.1	3.8	(12:10)
16/12/18	9.0	57.1	1020.3	1.5	N	238.1	9:30	0.00	3.9	4.5	(11:30)
17/12/18	13.1	76.3	1014.0	3.1	NW	177.3	8:50	7.84	3.1	4.9	(11:00)
18/12/18	10.4	57.4	1023.9	1.4	N	255.4	9:20	0.00	3.8	**7.0**	**(15:10)**
19/12/18	9.8	60.7	1025.7	0.7	NW	217.0	9:30	0.00	3.7	5.0	(12:30)
20/12/18	11.6	79.5	1024.7	1.0	NE	92.7	9:00	0.75	4.3	6.2	(11:20)
21/12/18	12.7	79.7	1028.7	0.6	NW	243.4	9:30	0.00	3.4	4.9	(12:50)
22/12/18	13.1	86.5	1028.0	0.4	NW	32.9	8:40	2.26	2.8	4.9	(10:40)
23/12/18	15.3	86.2	1026.2	0.8	SW	212.7	9:20	0.00	3.6	5.2	(12:30)
24/12/18	15.4	83.5	1020.9	1.0	SW	62.4	9:00	1.01	2.4	3.6	(10:40)
25/12/18	11.3	48.5	1025.3	4.3	NE	256.9	9:30	0.00	3.7	6.3	(8:30)
26/12/18	10.3	55.6	1030.7	1.0	N	227.1	9:30	0.00	3.6	5.0	(13:20)
27/12/18	10.4	61.8	1027.9	0.4	NW	248.7	9:30	0.00	3.7	4.4	(10:30)
28/12/18	10.6	70.0	1026.5	0.3	W	240.4	9:40	0.00	3.5	4.5	(12:50)
29/12/18	10.7	70.9	1026.6	0.4	N	227.8	9:30	0.00	3.4	4.5	(10:20)
30/12/18	10.5	73.5	1024.0	1.0	NE	191.4	9:20	0.00	3.5	4.6	(12:10)
31/12/18	10.2	59.5	1024.5	3.1	N	140.5	9:20	0.00	3.1	4.6	(11:50)

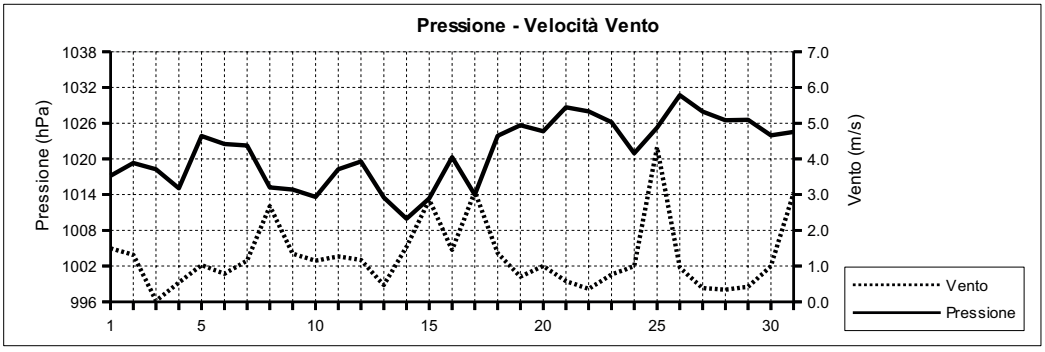


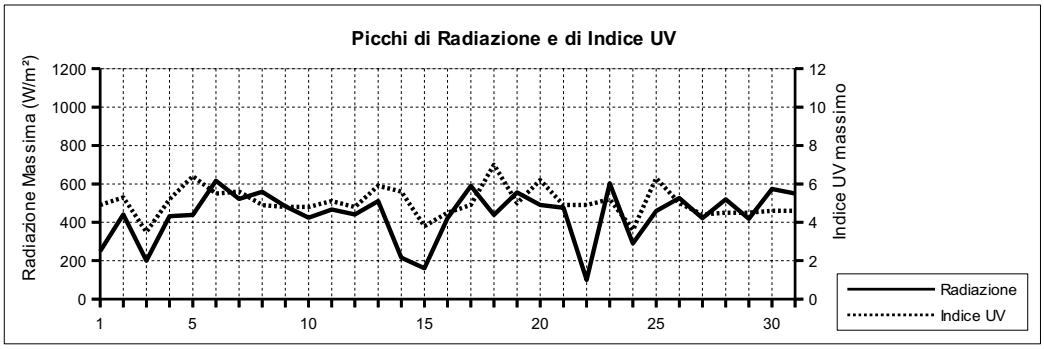




DICEMBRE 2018 **(estremi giornalieri)**

	Temperatura (°C)				Umidità (%)				Pressione (hPa)				Vento (m/s)		Radiazione (W/m²)	
Data	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	min	(ore)	max	(ore)	max	(ore)	max	(ore)
01/12/18	11.8	(2:20)	16.2	(12:50)	61.0	(13:00)	76.0	(4:50)	1016.1	(6:10)	1018.7	(23:50)	8.0	(21:20)	250.0	(13:00)
02/12/18	11.4	(2:50)	18.3	(13:30)	55.0	(14:40)	81.0	(23:30)	1018.2	(1:10)	1020.4	(22:10)	6.3	(00:00)	441.0	(11:50)
03/12/18	12.3	(1:10)	15.4	(21:50)	79.0	(0:10)	91.0	(6:50)	1015.9	(23:50)	1020.3	(00:00)	3.1	(2:40)	200.0	(12:40)
04/12/18	14.6	(23:10)	**19.8**	**(13:20)**	67.0	(14:20)	93.0	(1:40)	1013.5	(4:40)	1019.6	(23:40)	8.5	(23:20)	432.0	(11:50)
05/12/18	13.1	(6:50)	18.6	(14:40)	47.0	(15:50)	83.0	(23:50)	1019.7	(00:00)	1026.2	(22:10)	9.8	(3:30)	438.0	(12:10)
06/12/18	11.6	(3:00)	16.8	(12:00)	72.0	(10:30)	86.0	(1:30)	1020.4	(16:50)	1025.4	(00:00)	5.8	(23:50)	**617.0**	**(12:00)**
07/12/18	11.4	(7:00)	17.8	(13:50)	53.0	(15:30)	77.0	(23:40)	1020.0	(23:50)	1023.4	(10:00)	7.2	(1:00)	522.0	(11:30)
08/12/18	11.8	(23:20)	17.3	(12:40)	55.0	(15:50)	86.0	(10:00)	1012.0	(14:40)	1020.0	(0:10)	15.2	(14:50)	559.0	(12:30)
09/12/18	9.2	(6:30)	16.7	(13:00)	63.0	(9:40)	84.0	(19:50)	1011.2	(17:40)	1018.3	(6:10)	13.4	(15:40)	483.0	(12:30)
10/12/18	9.4	(23:10)	16.8	(13:50)	48.0	(14:40)	77.0	(7:00)	1011.2	(0:50)	1017.2	(23:20)	13.0	(18:10)	424.0	(12:20)
11/12/18	8.1	(5:20)	14.1	(14:20)	46.0	(16:10)	72.0	(5:30)	1016.6	(0:50)	1020.3	(23:10)	5.4	(1:10)	466.0	(12:30)
12/12/18	6.8	(6:00)	12.8	(14:00)	45.0	(12:10)	67.0	(6:10)	1017.3	(23:50)	1020.9	(10:00)	4.9	(6:00)	441.0	(11:50)
13/12/18	9.1	(0:50)	11.7	(21:30)	51.0	(00:00)	91.0	(22:20)	1011.4	(23:30)	1017.3	(00:00)	5.4	(00:00)	510.0	(13:40)
14/12/18	10.8	(1:10)	16.9	(12:30)	75.0	(15:20)	**95.0**	**(6:20)**	**1008.7**	**(13:50)**	1011.4	(00:00)	9.8	(9:40)	216.0	(12:20)
15/12/18	7	(23:20)	11.8	(00:00)	56.0	(23:30)	83.0	(00:00)	1010.2	(4:00)	1018.2	(22:30)	8.0	(21:00)	160.0	(15:20)
16/12/18	**5.9**	**(2:10)**	12.3	(23:10)	45.0	(12:20)	75.0	(23:50)	1018.1	(23:50)	1022.0	(10:40)	8.0	(22:20)	422.0	(11:50)
17/12/18	9.5	(23:40)	15.9	(5:30)	63.0	(20:20)	91.0	(3:00)	1011.7	(6:50)	1019.1	(23:50)	**18.8**	**(3:10)**	589.0	(12:00)
18/12/18	8.4	(5:40)	13.7	(14:10)	45.0	(14:10)	67.0	(00:00)	1019.1	(00:00)	1026.3	(19:10)	7.2	(15:10)	438.0	(12:00)
19/12/18	6.8	(5:20)	13.6	(15:20)	44.0	(11:40)	73.0	(23:10)	1024.7	(23:40)	1026.7	(10:50)	4.5	(0:10)	555.0	(12:40)
20/12/18	8.4	(2:50)	14.6	(11:40)	69.0	(10:50)	90.0	(23:50)	1023.5	(13:30)	1026.0	(23:50)	8.5	(13:20)	490.0	(11:00)
21/12/18	10.1	(7:40)	15.9	(12:50)	57.0	(14:20)	92.0	(2:00)	1025.9	(0:10)	1030.5	(19:50)	6.3	(18:10)	476.0	(12:40)
22/12/18	11.3	(3:20)	14.9	(21:30)	75.0	(0:10)	93.0	(5:00)	1026.2	(22:30)	1030.0	(00:00)	5.8	(22:20)	100.0	(10:30)
23/12/18	13.3	(6:20)	17.4	(12:50)	81.0	(12:50)	91.0	(7:10)	1025.2	(4:20)	1027.5	(10:10)	5.8	(13:20)	603.0	(12:30)
24/12/18	13.1	(22:50)	16.3	(11:50)	58.0	(23:50)	88.0	(19:20)	1017.8	(17:10)	1025.2	(00:00)	12.5	(22:10)	290.0	(9:40)
25/12/18	9.1	(23:30)	13.4	(0:30)	**37.0**	**(12:00)**	61.0	(2:10)	1020.7	(00:00)	1029.8	(23:50)	15.6	(8:10)	459.0	(12:50)
26/12/18	8	(6:30)	13.3	(15:50)	45.0	(16:00)	73.0	(22:40)	1029.1	(23:40)	**1032.5**	**(8:10)**	7.6	(1:40)	526.0	(12:00)
27/12/18	6.9	(6:40)	14.4	(14:10)	46.0	(11:40)	72.0	(00:00)	1026.8	(15:40)	1029.2	(00:00)	3.6	(9:20)	422.0	(11:50)
28/12/18	7.6	(5:10)	14.8	(14:10)	59.0	(14:10)	80.0	(23:10)	1025.5	(13:00)	1027.2	(8:50)	4.5	(13:00)	520.0	(13:00)
29/12/18	7.7	(4:40)	15.1	(14:30)	57.0	(16:50)	81.0	(4:40)	1025.7	(13:00)	1027.4	(8:50)	3.6	(6:10)	418.0	(13:10)
30/12/18	8.1	(4:10)	14.0	(15:10)	67.0	(22:50)	82.0	(8:00)	1021.5	(15:40)	1026.8	(00:00)	8.5	(22:50)	573.0	(11:50)
31/12/18	8.5	(23:00)	12.4	(11:50)	47.0	(10:40)	70.0	(0:10)	1023.9	(4:00)	1025.8	(8:10)	11.6	(11:50)	550.0	(11:50)

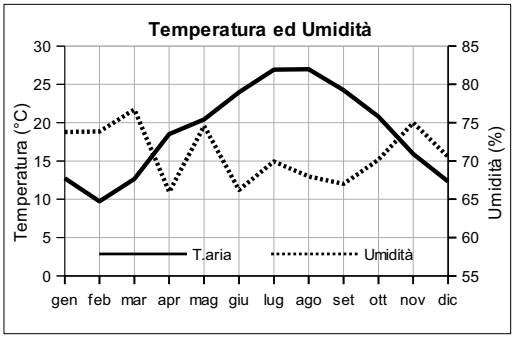


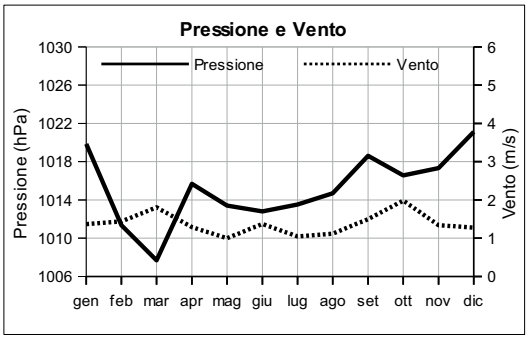


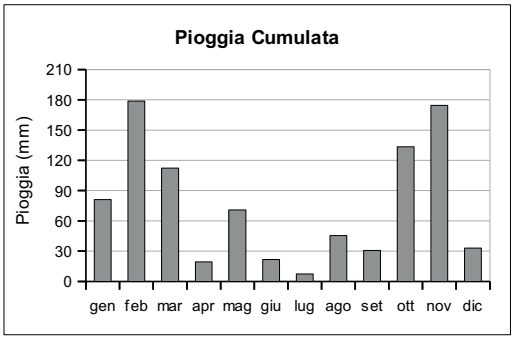
MEDIE MENSILI 2018

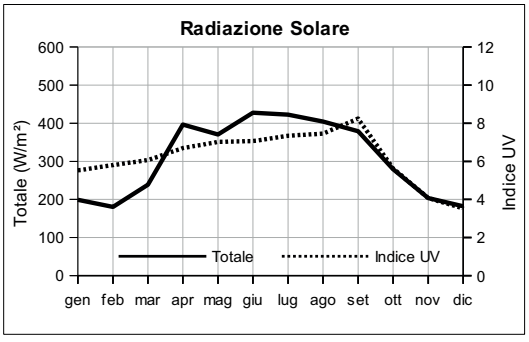
Mese	Temperatura °C	Umidità %	Pressione hPa	Vento m/s	Vento direzione	Radiazione Solare W/m²	Radiazione Solare Indice UV	Pioggia mm
Gennaio	12.7	73.8	1019.8	1.4	NE	199.1	5.5	81.1
Febbraio	9.7	73.8	1011.4	1.4	N	180.5	5.8	178.7
Marzo	12.7	76.7	1007.7	1.8	SW	238.6	6.1	112.3
Aprile	18.5	66.0	1015.7	1.3	SW	396.6	6.7	19.2
Maggio	20.4	74.6	1013.4	1.0	SW	370.6	7.0	70.9
Giugno	24.0	66.2	1012.8	1.4	S	427.3	7.1	21.8
Luglio	26.9	69.9	1013.5	1.0	SW	422.3	7.3	7.4
Agosto	27.0	68.0	1014.7	1.1	SW	404.0	7.5	45.4
Settembre	24.3	67.0	1018.6	1.5	SW	378.7	8.2	30.7
Ottobre	20.8	70.2	1016.6	2.0	--	279.6	5.6	133.4
Novembre	15.9	75.0	1017.3	1.3	N	203.2	4.1	174.4
Dicembre	12.3	70.5	1021.1	1.3	N	181.8	3.5	33.1
Anno	**18.8**	**71.0**	**1015.2**	**1.4**	**SW**	**306.9**	**6.2**	**908.3**

Mese	Temperatura (°C) min	Temperatura (°C) max	Umidità (%) min	Umidità (%) max	Pressione (hPa) min	Pressione (hPa) max	Raffiche m/s	Radiazione Massima W/m²	Radiazione Massima Indice UV
Gennaio	10.1	15.3	60.8	84.5	1017.2	1022.7	8.9	509.4	6.6
Febbraio	7.5	12.2	59.4	86.2	1008.2	1014.7	8.9	565.9	7.2
Marzo	10.2	15.3	63.5	86.3	1004.8	1010.8	11.6	733.1	8.1
Aprile	15.4	22.1	48.6	81.1	1013.4	1017.9	7.9	888.3	9.2
Maggio	17.9	23.4	60.2	86.1	1011.6	1015.3	7.4	975.2	10.5
Giugno	21.1	27.4	51.3	79.4	1011.5	1014.4	8.4	982.8	10.8
Luglio	24.2	30.0	54.0	82.7	1012.3	1014.7	8.1	880.3	10.7
Agosto	24.0	30.7	51.7	80.1	1013.5	1015.9	8.7	841.6	10.5
Settembre	21.3	27.6	51.6	78.9	1017.0	1020.6	8.4	792.3	11.4
Ottobre	18.1	23.8	56.8	81.1	1014.5	1018.7	9.3	677.1	7.9
Novembre	13.3	19.0	62.1	84.6	1014.9	1019.9	9.1	488.2	6.3
Dicembre	9.7	15.3	57.0	81.3	1019.0	1023.5	8.3	438.4	5.0
Anno	**16.1**	**21.8**	**56.4**	**82.7**	**1013.2**	**1017.4**	**8.7**	**731.1**	**8.7**









Riepilogo mensile delle precipitazioni

Mese	Pioggia Totale mm.	N. Totale giorni con pioggia	N. giorni con pioggia fino ad 1 mm	N. giorni con pioggia da 1.1 a 10 mm	N. giorni con pioggia da 10.1 a 20 mm	N. giorni con pioggia da 20.1, a 40 mm	N. giorni con pioggia da 40.1 a 60 mm	N. giorni con pioggia maggiore di 60 mm
Gennaio	**81.1**	**15**	**6**	**4**	**5**	**0**	**0**	**0**
Febbraio	**178.7**	**19**	**1**	**12**	**2**	**4**	**0**	**0**
Marzo	**112.3**	**20**	**5**	**12**	**2**	**1**	**0**	**0**
Aprile	**19.2**	**2**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**
Maggio	**70.9**	**12**	**1**	**9**	**1**	**1**	**0**	**0**
Giugno	**21.8**	**6**	**4**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**
Luglio	**7.4**	**3**	**1**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**
Agosto	**45.4**	**6**	**2**	**2**	**2**	**0**	**0**	**0**
Settembre	**30.7**	**4**	**2**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**
Ottobre	**133.4**	**13**	**2**	**6**	**2**	**2**	**1**	**0**
Novembre	**174.4**	**13**	**1**	**6**	**2**	**3**	**1**	**0**
Dicembre	**33.1**	**9**	**3**	**6**	**0**	**0**	**0**	**0**
Totali	**908.3**	**122**	**28**	**62**	**18**	**12**	**2**	**0**

Riepilogo mensile delle Tmax					Riepilogo mensile delle Tmin				
Mese	N. giorni con Tmax > 10°C	N. giorni con Tmax > 20°C	N. giorni con Tmax > 30°C	N. giorni con Tmax > 35°C	Mese	N. giorni con Tmin ≤ 15°C	N. giorni con Tmin ≤ 10°C	N. giorni con Tmin ≤ 5°C	N. giorni con Tmin ≤ 0°C
Gennaio	**31**	**0**	**0**	**0**	Gennaio	**30**	**17**	**0**	**0**
Febbraio	**23**	**0**	**0**	**0**	Febbraio	**28**	**24**	**4**	**1**
Marzo	**30**	**2**	**0**	**0**	Marzo	**31**	**10**	**3**	**0**
Aprile	**2**	**22**	**0**	**0**	Aprile	**12**	**1**	**0**	**0**
Maggio	**31**	**25**	**1**	**0**	Maggio	**2**	**0**	**0**	**0**
Giugno	**30**	**30**	**4**	**0**	Giugno	**0**	**0**	**0**	**0**
Luglio	**31**	**31**	**13**	**0**	Luglio	**0**	**0**	**0**	**0**
Agosto	**22**	**22**	**11**	**0**	Agosto	**0**	**0**	**0**	**0**
Settembre	**30**	**29**	**2**	**0**	Settembre	**0**	**0**	**0**	**0**
Ottobre	**31**	**30**	**0**	**0**	Ottobre	**4**	**0**	**0**	**0**
Novembre	**30**	**12**	**0**	**0**	Novembre	**24**	**3**	**0**	**0**
Dicembre	**31**	**0**	**0**	**0**	Dicembre	**31**	**18**	**0**	**0**
Totali	**322**	**203**	**31**	**0**	**Totali**	**162**	**73**	**7**	**1**

Istruzioni e modello

ISTRUZIONI PER LA REALIZZAZIONE DEI DATTILOSCRITTI

Il *Rendiconto* pubblica le comunicazioni fatte dai soci in una delle adunanze ordinarie dell'Accademia. I soci possono presentare anche lavori di altri autori. In questo caso l'accettazione della *Nota* per la pubblicazione è condizionata al parere favorevole di una commissione designata dall'Accademia.

Le Note dovranno essere inviate al segretario per posta elettronica sia in formato doc che pdf. Il file pdf dovrà incorporare tutti i font utilizzati nel documento originario.

La stesura dovrà essere conforme al modello che è riportato di seguito, riprodotto sotto forma di *template* sul sito web dell'Accademia: Non sono ammesse modifiche al modello fornito.

Layout di pagina. Margine superiore: 5,8 - margine inferiore: 4,8 - margine sinistro e margine destro: 4,25.
Spaziatura prima e dopo: 0; interlinea: singola. Sillabazione automatica.

I riferimenti bibliografici sono indicati nel testo tra parentesi (cognome primo autore, anno di pubblicazione). Se gli autori sono due si indicheranno entrambi, se più di due si indicherà il primo autore seguito da '*et al.*' Nella sezione Bibliografia, i riferimenti bibliografici dovranno riportare quanto indicato nei seguenti esempi per periodici e libri:

Cognome A.B., Cognome C.D. […] e Cognome E.F. (anno) Titolo. Rivista (corsivo). Numero volume (grassetto), numeri pagina iniziale-finale.

Cognome G.H. and Cognome I.L. (anno) Titolo. Casa editrice, città, stato, numeri pagina iniziale-finale.

Le illustrazioni dovranno avere una risoluzione minima di 300 dpi e dimensioni non superiori a mm 125x180 comprensive dell'eventuale didascalia. Le fotografie a mezzi toni e quelle a colori, devono rispondere a criteri di riproducibilità ed essere utilizzate solo se necessarie per la completezza dell'esposizione.

Saranno forniti gratuitamente 50 estratti, senza copertina, di ciascuna *Nota*, anche nel caso in cui il numero degli autori dovesse essere superiore a uno. Ulteriori estratti e/o la richiesta di una copertina personalizzata saranno a carico degli autori, che ne dovranno fare esplicita richiesta all'atto della presentazione del dattiloscritto all'Editore, che inoltrerà agli interessati un preventivo di spesa

Composizione del manoscritto in Word

Prima pagina (vedi modello .doc sul sito web dell'Accademia)

7 righi vuoti

Titolo: centrato, Times New Roman (TNR) 13, grassetto.

Rigo vuoto.

Autori della nota: centrato, TNR 11. Gli apici numerici per indicare indirizzi e affiliazioni di ciascun autore sono da precisare a fondo pagina. La formula da adottare è: "Nota del socio e di…" oppure "Nota dei soci…" ovvero "Nota di Nome e Cognome (1), Nome e Cognome (2)…".

Rigo vuoto.

Presentatore: centrato, TNR 10. ("Presentata dal socio…")

Data adunanza: centrato, in parentesi, TNR 10. La data dell'adunanza va posta direttamente sotto gli autori, ovvero sotto il presentatore, senza lasciare spazi.

Due righi vuoti.

Keywords: in inglese, TNR 10.

Rigo vuoto.

Abstract: in inglese, TNR 10.

Rigo vuoto.

Riassunto: in italiano, TNR 10.

Due righi vuoti.

1 - INTRODUZIONE, TNR 10, grassetto maiuscolo

Rigo vuoto.

Testo, TNR 11, giustificato, indentatura paragrafi 6 mm

Rigo vuoto.

Altri titoli (tutti numerati in sequenza), TNR 10, grassetto maiuscolo

Rigo vuoto.

Altro testo, TNR 11, giustificato, indentatura paragrafi 6 mm

Rigo vuoto.

Bibliografia (numerata in sequenza), TNR 10, grassetto maiuscolo

Testo della bibliografia, TNR 10. Primo rigo intero, secondo ed altri: indentatura 6 mm

Rigo vuoto

Ringraziamenti, TNR 10.

ISTRUZIONI PER GLI UTILIZZATORI DEL PROGRAMMA LaTeX

[A richiesta si forniscono istruzioni in formato .tex (inviare email a carmine.colella@unina.it)]

```
\documentclass[a4paper, 14pt, oneside, openright]{article}
\usepackage{geometry}

\usepackage[latin1]{inputenc}
\usepackage[italian,english]{babel}
\usepackage{amsmath, amsfonts, amsthm}
\usepackage{paralist, times, indentfirst}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage{amsthm}
\usepackage{mathptmx}

\geometry{a4paper}

\setcounter{secnumdepth}{0}

\newtheorem{prop}{Proposition}
\newtheorem{lem}{Lemma}
\newtheorem{thm}{Theorem}
\newtheorem{theorem}{Theorem}
\newtheorem{cor}{Corollary}
\newtheorem{obs}{Observation}
\newtheorem{exa}{Example}
\newtheorem{defn}{Definition}
\theoremstyle{remark}
\newtheorem{rem}{Notation}
\newenvironment{sistema}%
{\left\lbrace\begin{array}{@{}l@{}}%
{\end{array}\right.}

\linespread{1.00}

\title{titolo}
\textwidth = 12.4 cm
\textheight = 19.5 cm
\topmargin = 2 cm
\oddsidemargin = 2 cm
```

```
\begin{document}

\vspace*{20 mm}

\pagestyle{empty}

\begin{center}
{\fontsize{13}{14}\selectfont \textbf
{Titolo}\\}

\bigskip

\fontsize{12}{11}\selectfont

Nota di Autore \footnote{\fontsize{10}{10}\selectfont Dipartimento di ...,
Universit\`a di ..., Via ..., cap, Citt\`a, Nazione. e-mail: ...@...}\\

\vspace{11pt}

{\fontsize{10}{10}\selectfont Presentata dal socio ... \linebreak (Adunanza del
...)}
\end{center}

\vspace{11pt}

\fontsize{10}{10}\selectfont \noindent \emph{Key words:}
Qui bisogna mettere le parole chiave\\

\fontsize{10}{11}\selectfont \noindent
\textbf{Abstract -- }
qui bisogna mettere il riassunto in inglese\\

\fontsize{10}{11}\selectfont \noindent
\textbf{Riassunto -- }
e qui il riassunto in italiano

\vspace{11pt}

\section{\fontsize{10}{12}\selectfont \bf 1 -  INTRODUCTION}
{\fontsize{11}{12} \selectfont

\section{\fontsize{10}{10}\selectfont \bf 2 -  ....}
```

```
{\fontsize{11}{12}\selectfont

\section{\fontsize{10}{10}\selectfont \bf 3 - REFERENCES}

\noindent Il primo rigo di ciascuna referenza non deve rientrare, gli altri s\`i.

{\fontsize{10}{11}\selectfont
\noindent

\noindent

\end{document}
```

SEGUE MODELLO DI TESTO
(riprodotto in word sul sito web dell'Accademia)

Un breve ricordo di Guido Barone (1937-2016) e dei suoi cinquant'anni di vita accademica

Nota del socio Lelio Mazzarella[1]
(Adunanza del 16 giugno 2017)

Keywords: Proprietà termodinamiche, macromolecole, Società Chimica, effetto idrofobico, ambiente, clima, effetto serra.

Abstract - Guido Barone graduated in Industrial Chemistry in 1961 and has carried out research activity in the field of thermodynamics of synthetic and biological macromolecules, paying particular attention to the hydrophobic effect. He has promoted new and interesting scientific initiatives and contributed to the dynamic of the university politics. In the final part of his activity, he got deeply interested in the environmental risks and in the human impact on the climate, with particular emphasis on the release of greenhouse gases.

Riassunto - Laureato in Chimica Industriale nel 1961, Guido Barone ha svolto attività di ricerca nel campo della termodinamica delle soluzioni di macromolecole sintetiche e biologiche, con particolare riferimento all'effetto idrofobico, promuovendo iniziative scientifiche di grande prestigio. Ha anche dato contributi fondamentali nella dinamica della politica universitaria e del rapporto docenti-studenti. Nella parte finale della sua attività di docente si è estesamente interessato ai rischi ambientali ed all'impatto antropico sul clima, con particolare riferimento agli effetti della potenziale liberazione di grosse masse di gas serra.

1 - INTRODUZIONE

Mi è stato affidato il compito di delineare, alla distanza di un anno dalla sua scomparsa, un breve ritratto di Guido Barone (Fig. 1), socio di questa Accademia,

[1] Dipartimento di Scienze Chimiche, Università Federico II di Napoli, Complesso Universitario di Monte S. Angelo, via Cinthia, 80129 Napoli e Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli, via Mezzocannone 8, 80134 Napoli

alla cui vita ha contribuito con la pubblicazione di diversi lavori sui Rendiconti, e con la partecipazione attiva alle riunioni mensili ed alle discussioni sui temi presentati dai vari relatori (vedi i primi 14 titoli della Bibliografia). Compito che ho assunto con tristezza, unita a nostalgia, per la lunga comunanza che mi ha legato a Guido sul piano umano e familiare e sul piano degli interessi culturali e scientifici, anche se non abbiamo mai pubblicato insieme, a parte, negli ultimi tempi, alcune ricostruzioni storiche riguardanti figure e avvenimenti che appartengono ai nostri anni giovanili.

Fig. 1 – Guido Barone nel suo studio.

Il ritratto non scorre però facile dalla mia penna, perché Guido è stato tutt'altro che una persona monocorde, ma, al contrario, è stato capace di adattarsi, interpretare, partecipare attivamente alle complesse evoluzioni del mondo scientifico e del mondo accademico, nei suoi aspetti organizzativi, politici e sociali. Questa ricostruzione della sua figura non vuole essere puramente e vanamente agiografica, ma far conoscere la persona, e, soprattutto, porre l'accento sull'im-

portanza di un impegno a partecipare e contribuire con idee e lavoro allo sviluppo della nostra società; impegno di cui Guido è stato un luminoso esempio. È per questo che cercherò di ripercorrere alcuni degli avvenimenti occorsi nel trascorrere della sua vita accademica che ritengo importanti per lo sviluppo della sua personalità.

2 - GLI ANNI DELLA FORMAZIONE

Guido Barone era nato ad Avellino il 14/04/1937 da una famiglia della media borghesia, che si era trasferita a Napoli, dove il padre lavorava in banca e dove Guido aveva conseguito la licenza liceale nel Liceo classico Gian Battista Vico. Si era iscritto all'Università di Napoli in Chimica Industriale nel 1955. È lì che ci siamo incontrati per la prima volta, verso il terzo anno, nelle aule dei corsi afferenti alla laurea in Chimica Industriale, che a noi pareva all'epoca quella che fornisse migliori prospettive e sbocchi professionali.

Erano anni in cui seguire un corso di laurea, di per sé non facile, era un'impresa non proprio trascurabile. Da un lato si richiedeva una frequentazione assidua, dall'altra si era quasi respinti dalle strutture universitarie. I meno motivati spesso ci rinunciavano. Il rapporto tra docenti e studenti era del tutto carente. Lo sviluppo del corso di studio era ostacolato da regolamentazioni estremamente rigide: bastava una sciocchezza, una non accorta pianificazione degli studi, un impedimento imprevisto perché si perdesse un anno; e i professori non facevano sconti. Fu quello che successe a Guido, che però ne approfittò per capire a fondo l'ambiente in cui si trovava ed acquisire un'esperienza ed una sensibilità verso la condizione studentesca che gli risulterà utile per comprendere le istanze che saranno poi sollevate dagli studenti nelle agitazioni, che avrebbero di lì a poco preso il via. Ci trovammo a seguire insieme i corsi del triennio applicativo della Chimica Industriale allora svolti insieme agli ingegneri chimici. Essi a loro volta stavano vivendo un profondo rivolgimento, catalizzato dall'arrivo di Leopoldo Massimilla prima e, poco dopo, di Gianni Astarita, due giovani e brillanti ricercatori, freschi dei loro studi all'estero. Fummo così coinvolti nella progettazione dell'impiantistica chimica: i reattori catalitici, i processi a letto fluido in fase eterogenea, un po' a disagio rispetto agli iscritti in ingegneria chimica, che venivano da una preparazione più specifica. Ci riunivamo in gruppo per affrontare le difficoltà ed è lì che incominciò ad emergere la figura di Guido, favorita anche, fisicamente, da una aspetto imponente e da un vistoso paio di baffi che lo rendevano subito riconoscibile da lontano, carico al solito di una quantità enorme di carte. Incominciò subito a stendere la sua rete socializzante, prodigo di consigli per quelli più giovani ma anche di grosso aiuto per quelli molto più anziani. Allora era facile che gli studenti impiegassero otto-dieci anni per laurearsi: si risentivano ancora gli sconquassi della guerra, i soldi erano pochi, molti venivano da sedi lontane - in quell'epoca il triennio applicativo della Chimica Industriale di

Napoli era l'unico in tutto il CentroSud - e soggiornavano a Napoli in condizioni

OMISSIS

6 – CONCLUSIONI

Guido faceva parte di numerosi gruppi di discussione, non c'era riunione in cui non intervenisse: di fronte a problemi nuovi in cui si cercava di valutare quale posizione prendere, il suo intervento, di solito lucido e ben ponderato, apriva spesso una via.

Negli ultimi anni avevamo avviato assieme un'attività di tipo storico riguardante la chimica napoletana: abbiamo così pubblicato insieme a Pietro Greco (Greco *et al*., 2014) un libro su quella irripetibile stagione scientifica che aveva caratterizzato Napoli agli inizi degli anni sessanta del secolo scorso, e di cui ho fatto un fugace cenno all'inizio di questo mio intervento. Abbiamo anche insieme preparato due note, presentate ai convegni sulla storia dell'Ingegneria, riguardanti la nascita e sviluppo dell'Elettrochimica a Napoli nel corso della prima metà del secolo scorso (Barone e Mazzarella, 2016), e la figura di Francesco Giordani (Barone e Mazzarella, 2016), un personaggio importante non solo nell'ambito delle vicende scientifiche italiane ma anche, e forse soprattutto, per il suo contributo alla rinascita economica italiana del dopoguerra. Altre iniziative erano in programma, inesorabilmente chiuse dalla sua improvvisa dipartita.

Guido è intervenuto più volte anche sul Blog di Climalteranti e quello della Chimica, un sito quest'ultimo organizzato e condotto sul web da Claudio della Volpe, un suo antico studente da tempo all'Università di Trento. Il sito è sede di dibattito politico, culturale, scientifico di grande interesse. Tempo fa tra i partecipanti nacque il vezzo di identificarsi con l'elemento chimico avente il medesimo numero atomico dell'età di chi aveva scelto di parlarne, per richiamarne succintamente storia e proprietà. Così nel 2015 Guido divenne … Platino:
Quest'anno sono. Platino.

Visto che nessun Collega si è fatto ancora sentire, ho pensato che toccasse a me celebrare il Platino il cui numero atomico corrisponde per quest'anno alla mia età. In verità non sono riuscito a trovare una qualche mia caratteristica che possa associarsi a questo nobile metallo. La mia è solo una aspirazione al color grigio, per di più opaco; sono fragile poco malleabile e facilmente attaccabile da ogni agente chimico La mia densità media è di poco inferiore all'unità, infatti galleggio in acqua.

Ma tant'è bisogna pur parlare di questo importante elemento: il nome deriva dallo spagnolo platìna...

7 – BIBLIOGRAFIA

Barone G (2010) I fattori che regolano il clima seguono differenti scale temporali. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 5/3.

Barone G., (2011) A new hole in the stratospheric ozone on Arctic Ocean. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXVII, 293-298.

Barone G. (2012) Estrazione di gas mediante fratturazione idraulica delle rocce scistose: prospettive di sviluppo e pericoli ambientali. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXIX, 5-10.

Barone G. (2012) Inquinamento atmosferico: il Progetto Regionale sulla Qualità dell'Aria in Campania; il contributo della Modellistica numerica. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXIX, 11-18.

Barone G. (2012) Recente accumulo di metano in atmosfera: origini, influenza sul clima. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 9/12.

Barone G. (2013) Formazione e preservazione di molecole organiche nelle condizioni estreme del Sistema Solare. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXX, 41-50.

Barone G. (2014) Nuove informazioni dalle missioni spaziali sulle basi chimiche delle origini della vita. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 7/2.

Barone G. (2014) L'acqua: le proprietà chimiche e fisiche e interazioni con molecole biologiche. Acc. Sc. Fis. Mat. di Napoli. e Acc. Pontaniana: XIV Giornata mondiale dell'acqua, 28/3.

Barone G. (2014) Le Conferenze delle Nazioni Unite e il V Rapporto dell'IPCC sulle Variazioni Climatiche. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXXI, 167-181.

Barone G. (2016) Le Conferenze delle Nazioni Unite sul Clima: 2015, una svolta negli impegni internazionali? Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXXIII, 15-22.

Barone G.e Chianese F. (2010) Gli idrati di gas naturali. Struttura, proprietà e origini: loro utilizzo come fonti di energia. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli. Conversazione del 5 /3.

Barone G., Chianese F., Duro I. e Trifuoggi M. (2010) Studies on air quality in cultural heritage: a preliminary research on Capodimonte Museum in Naples. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXVI. 53-62.

Barone G.e Graziano G. (1991) Rischio chimico ambientale. Convegno su Rischi naturali ed impatto antropico nell'area metropolitana napoletana, Facoltà di Ingegneria 7-8 Giugno.

Barone G. e Mazzarella L. (2014) Il ruolo di Francesco Giordani, scienziato e manager, tra la R. Scuola Superiore Politecnica e la Facoltà di Scienze MM.FF.NN. Atti del 5° Conv. di Storia dell'Ingegneria; International Conference, Napoli 19-20 Maggio 2014.

Barone G. e Mazzarella L., (2016) La scuola di Elettrochimica a Napoli da Oscar Scarpa a Mario Maria Jacopetti: sviluppo di un importante settore della Chimica tra Ingegneria e Scienze. Atti del 6° Convegno di Storia dell'Ingegneria; International Conference, Napoli 22-23 Aprile.

Barone G. e Sassi E. (2011) The United Nation Conferences on Climate Change. Rend. Acc. Sc. Fis., Mat. di Napoli, LXXVII, 79-88.

Elia V., Rosati F., Barone G., Monroy A. e Liquori A. M., (1983) A thermodynamic study of sperm-egg interaction. The EMBO J., 2, 2053-2058.

Greco P., Mazzarella L. e Barone G. (2014) Alfonso Maria Liquori. Il risveglio scientifico negli anni '60 a Napoli. Saggi Bibliopolis, Napoli, pp 232.