

Rossano Morici

Gregor Johann Mendel
La meteorologia, l'ozono e l'isola di calore



Veduta di Brünn (Brno) nella metà del XIX secolo, litografia a colori
(František Richter, 1774 - 1860).

l'Eco
dai luoghi delle Marche

NOVEMBRE 2023

Per un migliore e corretto racconto della figura di Gregor Johann Mendel nella veste di meteorologo ci riferiamo all'articolo di Jarmila Burianová e Kevin Francis Roche apparso il 5 dicembre 2022ⁱ, a 200 anni dalla nascita del grande scienziato della Moravia; e agli studi sulle osservazioni meteorologiche condotti da lui a Brno nella prima metà del XIX secolo per la cura di Rudolf Brázdil, Hubert Valášek, Jarmila Macková (2005)ⁱⁱ. Non tutti conoscono Mendel come studioso di meteorologia, ma quasi tutti ricordano la sua fama come «padre postumo della genetica». Nel 1840 - afferma l'articolo commemorativo - il dottor Pavel Olexík stava eseguendo misurazioni meteorologiche presso l'ospedale generale di Sant'Anna a Brünn (Brno). Dal 1857 Mendel aveva a sua volta preso a effettuare misurazioni e osservazioni meteorologiche presso il monastero dei frati agostiniani della stessa città. Annotava le misurazioni e le osservazioni con molta cura, aggiungendo note dettagliate, e pubblicava i risultati sulla stampa dell'epoca, avendo anche premura di inviare puntuali relazioni all'Istituto meteorologico centrale di Vienna. L'originale e complesso grafico-tabellare, illustrato nella figura 2, rappresenta appunto le osservazioni meteorologiche studiate da Mendel nella città di Brünn dal 1847 al 1862, con la rilevazione dei parametri della temperatura e umidità (curve in alto), pressione atmosferica (curva di color rosso), intensità e direzione del vento (al centro del grafico), nuvolosità e copertura del cielo (nelle due curve in basso) e precipitazioni (istogrammi in basso, che concludono il grafico). Il monaco moravo effettuava come di consueto tre misurazioni al giorno: alla mattina, a mezzogiorno e alla sera. Metteva poi a confronto i dati registrati ogni anno con i dati medi di 15 anni, con valutazioni statistiche probanti tanto nella meteorologia dell'epoca quanto in quella a noi contemporanea. Mendel rappresentava il dottor Olexík in sua assenza, e proseguì ufficialmente le sue misurazioni anche dopo la sua morte. Oltre a mostrare un grande interesse per la meteorologia, Mendel svolse anche osservazioni fenologiche, numerando le macchie solari e misurando il livello delle acque sotterranee nel terreno del monastero, ricerca questa unica per l'epoca. Il suo grande interesse per la meteorologia è confermato anche dal fatto che, attraverso le sue misurazioni, si accorse che la temperatura dell'aria al centro della città era più alta di quella della periferia. Soltanto decenni dopo queste intuizioni, la meteorologia iniziò a prestare attenzione al fenomeno dell'*isola di calore urbana*, termine coniato da Mendel stesso.

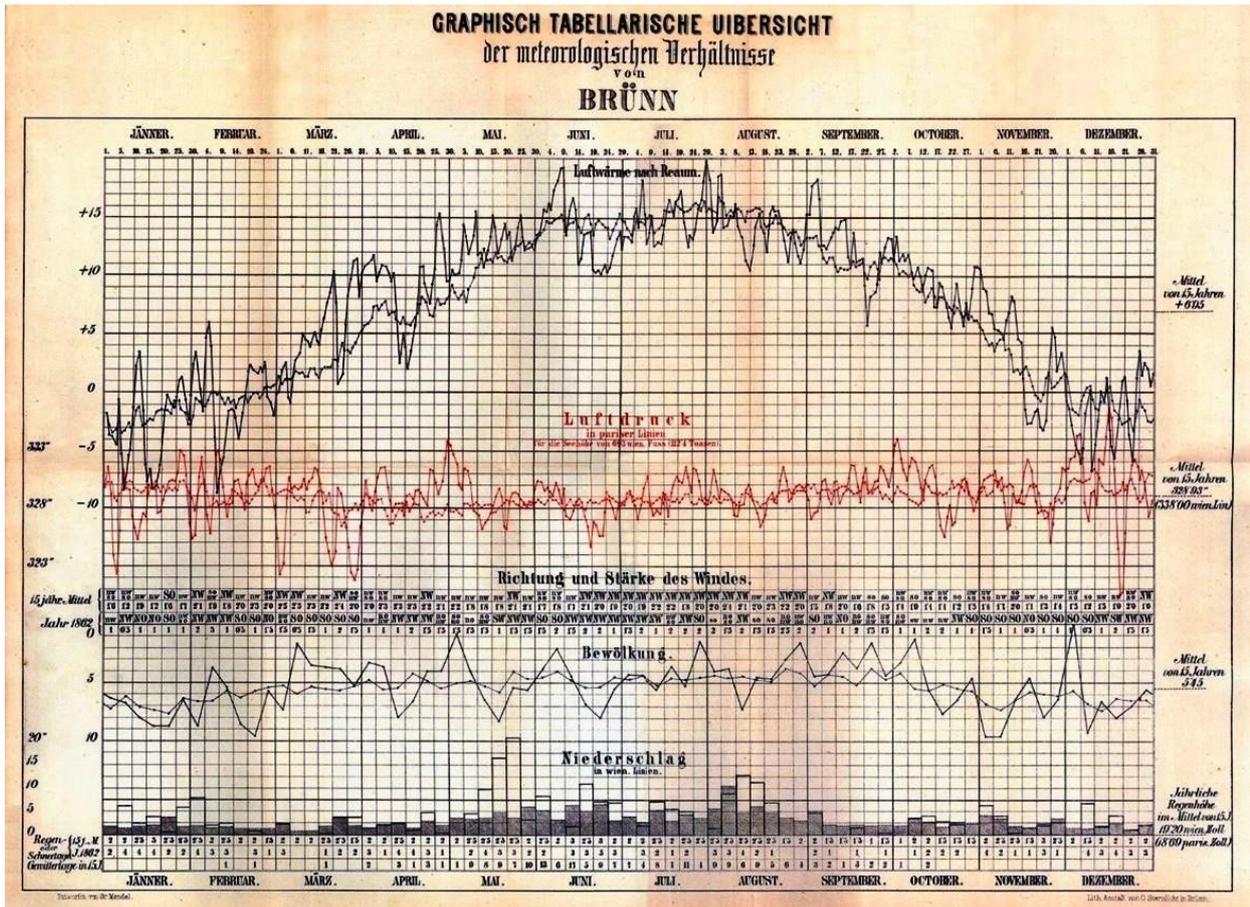


Figura 2. Panoramica grafica e tabellare delle condizioni meteorologiche a Brünn studiate da Mendel nel 1862. Queste vengono confrontate con i valori medi di quindici anni basati sulle misurazioni meteorologiche del Dr. Pavel Olexík.: <https://www.sci.muni.cz/en/current-news/gregor-johann-mendel-meteorologist>
<https://biblio.hiu.cas.cz/records/86a77e9f-6379-49d3-b4f5-6b5883b7c007>



Figura 3. Fotografia di Gregor Johann Mendel, professore di matematica e scienze
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gregor_Mendel.png

Un breve cenno al cammino culturale e scientifico di Gregor Mendel (A. Giannini, 2003)ⁱⁱⁱ lo vede studente uditore all'Università di Vienna, dal 1850 al 1853, alle lezioni di fisica, dove ebbe due valenti professori di fisica e matematica: Doppler ed Ettinghausen, di scienze naturali, matematica, chimica, paleontologia, botanica, fisiologia vegetale, zoologia, entomologia. La fisica lo affascinava al punto tale che divenne, anche se solo per un anno, assistente del prof. Christian Doppler, autore di un manuale di matematica, di cui un capitolo era dedicato all'analisi combinatoria e ai principi del calcolo della probabilità, mostrando come la statistica fosse già stata presente nei corsi di fisica e matematica. In quelle frequentazioni Mendel conobbe il botanico Carl Wilhlem Von Nägeli che si occupava di microscopia e divisione cellulare; si occupò anche di astronomia, dopo aver letto il testo di Astronomia scritto da J. Littrow, direttore dell'Istituto di Astronomia dell'Università di Vienna, il cui manuale (1833) analizzava il calcolo delle probabilità e relative applicazioni scientifiche e pratiche. Dal 1854 per circa 14 Mendel ricevette l'incarico di insegnare Fisica e Scienze Naturali presso la Realschule di Brünn, Istituto superiore ad indirizzo tecnico, molto moderno all'epoca^{iv}. Un ulteriore contributo alla figura di Mendel studioso di meteorologia proviene da Jaroslav Rožnovský (2014) che fa risalire all'abate Mendel l'ampliamento della rete di osservazione meteorologica in Moravia. Non per nulla la serie di Brno è una delle più lunghe nella regione della Repubblica Ceca. Nell'elenco degli scritti dello scienziato moravo prevalgono quelli di meteorologia, che non riportano solo il risultato delle sue misurazioni, ma anche lavori che descrivono dettagliatamente le basi fisiche dei fenomeni meteorologici (ne è un esempio il suo impegno verso l'utilizzo delle previsioni meteorologiche da parte degli agricoltori) e trattano alcune

nuove scoperte. L'esame completo dei lavori scientifici di Mendel parla di uno scienziato fornito di specializzazioni eccezionalmente ampie, e capace di analizzare fenomeni individuali entro una vasta consapevolezza dei processi naturali a livello globale: un talento speciale, insomma, per osservazione, accuratezza, diligenza e precisione, di cui valersi in campo meteorologico^v, malgrado questi lavori non siano diventati celebri al pari di quelli di biologia e genetica che lo hanno reso celebre nel mondo.

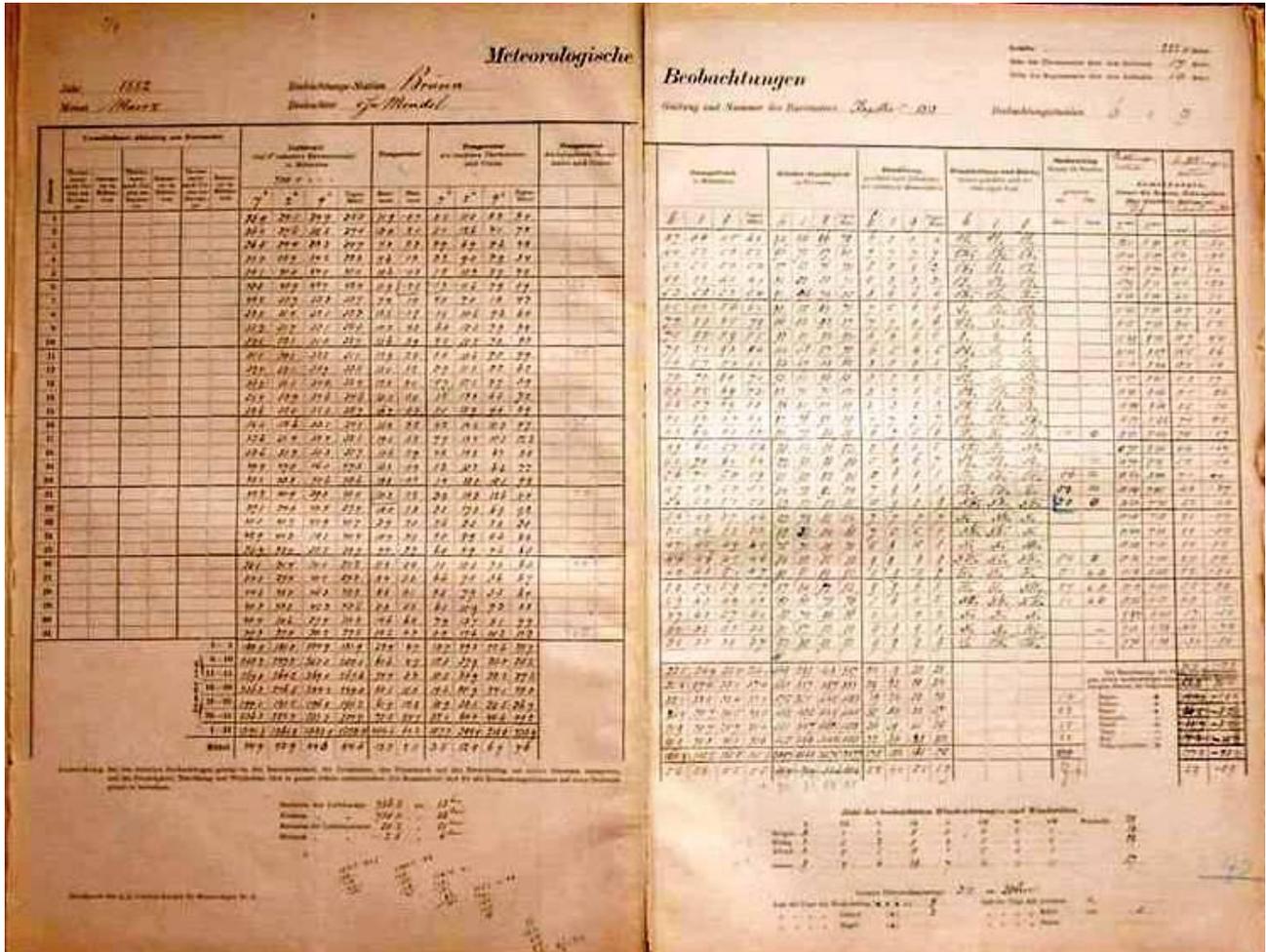


Figura 4. Registro meteorologico compilato da Gregor Mendel (Jaroslav Rožnovský, *G.J. Mendel's meteorological observations*, 2014).



Figura 5. Ritratto fotografico di Gregor Mendel dopo la nomina ad Abate del Monastero di Brünn (Brno)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Gregor_Mendel_oval.jpg

Tornando alla meteorologia, occorre ricordare come Mendel abbia determinato i livelli di ozono (O_3) nell'aria. Specificamente misurò la quantità di ozono che pensava fosse presente nell'aria delle città di Brünn e di altre località vicine. Fu con questo tra i primi a preoccuparsi dei possibili danni che l'ozono poteva arrecare agli esseri viventi animali e vegetali e all'ambiente.

Una ricerca di Jan Munzar *sull'inquinamento urbano*^{vi} menziona gli studi condotti da Gregor Mendel sulla meteorologia e sulla presenza di ozono in quattro città della Moravia e della Slesia: Teschen, Kremsier, Brünn e Iglau. Le indagini sulle osservazioni meteorologiche effettuate in Moravia e Slesia nel 1863 (G. Mendel, 1864) includono un passaggio dedicato al contenuto dell'ozono nell'aria superficiale misurato con il metodo di Schönbein. Le figure 6 e 7 illustrano rispettivamente la pagina 99 e la pagina 119 tratte dal volume: «Mendel G., *Meteorologische Beobachtungen aus Mähren und Schlesien für das Jahr 1863*». La figura 6 riguarda le *Osservazioni meteorologiche nella Moravia e nella Slesia per l'anno 1863 e l'elenco delle stazioni di osservazioni meteorologiche*. La figura 7 è importante perché in fondo pagina è presente una tabella con i valori di ozono rilevati in quelle città.

Meteorologische Beobachtungen

aus Mähren und Schlesien für das Jahr 1863. *)

Zusammengestellt von
Professor **G. Mendel.**

(Vorgelegt in der Sitzung vom 14. März 1864.)

Beobachtungs-Stationen.

Name	Länge von Ferro	Breite	Seehöhe in Wiener Fuss	Beobachter
Teschen	36° 18'	49° 45'	954	Herr Dr. Gabriel.
Hochwald	35 53	49 36	970	" J. Jackl.
Neutitschein	35 41	49 35	904	" J. Talsky.
Troppau	35 34	49 56	816	" J. Lang.
Bistritz am Hostein. . .	35 20	49 24	1080	" Dr. Toff.
Kremsier	35 4	49 18	664	" A. Rettig.
Brünn.	34 17	49 11	693	" Dr. Olexik.
Iglau	33 15	49 24	1567	" Dr. Weiner, " Dr. Hackspiel.
Datschitz	33 6	49 5	1427	" H. Schindler.

*) Durch die eifrige Thätigkeit mehrerer Mitglieder in Mähren und Schlesien ist der Verein zum ersten Male in der Lage, eine Zusammenstellung meteorologischer Beobachtungen von verschiedenen Puncten des Gebietes zu liefern. Da auch heuer die angestrebte Vollständigkeit nicht durchaus erreicht werden konnte, so finden sich mancherlei Lücken, deren Ausfüllung in den nächsten Jahren zu erwarten ist. Es wäre übrigens in nicht geringem Grade wünschenswerth, wenn sich noch an anderen Orten

7*

Figura 6. Gregor Mendel: elenco delle stazioni di osservazione meteorologica della Moravia e Slesia nell'anno 1863 (pagina 99).

Mit electricischen Erscheinungen waren die Niederschläge nicht häufig verbunden. Nur Hochwald macht eine Ausnahme. Hochwald hatte 22 Gewitter, Troppau 8, Bistritz 9, Kremsier 11, Brünn 9 (15jähr. M. 15) und Iglau 13.

In allen Stationen wurden Gewitter beobachtet am 20. Jänner, 24. Mai und 1. September. Tage, an denen wenigstens in 3 Beobachtungsorten Gewitter aufgezeichnet sind, waren der 30. März, 4. 14. 23. Mai, 12. 18. 26. 30. Juni, 3. Juli, 5. 11. 12. 16. 17. August.

Besondere Erwähnung verdienen die Wintergewitter vom 20. Jänner und 13. December. Der Gewitterzug vom 20. Jänner kam aus WSW. und wurde beobachtet in

Iglau . . .	um 7 U.	4 M.	Abends	bei starkem	SW.
Brünn . . .	" 7 "	40 "	" "	" "	W.
Kremsier . .	" 8 "	— "	" "	" "	SW.
Troppau . .	" 8 "	— "	" "	" "	S.
Bistritz . .	" 8 "	15 "	" "	" "	SSW.
Hochwald . .	" 8 "	20 "	" "	" "	W.

Am 13. December wurden in Brünn und Bistritz zwischen 3 bis 5 Uhr Morgens wiederholt grell leuchtende Blitze gesehen. Der Donner konnte bei dem Tosen des orkanartigen Nordwest-Sturmes nicht gehört werden. — Das heftige Gewitter vom 30. März wurde in Datschitz, Iglau, Brünn, Kremsier und Bistritz zu derselben Stunde, um 1 Uhr Morgens, beobachtet. Der Zug kam aus Nordwest. Die Stationen jenseits der Wasserscheide erwähnen desselben nicht.

Ozon-Gehalt der Luft

nach der Scala von Schönbein.

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Im Jahre
Teschen	4	5	4	3	4	4	5	4	4	4	5	5	4.25
Kremsier.	6.5	6.4	5.5	5.6	6.4	6.9	6.4	5.6	6.6	6.8	6.7	6.9	6.36
Brünn	3.8	4.7	4.8	5.8	6.4	6.6	6.1	6.1	3.8	3.1	2.6	3.4	4.77
Iglau	8.0	8.1	8.5	7.6	7.6	6.7	7.3	7.7	8.0	8.7	7.7	8.2	7.84

Figura 7. Nella tabella a fondo pagina sono riportati i valori di Ozono misurati da Gregor Mendel nell'aria di Brünn e di altre tre città della Moravia e Slesia nel 1863, basati sulla Scala di Schönbein (pag. 119).

Per una sintetica tabulazione dei dati sull'ozono presenti nella figura 7, abbiamo realizzato una tabella (figura 8), in cui sono riportati in un modo più comprensibile i valori medi mensili e medi annui dell'ozono nell'aria di quattro località della Moravia e Slesia nel 1863: Teschen, Kremsier, Brünn e Iglau (Scala di Schönbein).

mesi	Teschen	Kremsier	Brünn	Iglau
GEN	4	6,5	3,8	8
FEB	5	6,4	4,7	8,1
MAR	4	5,5	4,8	8,5
APR	3	5,6	5,8	7,6
MAG	4	6,4	6,4	7,6
GIU	4	6,9	6,6	6,7
LUG	5	6,4	6,1	7,3
AGO	4	5,6	6,1	7,7
SET	4	6,6	3,8	8
OTT	4	6,8	3,1	8,7
NOV	5	6,7	2,6	7,7
DIC	5	6	3,4	8,2
ANNO	4,25	6,36	4,77	7,81

Figura 8. Valori medi mensili e valori medi annui dell'ozono nell'aria di quattro località della Moravia e della Slesia nel 1863 (Scala di Schönbein).

Dai commenti di Mendel risulta che i primi tentativi di misurazione dei valori dell'ozono siano stati eseguiti già a partire dal 1858. Riguardo alla misurazione della temperatura dell'aria anche questa è proposta in un quadro sinottico (sincrona) come effettuata in due località Staré Brünn (Altbrünn) e Domych (sobborgo di Domrössel), ed eseguita allo scopo di valutare effetti di differenti situazioni. La diversa concentrazione di ozono tra i due siti di monitoraggio sembra essere sorprendentemente grande, raggiungendo anche 6 o 7 gradi della scala Schönbein.

Il fatto è spiegato con l'inquinamento atmosferico esistente e con le condizioni del vento. Per questi risultati antitetici in termini di massimo e di minimo - afferma Mendel - si può trovare una soluzione piuttosto semplice quando si utilizzano i dati di una successiva ricerca effettuata da Schönbein, Kletzinsky e altri. È dimostrato che gli inquinanti atmosferici di diversi tipi, che si trovano in città in ogni momento, dividono e legano l'ozono atmosferico con la loro azione, che risulta più pronunciata per un tempo più lungo. Questa è la ragione per cui l'aria che scorre sopra la città manca sempre di ozono nei suoi strati inferiori, quando esce dalla città, ed è presente invece quando l'aria entra nell'area della città; le perdite di ozono sono maggiori con un lento flusso d'aria. E' quindi comprensibile il perché i venti nord e nord-occidentali che soffiano nel sobborgo di Domych, in cui abbandonano la città, possono mostrare solo una debole reazione sulle strisce (kit) di carta (dove si misura la concentrazione di ozono), mentre i venti sud-orientali provenienti da un ambiente aperto possono mostrare un effetto completo.

Il sito di osservazione di Starré Brünn presenta risultati esattamente opposti a causa della sua posizione. Come mostrato nella tabella della figura 8, la distribuzione di valori medi mensili a Brünn è piuttosto strana nel corso dell'anno. Il contenuto più basso di ozono è stato osservato nel tardo autunno e in inverno, vale a dire nel momento in cui la città era coperta, per più giorni, di nebbia e fumo industriale (Dunstnebel) con un debole vento. D'altra parte, valori massimi quasi doppi sono stati registrati nei mesi estivi con uno scambio di aria notevolmente più rapido (G. Mendel, 1864).

Queste ricerche sono altrettanti contributi alle prime misurazioni degli inquinanti atmosferici nelle aree urbane ed extraurbane nella seconda metà dell'Ottocento. Possiamo anzi considerarle le prime effettuate in Europa.

I meriti di Mendel e di altri scienziati come Schönbein, che scoprì l'ozono e la metodologia pratica per rilevarlo, rivestono grande rilievo in quanto pongono le basi per le future indagini ambientali che saranno sviluppate e ampliate nel secolo successivo con l'evoluzione della scienza e della tecnologia. Un ulteriore grande merito di Mendel è stato quello di fornire le prime notizie sul deterioramento dell'aria nelle aree urbane a causa del carbone, che era il combustibile usato per riscaldare le case e alimentare le centrali termiche delle industrie. Merita particolare attenzione la documentazione da lui presentata *sull'isola di calore* [isola urbana di calore], comprendente una discussione sulle sue cause e l'introduzione del termine tedesco *Rauchnebel* che precede l'inglese *smog*.

Possiamo dunque affermare che il «fondatore della genetica» sia anche il primo igienista ambientale con l'individuazione dell'ozono, gas pericoloso e inquinante, proveniente prevalentemente dalla combustione del carbone usato, all'epoca e non solo, come combustibile da riscaldamento domestico, ma soprattutto come combustibile principale per le centrali termiche delle fabbriche.

Questa ulteriore intuizione unitamente all'isola di calore, spiegava allora le numerose malattie dell'apparato respiratorio degli abitanti delle città industriali come Brünn e quindi delle più grandi città europee quali, Berlino, Praga, Vienna, Parigi, Londra, Milano, eccetera. per citare le più importanti e popolate.

Interessanti sono i dati delle temperature massime e minime estreme registrate nel 1863 e nel periodo di 15 anni a Brünn (figura 9), tratte dall'opera di Mendel prima citata (ritaglio della pag.107).

	Höchste Temperatur		Niedrigste Temperatur	
	1863	in 15 Jahren	1863	in 15 Jahren
Jänner	+ 7·4	+ 7·2	— 4·5	—21·8
Februar	+11·8	+10·7	— 7·5	—17·8
März	+12·3	+16·8	— 3·8	—11·9
April	+17·3	+23·1	— 6·2	— 8·1
Mai	+23·1	+25·0	+ 1·4	— 4·4
Juni	+27·4	+26·8	0	+ 1·1
Juli	+27·3	+29·1	+ 1·1	+ 3·0
August	+29·7	+28·4	+ 4·4	+ 3·0
September	+24·7	+25·0	+ 0·8	— 2·0
October	+18·6	+21·8	— 2·6	— 7·3
November	+11·6	+13·4	— 6·8	—15·0
December	+ 6·5	+ 9·8	— 9·4	—18·7

Figura 9. Tabella relativa alle temperature massime e minime estreme rilevate da Mendel a Brünn nel 1863 e nel periodo di 15 anni.

Per quanto riguarda le temperature massime assolute si notano alcune lievi differenze tra i valori registrati a Brünn nel 1863 e quelli rilevati in 15 anni di osservazioni (ad eccezione dei mesi di marzo, aprile e dicembre in cui tali differenze sono più marcate).

I valori delle temperature minime estreme nel periodo di 15 anni sono notevolmente più basse di quelle registrate nel 1863. In particolare tali differenze sono risultate più evidenti nei mesi di gennaio (-4,5 C°; -21,8 C°), febbraio (-7,5 C°; -17,8 C°); marzo (-3,8 C°; -11,9 C°); novembre (-6,8 C°; -15 C°) e dicembre (-9,4 C° -18,7 C°).

Isola di calore in tempi recenti

La scoperta di Mendel dell'isola di calore è stata ripresa dagli studiosi di meteorologia del Novecento e del Terzo Millennio. Ne è un esempio a noi prossimo la città di Bologna che annovera osservazioni meteorologiche dal 1814 ai nostri giorni. I dati rilevati da Lorenzo Respighi nel trentennio 1814-1843^{vii} sono stati utili per costruire un grafico che si riporta nella figura 10, unitamente al *trend* delle temperature medie annue di Bologna-centro e Bologna-BorgoPanigale, nel periodo 1981-2010, studiate da Lorenzo Sangelantoni^{viii}. Abbiamo pertanto realizzato un diagramma in cui sono riportati i dati delle temperature nei due trentenni 1814 - 1843 e 1981-2010 (R. Morici, 2016)^{ix}.

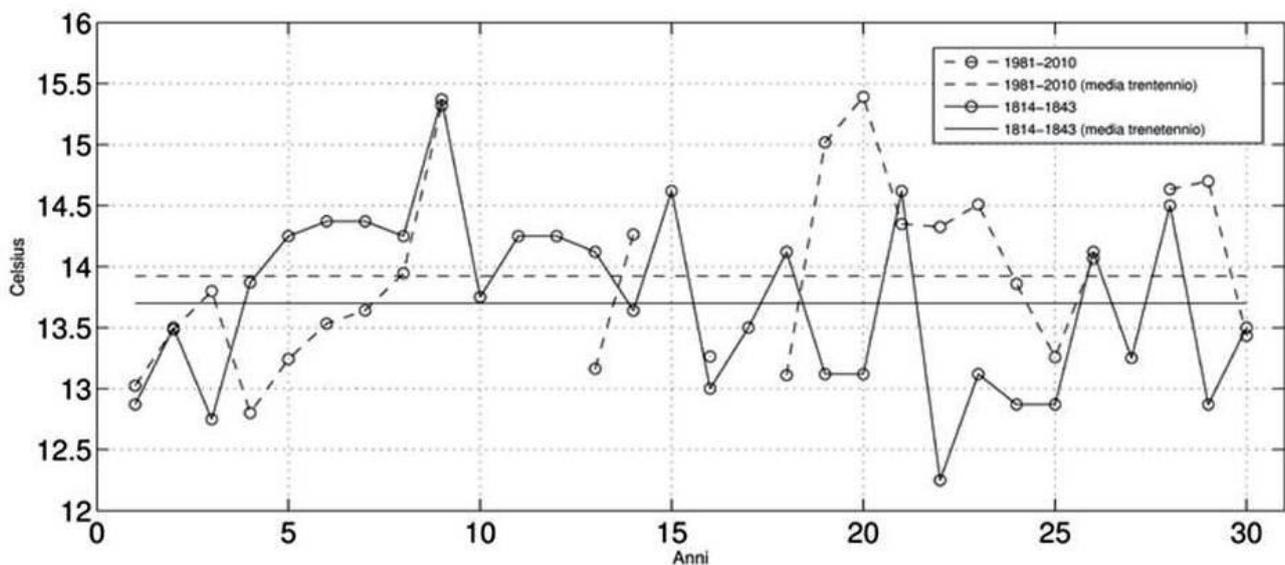


Figura 10. Temperature medie annue rilevate nel trentennio 1814-1843 a Bologna (centro) e nel trentennio 1981-2010 a Bologna (Borgo Panigale)

Confrontando i due trentenni, il trentennio ottocentesco segnalerebbe un valore termometrico medio di poco inferiore a quello del trentennio più vicino a noi, periodo caratterizzato dal *global warming*, con frequenti episodi meteorologici estremi^x.

Difatti si è trovato un valore medio di 13,7°C per il trentennio 1814-1843, e di 13,9°C, per il trentennio 1981-2010.

Per il trentennio 1981-2010 - afferma Sangelantoni - la curva termometrica è stata costruita dalla elaborazione dei rilevati dalla stazione di Borgo Panigale (vicino all'aeroporto di Bologna), che notoriamente per la sua collocazione presenta valori termometrici più bassi rispetto a quelli misurati nel centro storico della città. Le temperature a Borgo Panigale sono quindi meno influenzate dall'effetto *isola di calore* che caratterizza le stazioni meteorologiche situate in città; quindi sono più basse. Il fenomeno dell'*isola di calore* può alterare i picchi di minime e massime in condizioni di atmosfera stabile e cielo sereno. La stessa città di Bologna, essendo in pianura, rappresenta pertanto un ottimo esempio. Questo fatto spiegherebbe la scarsa differenza tra i due trentenni che sappiamo invece essere termicamente molto ampia.

A tale proposito sono utili i valori delle temperature medie di Bologna, centro urbano, pubblicati nel documento *Conferenza sull'adattamento climatico in ambito urbano, Il Clima Cambia le Città*^{xi}. Nel trentennio 1971-2000 è stata registrata una media di 14,3°C e nel periodo 2001-2012 tale valore è risultato di 15°C. Si evidenzia altresì nel periodo 2001-2012 un valore termometrico medio di 14,1°C per Borgo Panigale (aeroporto).

BIBLIOGRAFIA

- 1) Burianová J., Roche K. F., *Gregor Johann Mendel Meteorologist*, Masaryk University Faculty of Science, MuniSci, 5 December 2022.
- 2) Brázdil R., Valášek H., Macková J., *Meteorologická pozorování v Brně v první polovině 19. Století* [Meteorological observations in Brno in the first half of the 19th century]. Archiv města Brna, Brno, (in Czech), 2005.
- 3) Giannini A., *I Grandi della Scienza: Mendel*, in «Le Scienze», edizione italiana di «Scientific American», anno VI, n. 34, giugno, 2003.
- 4) Mendel G., *Meteorologische Beobachtungen aus Mähren und Schlesien für das Jahr 1863*.
- 5) Morici R. *Il clima delle Marche nell'Ottocento*, Quaderno n. 320 del Consiglio Regionale Marche, Ancona, settembre 2020.
- 6) Munzar J., *Gregor Mendel and urban environment*, Moravian Geographical Reports n. 2/1994.
- 7) Rožnovský J., *G.J. Mendels meteorological observations*, Czech Hydrometeorological Institute, Brno branch office Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds): Mendel a bioklimatologie. Brno, 3. – 5. 9. 2014.
- 8) Vasak A. (a cura di), *Canicules et froids extrêmes, L'Événement climatique et ses représentations (II)*, Histoire, littérature, peinture. MétéoS, Collection dirigée par Thierry Belleguic et Anouchka Vasak. Sous la direction de Jacques Berchtold, Emmanuel Le Roy Ladurie, Jean-Paul Sermain et Anouchka Vasak, Hermann, Paris 2012.

Note

-
- ⁱ Jarmila Burianová, Kevin Francis Roche, *Gregor Johann Mendel Meteorologist*, Masaryk University Faculty of Science, MuniSci, 5 December 2022.
- ⁱⁱ Rudolf Brázdil, Hubert Valášek, Jarmila Macková, (2005): *Meteorologická pozorování v Brně v první polovině 19. Století* [Meteorological observations in Brno in the first half of the 19th century]. Archiv města Brna, Brno. (in Czech).
- ⁱⁱⁱ Adriana Giannini, I Grandi della Scienza - *Mendel* - in «Le Scienze», anno VI, volume 34, giugno 2003.
- ^{iv} Adriana Giannini, *Mendel*, cit., pp. 20, 21, 24, 26.
- ^v Jaroslav Rožnovský, *G.J. Mendels meteorological observations*, Czech Hydrometeorological Institute, Brno branch office. Rožnovský J., Litschmann T., (eds): *Mendel a bioklimatologie*. Brno, 3. – 5. 9. 2014. <http://www.cbks.cz/SbornikBrno14/Roznovsky.pdf>
- ^{vi} Jan Munzar, *Gregor Mendel and urban environment*, Moravian Geographical Reports, n. 2/1994, vol. 2, pp. 49-51. (http://www.sci.muni.cz/geobib/mgr/MGR1994_2/MGR_1994_2_2_Munzar.pdf.)
- ^{vii} Lorenzo Respighi, *Osservazioni meteorologiche del trentennio 1814-1843, del clima bolognese*, in *Memorie della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, Tomo VII, Tipografia A San Tommaso D'Aquino, Bologna 1856.
- ^{viii} Lorenzo Sangelantoni, *Dati termometrici rilevati a Bologna - Borgo Panigale nel trentennio 1981-2010*, Laboratorio di Oceanografia e Protezione Civile, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Ancona, Università Politecnica delle Marche.
- ^{ix} Rossano Morici, *Eruzione del vulcano Tambora e riflessi sul clima delle Marche nel 1816*, *Marca Marche* n.6/2016, pp.305-307.
- ^x Anouchka Vasak (a cura di), *Canicules et froids extrêmes*, Hermann, Paris 2012. Il tema trattato nel libro era stato discusso in un precedente convegno tenutosi a Parigi nei giorni 20 e 21 gennaio 2011, in collaborazione fra la Fondazione Singer-Polignac e l'Università La Sorbona. Consultabile al link: <http://www.singer-polignac.org/fr/missions/sciences/colloques/542-canicules-et-froids-extremes>.
- ^{xi} *Conferenza sull'adattamento climatico in ambito urbano, Il Clima Cambia le Città*, Contributo dell'Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo (OMD) e di Climate Consulting s.r.l. Gruppo di lavoro: Sergio Borghi, Pamela Turchiarulo, Samantha Pilati, Chiara Paganelli, Cristina Lavecchia, 2013.

Il dipinto che compare in copertina «Veduta di Brünn (Brno) nella metà del XIX secolo, litografia a colori (František Richter, 1774 - 1860)» è stato tratto dal link: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BrnoVeduta.jpg>