

Centro Meteorologico Lombardo



ATLANTE

dei climi e microclimi
della Lombardia



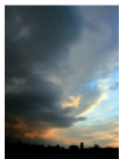
Edizione 2011

Indice

- 5 Prefazione
- 6 Presentazione
- 9 Premessa
- 10 Introduzione

PRIMA PARTE – DINAMICA DEL TEMPO E DEL CLIMA

- 17 I tipi di tempo
- 57 I tipi di tempo favorevoli alla neve in pianura
- 79 I temporali
- 99 Gli eventi eccezionali
- 125 Bacini idrografici ed esondazioni
- 135 Valanghe
- 139 Inquinamento atmosferico
- 145 Oltre la troposfera: bolidi e aurore polari



SECONDA PARTE – I CLIMI LOCALI

- 151 I climi della Lombardia
- 157 Alpi e prealpi
- 164 Alta Valtellina e livignasco
- 168 La bassa e media Valtellina
- 178 La Valcamonica
- 182 Val Sabbia e Valtrompia
- 184 Le valli bergamasche
- 188 La Valsassina
- 192 I grandi laghi lombardi
- 199 Brezze e venti di lago
- 204 Lecco e dintorni
- 210 Como e dintorni
- 215 Le valli Iariane
- 218 Le valli varesine
- 220 Valganna e Valmarchirolo
- 224 Alta pianura e Brianza
- 229 I capoluoghi pedemontani: Varese, Bergamo, Brescia
- 232 L'Olgiatese
- 234 La valle del Ticino



- 238 La media pianura tra Adda e Mincio
- 242 La bassa pianura da Lodi a Mantova
- 248 Il Pavese: dal sud Milano all'Oltrepò
- 254 Alessandrino e Lomellina
- 257 L'Appennino
- 259 La Valle del Freddo
- 261 Milano e il clima urbano

TERZA PARTE – CARTE TEMATICHE

- 275 Carte tematiche – La temperatura
- 303 Carte tematiche – Piogge e temporali
- 309 Carte tematiche – La neve
- 317 Carte tematiche – Le nebbie
- 323 Carte tematiche – Il vento

APPENDICI

- 328 Analisi statistica dei dati
- 338 Bibliografia ragionata
- 343 I collaboratori della rete CML



Como, piazza Volta, novembre 2002. (Foto di Alberto Vimercati)



Il tempo s'era andato sempre più rabbiando, e annunciava ormai certa e poco lontana la burrasca. De' lampi fitti rompevano l'oscurità cresciuta, e l'umeggiavano d'un chiarore istantaneo i lunghissimi tetti e gli archi de' portici, la cupola della cappella, i bassi comignoli delle capanne; e i tuoni scoppiati con istrepito repentino, scorrevano rumoreggiando dall'una all'altra regione del cielo.

(...) Appena infatti ebbe Renzo passata la soglia del lazzeretto e preso a dritta, per ritrovar la viottola di dov'era sboccato la mattina sotto le mura, principio come una grandine di goccioloni radi e impetuosi che, battendo e risaltando sulla strada bianca e arida, sollevavano un minuto polverio; in un momento, diventarono fitti; e prima che arrivasse alla viottola, la veniva già a secchie.

(...) Arrivò a Sesto, sulla sera; nè pareva che l'acqua volesse cessare.

(...) Quando passò per Monza, era notte fatta: nonostante, gli riuscì di trovar la porta che metteva sulla strada giusta. Ma meno questo, che, per dir la verità, era un gran merito, potete immaginarvi come fosse quella strada, e come andasse facendosi di momento in momento. Affondata (...) tra due rive, quasi un letto di fiume, si sarebbe a quell'ora potuta dire, se non un fiume, una gora davvero; e ogni tanto pozze, da volerci del buono e del bello a levarne i piedi, non che le scarpe.

(...) Lui medesimo, a questo punto, diceva che, di quella notte, non se ne rammentava che come se l'avesse passata in letto a sognare. Il fatto sta che, sul finire di essa, si trovò alla riva dell'Adda.

Non era mai spiovuto; ma, a un certo tempo, da diluvio era diventata pioggia, e poi un'acqueregola fine fine, cheta cheta, ugual uguale: i nuvoli alti e radi stendevano un velo non interrotto, ma leggero e diafano; e il lume del crepuscolo fece vedere a Renzo il paese d'intorno. C'era dentro il suo; e quel che senti, a quella vista, non si saprebbe spiegare. Altro non vi so dire, se non che que' monti, quel Resegone vicino, il territorio di Lecco, era diventato tutto come roba sua.

(Alessandro Manzoni, *I Promessi Sposi* - capitoli XXXVI - XXXVII)

I tipi di tempo

di Matteo Dei Cas

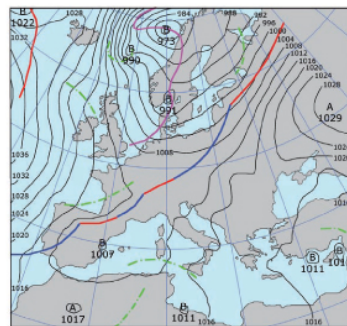
Villasanta (Monza e Brianza), 17 aprile 2009.
(Foto di Bruno Gnillini)



CANALE DEPRESSIONARIO SUL MEDITERRANEO CENTRO-OccIDENTALE

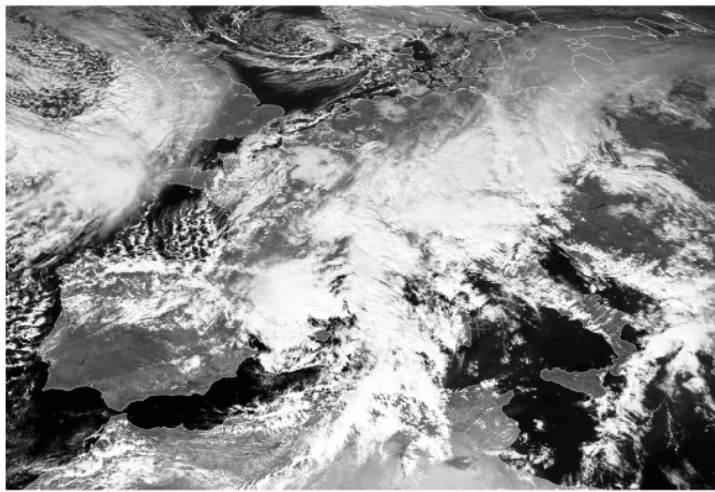
La scuola meteorologica italiana ci insegna che tra le più intense e durature fasi di maltempo che interessano gran parte del nostro Paese vi è quella innescata da un fiume di aria artica marittima che si getta nel mare di Alboran (fra lo Stretto di Gibilterra e le isole Baleari), dando luogo a un deciso "gioco di sponda" con le correnti del Nord Africa. Nel Mediterraneo centro-occidentale si instaura quindi un canale depressionario che a ovest è alimentato dalla scia lastricata delle correnti fredde che irrompono attraverso la Penisola Iberica, mentre più a est è preceduto da un intenso richiamo meridionale che sospinge per diversi giorni una serie di corpi nuvolosi estesi e compatti sulle nostre regioni settentrionali.

Questa tipologia ciclonica è foriera delle "grandi piogge" che tradizionalmente interessano la Pianura Padana nei mesi di ottobre-novembre e aprile. In effetti è proprio nelle "mezze stagioni" che si verificano i maggiori scambi meridionali tra l'Artico e i Tropici, dovendo questi compensare il calore diversamente accumulato nel nostro emisfero tra l'estate e l'inverno. L'approfondimento del canale depressionario sul comparto centro-occidentale del Mediterraneo ha inizio quando un fronte freddo piuttosto energico raggiunge la Penisola Iberica, dando luogo a una ciclogenesi attiva che abbraccia le coste del Nord Africa, dove inoltre ha origine una risposta meridionale, caratterizzata da intensi venti di ostro. Un'estesa linea frontale delimita la discesa di aria fredda lungo i margini orientali dell'anticiclone delle Azzorre dalla risposta subtropicale che risale davanti all'asse della saccatura verso la nostra Penisola. In autunno le correnti meridionali sorvolano le acque di un mare ancora piuttosto caldo, per cui nel loro tragitto si

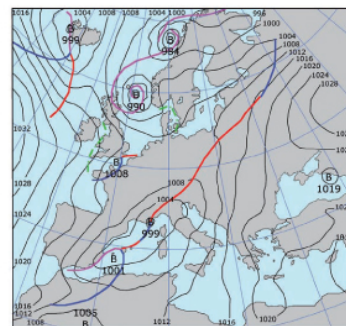


28 ottobre 2008: irruzione artica marittima sul Mare di Alboran; approfondimento del canale depressionario. Analisi al suolo.

arricchiscono particolarmente di vapore acqueo e nuclei di condensazione. Le masse d'aria prefrontali sono quindi potenzialmente instabili nei bassi strati, per cui quando sono costrette a sollevarsi in blocco (ad esempio per l'azione di sbarramento orografico) raggiungono rapidamente la saturazione e liberano tutta la loro energia nello sviluppo di sistemi nuvolosi rigeneranti, spesso di natura convettiva. Questo è



29 ottobre 2008 ore 12 UTC: Meteosat Visible. Canale depressionario sul Mediterraneo centro-occidentale. (Courtesy of Rec. St. Univ. Dundee, UK)



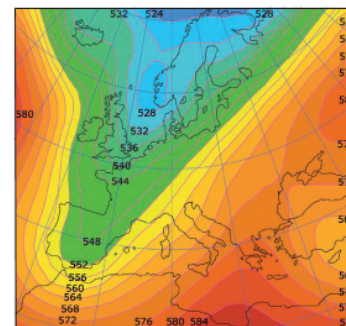
29 ottobre 2008: vasto e complesso sistema frontale sul Mediterraneo centro-occidentale. Analisi al suolo.

uno degli aspetti che rendono questo tipo di tempo particolarmente perturbato.

Un altro importantissimo elemento da valutare attentamente in questo tipo di configurazione barica è la sua persistenza in loco. Il maltempo infatti si abbatte nelle stesse zone per diversi giorni, destando preoccupazione circa la stabilità idrogeologica dei territori più vulnerabili. La mappa in alto evidenzia un vasto e complesso sistema frontale, in lenta progressione verso est. La lunga linea perturbata si sviluppa infatti con orientamento meridiano, rigenerandosi lungo una serie di minimi di pressione che si approfondiscono tra il Mare di Alboran e il Mar Ligure. Il sistema perturbato appare come stretto nella morsa delle due figure di alta pressione disposte lungo i meridiani dell'Atlantico e dell'Europa orientale. In questo modo si può attendere la conclusione della fase di maltempo non tanto per l'allontanamento della perturbazione, quanto invece per un suo progressivo indebolimento, che avrà inizio soltanto quando il canale depressionario non sarà più alimentato a ovest dalla discesa fredda marittima.

La corrispondente configurazione barica è caratterizzata da una saccatura molto profonda e altrettanto stretta, chiusa ai suoi lati da due onde anticicloniche molto sviluppate in ampiezza. È evidente una meridionalizzazione estrema di tutto l'impianto depressionario, con il cavo d'onda che raggiunge dall'Artico le coste del Nordafrica e una risposta ciclonica molto sostenuta verso l'Europa.

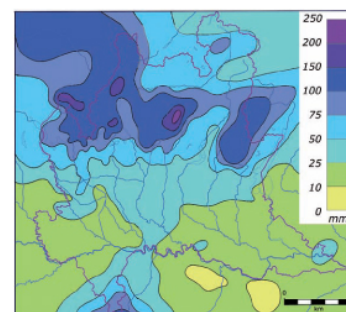
L'intero assetto è caratterizzato da un'evoluzione molto lenta, per cui costituisce una "situazione di blocco" analoga e inversa alle "Omega" anticicloniche. L'ampiezza pronunciata dell'onda depressionaria è inversamente proporzionale alla sua velocità di traslazione verso est, per cui le correnti meridionali in quota sorvolano le stesse zone per diversi giorni, costituendo le "level guide" che pilotano nubi e piogge continue sul nostro continente. L'unica via d'uscita da questo assetto fortemente perturbato si annuncia quando l'asse dell'onda anticiclonica atlantica si corica verso est, ruotando lungo i paralleli. In questo modo il contributo freddo proveniente dal vortice polare si interrompe, il canale depressionario viene tagliato alla radice (cut-off) dalla ripresa del flusso zonale e si isola un vortice chiuso di bassa pressione (goccia fredda) che può mantenere più o meno a lungo una variabilità perturbata. A volte la depressione che si isola nel Mediterraneo viene lentamente rias-



29 ottobre 2008: configurazione ad "Omega rovesciata". Analisi in quota.

sorbita, mentre in altri casi – come ad esempio nel novembre 2002 – si comporta come una calamita in grado di richiamare nuovamente aria fredda, rinnovando così l'approfondimento di un nuovo canale depressionario.

In queste situazioni perturbate tutta la Lombardia è interessata per diversi giorni da piogge abbondanti, intense e persistenti. Ancora una volta i primi rilievi che delimitano a nord il catino padano offrono un importante sbarramento al flusso umido perturbato, concentrando sulla fascia pedemontana e sulle Prealpi i maggiori quantitativi di pioggia. Le vallate e le creste alpine sono in parte riparate dai contrafforti montuosi più vicini alla pianura, per cui procedendo verso nord le precipitazioni tendono a diminuire, fino a ridursi drasticamente sui versanti esteri. In questo modo si spiega ad esempio lo scarto pluviometrico tra le Orobie – dove spesso viene raggiunto il picco dell'accumulo precipitativo totale – e l'alta Valtellina, o meglio ancora il Livignasco, che è l'unico territorio lombardo situato idrograficamente a nord delle Alpi.



27-29 ottobre 2008: distribuzione degli accumuli pluviometrici complessivi in Lombardia. (Dati rete stazioni CML)



I tipi di tempo

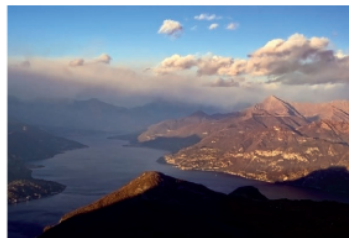


2 marzo 2008. Altostratus lenticularis sul Monte Rosa. (Foto di Stefano Anghileri)

può essere seguito da una repentina gelata e, nel caso di un rapido peggioramento, da una nevicata fino in pianura.

I segni del Föhn nel cielo

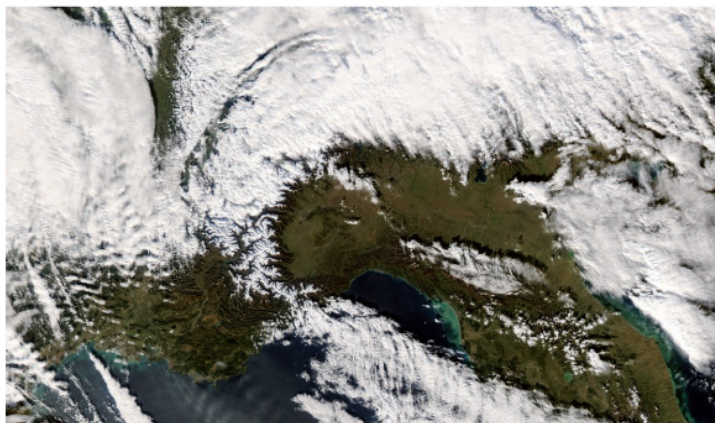
L'aspetto del cielo in condizioni favoniche è del tutto suggestivo, specialmente al crepuscolo, grazie alla visibilità ottima che lascia apparire i monti vicini, tangibili e dai contorni molto nitidi. L'ingresso del Föhn è annunciato spesso dalla presenza di nubi orografiche della specie lenticularis, ovvero nubi cumuliformi medio-alte a forma di lente che appaiono quasi immobili, spesso isolate nel cielo limpido. Questa particolare tipologia nuvolosa ha origine laddove le correnti, nel sorvolare la cresta alpina, vengono distorte assumendo una forma ondulata, tale da forzare la massa d'aria a una salita armonica fino al livello di condensazione.



9 novembre 2007. Sfondamento del muro del Föhn sull'Alto Lario. (Foto di Stefano Anghileri)

In prossimità dello spartiacque alpino è possibile osservare una spessa coltre di nubi, che talvolta si estende verso sud fino a occultare le cime circostanti alle vallate più settentrionali della nostra regione. La nuvolosità è associata al "muro del Föhn" che trabocca dai crinali delle Alpi in condizioni di Stau sopravvento particolarmente attivo.

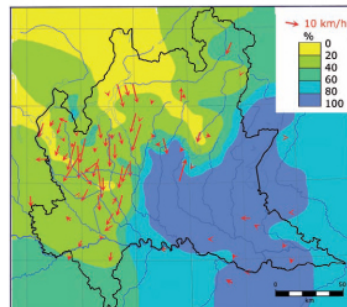
Le variabili che possono favorire uno "sfondamento" del muro del Föhn per alcune decine di chilometri sono da ricercare in quota: è infatti necessaria la presenza di aria molto umida e di un vento molto forte. L'immagine sottostante si riferisce a un episodio particolarmente intenso di Föhn del tardo autunno, sostenuto da correnti tempestose in quota. La nuvolosità si è spinta a sud fino a conquistare la fascia pedemontana, costituendo un evento alquanto insolito. Infatti i settori della Lombardia più usualmente coinvolti da precipitazioni per



22 novembre 2008 ore 11:00 UTC
Insolita estensione dello sfondamento favonico sulla fascia pedemontana. (Courtesy of MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC)



I tipi di tempo

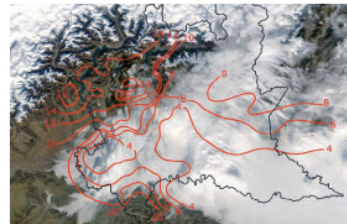


18 ottobre 2007 - Situazione più comune di Föhn in Lombardia: presenza esclusivamente sui settori occidentali. Ricostruzione sulla base di umidità relativa e vettori vento registrati alle 21:50. (Dati rete stazioni CML)

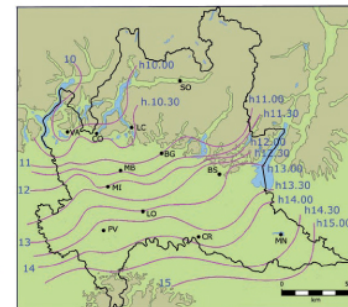
atlantica con direttrice nord-occidentale (simile al caso del 19 settembre 2007, descritto nel precedente paragrafo), accompagnato da un'altezza veloce rimonta da ovest della pressione a nord delle Alpi. L'estensione del promontorio anticiclone spingerebbe le correnti nei bassi strati ad aggirare l'arco alpino a est, tanto da indurre un rientro dall'Adriatico di aria più umida e fredda che ostacolerebbe la caduta del Föhn al suolo sui settori centro-orientali.

Nei mesi invernali, in particolare tra dicembre e gennaio, il Föhn raramente si spinge sulla media-bassa Pianura Padana, in quanto la sua caduta al suolo è in queste zone resa difficoltosa dalla persistenza di un'inversione termica. I venti di caduta di moderata intensità non riescono a erodere per rimescolamento turbolento lo strato inversionale: le masse d'aria più miti, in particolare quelle di origine oceanica, sono più leggere della pellicola d'aria fredda e umida che ristagna al suolo e sono quindi costrette a sorvolare, in maniera analoga a una goccia d'olio che cade sull'acqua.

Le immagini in basso testimoniano la persistenza dell'effetto favonico nelle ore notturne limitatamente alla fascia pedemontana.



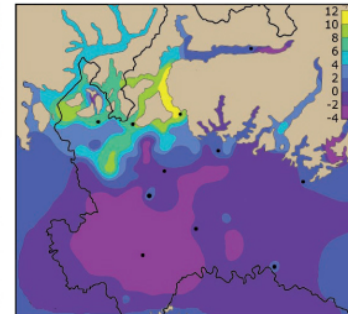
11-12 dicembre 2007
Situazione di Föhn sulla Pedemontana ed inversione termica persistente sulla Pianura.
Distribuzione isoterme delle temperature massime (sopra) in relazione alla presenza della nebbia e delle temperature minime (a destra) nella notte successiva. (Dati rete stazioni CML)



9 novembre 2007 - Situazione più rara di Föhn intenso ed esteso su tutta la Lombardia. Isocrone del fronte di avanzata dell'aria secca. (Dati rete stazioni CML)

tana, laddove le temperature minime si sono mantenute "artificialmente elevate" per tutta la giornata. Le inversioni termiche sono risultate particolarmente tenaci all'erosione del Föhn nelle zone caratterizzate da avvallamenti e depressioni, come ad esempio nelle brughiere della valle del Ticino e nelle località della Brianza che delimitano il corso del Seveso. Le zone altimetricamente meno elevate imprigionano infatti gli strati di aria fredda, ostacolando la rimozione da parte della turbolenza del vento, tanto da permettere un raffreddamento notturno per irraggiamento molto marcato. Lo stesso non avviene invece nelle zone collinari a ridosso delle Prealpi, laddove la presenza delle brezze notturne ostacola lo sviluppo di un'inversione termica al suolo. Per la stessa ragione si è osservato che le località più riparate dai venti catabatici notturni sono allo stesso tempo quelle dove più difficilmente si diffonde l'effetto favonico.

Durante il giorno la radiazione solare riscalda per irraggiamento l'aria a partire dagli strati più vicini al suolo, limitando la consistenza dell'inversione termica, tanto da favorire temporaneamente la caduta del Föhn al suolo. Nella media-bassa pia-





I tipi di tempo favorevoli alla neve in pianura

di Matteo Dei Cas

Premessa

La neve è senza alcun dubbio uno dei fenomeni atmosferici più suggestivi. Il fascino della "dama bianca" non è soltanto reso esplicito dalla bellezza di un paesaggio invernale, ma si cela nella rarità dell'evento, spesso atteso per lunghi mesi dell'anno dai bambini, dagli amanti della natura e soprattutto dagli appassionati di meteorologia. Per queste persone la vigilia di una nevicata è vissuta quasi come la vigilia di una festa, proprio perché la neve cade sulla pianura lombarda pochi giorni all'anno.

Una nevicata a bassa quota si verifica di rado, in quanto deve necessariamente sussistere una combinazione favorevole di variabili meteorologiche, tra cui in primo luogo il binomio temperatura-umidità.

Questi elementi giocano un ruolo chiave innanzitutto sulla qualità della neve: anche lo spettatore più distaccato dal paesaggio si sarà certamente reso conto che non tutte le nevicata sono uguali, mentre il meteorologo è ben consapevole che ogni evento nevoso rappresenta un caso a sé.

È possibile valutare l'aspetto della neve e intuire grossolanamente la tipologia del fenomeno atmosferico anche semplicemente uscendo dal cancello di casa, osservando la ringhiera del balcone o incamminandosi in strada.

A prescindere dai delicati meccanismi fisici che conducono allo sviluppo di un fiocco di neve - che esulano dallo scopo di questa trattazione - è importante considerare gli elementi che ne consentono la conservazione durante la caduta fino a quote basse:

la consistenza della neve non è soltanto modificata dal valore della temperatura al suolo, ma anche e soprattutto dalle condizioni termo-igrometriche esistenti nelle prime centinaia o migliaia di metri della colonna d'aria sovrastante.

Contrariamente a uno tra i più popolari luoghi comuni della meteorologia, noi affermiamo che "non fa mai troppo freddo per nevicare", a patto però che sopraggiunga una nuvolosità tanto intensa da dare origine a precipitazioni apprezzabili: se così non fosse, nelle località di montagna incassate tra le Alpi nevicerebbe molto raramente!

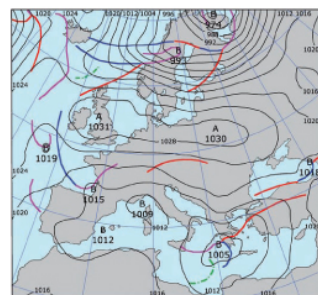
In effetti la neve più bella si presenta quando in tutta la colonna d'aria le temperature sono negative: in questi casi non è nemmeno un problema per il previsore potere affermare con certezza che, laddove ci saranno precipitazioni, queste si presenteranno ovunque sotto forma nevosa.

Quando la colonnina di mercurio scende a uno o a diversi gradi sotto lo zero, la neve ricopre ogni oggetto, anche i corpi più vicini alle fonti di calore. I primi fiocchi sparuti si posano subito sull'asfalto, anche nelle strade trafficate, dando luogo a uno strato polveroso "a sale e pepe"; il manto nevoso si accumula quindi anche vicino alle mura domestiche e sui davanzali delle finestre, mantenendo un aspetto simile alla farina o allo zucchero a velo. Finché la neve non si compatta per il suo stesso peso, l'accumulo cresce a vista d'occhio perché tra i fiocchi rimangono delle piccole intercapedini d'aria che ne rallentano la coesione.

Milano, 3 marzo 2005. (Foto di Bruno Grillini)



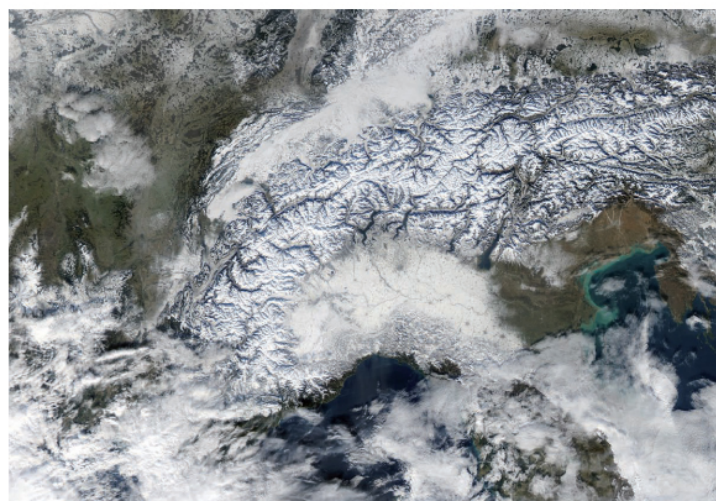
I tipi di tempo favorevoli alla neve in pianura



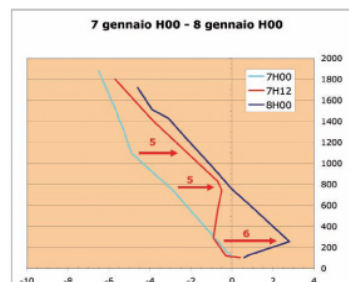
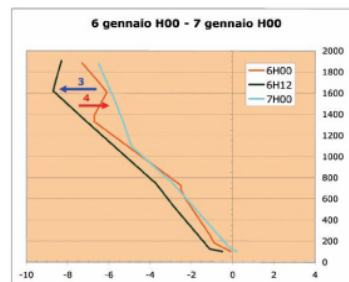
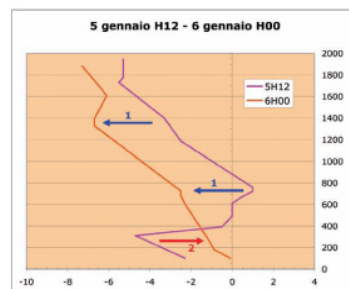
6 gennaio 2009 - Analisi al suolo ed isoterme a 850 hPa.

vogliamo precisare che l'evoluzione di una nevicata da cuscinetto rappresenta sempre una storia a sé, a sua volta influenzata dalla via di ingresso delle correnti miti. Non è affatto detto, infatti, che una nevicata "da addolcimento" debba essere necessariamente caratterizzata da un "minimo basso" (centro di bassa pressione al suolo legato alla ciclogenesi che si muove a latitudini leggermente più meridionali rispetto alla Lombardia) e neppure che una nevicata "al limite" sia sempre seguita da

un deciso ingresso dello scirocco, così come abbiamo proposto per semplicità nella seguente presentazione. Un terzo tipo di nevicata da cuscinetto, caratterizzata dall'afflusso in quota di correnti miti da sud-ovest, può paradossalmente dividere in due la regione con neve sull'alta pianura e rischio di gelicidio sulla "bassa": trattandosi però di un caso particolare e relativamente più raro, merita di essere approfondito separatamente al termine del paragrafo.



9 gennaio 2009 ore 11:00 UTC: innnevamento sulla Pianura Padana al termine di una tipica nevicata da cuscinetto. (Courtesy of MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC)



5-8 gennaio 2009 - Milano Linate. Radiosondaggi ri-elaborati da Bruno Grillini sulla base dei dati Wyoming University - USA.

Nevicata da addolcimento e "minimo basso"

Le nevicate più consistenti e qualitativamente più valide presuppongono lo sviluppo di un cuscinetto freddo molto robusto, ovvero provengono da una fase dell'inverno piuttosto fredda; in questo caso con l'arrivo della neve si assiste inevitabilmente a un cambio di circolazione che "raddolcisce" il clima, determinando la fine di un periodo di gelo più o meno prolungato.

L'arrivo di una nevicata da scorrimento provoca sempre una costante crescita delle temperature e un'inesorabile erosione del cuscinetto, tanto da condurre nella stragrande maggioranza dei casi a una svolta conclusiva verso la pioggia. L'intensità del substrato freddo presente nei bassi strati alla vigilia di una nevicata è davvero determinante: tanto più le temperature iniziali sono basse, altrettanto lungo potrebbe essere il cammino verso il disgelo, per cui la neve può "guadagnare tempo prezioso" regalandoci per diverse ore accumuli anche importanti, prima di cedere definitivamente il passo alla pioggia. La nostra storia climatica ricorda infatti le nevicate più lunghe e abbondanti come l'epilogo di un'ondata di gelo memorabile, per cui possiamo affermare che "per gli amanti della neve, in Lombardia, il freddo non è mai abbastanza".

Senza volere ricordare gli eventi più rari e spettacolari, analizziamo invece una nevicata da cuscinetto tipica del mese di gennaio, caratterizzata da una precipitazione inizialmente asciutta e dal suo graduale deterioramento fino alla trasformazione in pioggia.

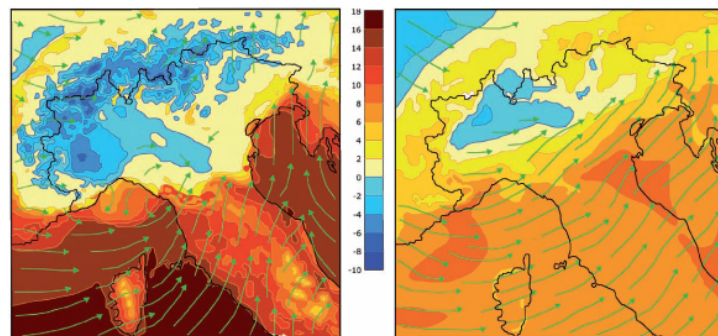
Analogamente alle più tipiche nevicate "da raddolcimento", anche quella dell'Epifania 2009 è stata preceduta da un ingresso di aria fredda continentale proveniente dai Balcani. La mappa sinottica del giorno 6 evidenzia infatti una circolazione retrograda al suolo, favorita dalla disposizione lungo i paralleli di una cellula di alta pressione estesa tra la Gran Bretagna e la Russia. Lo sviluppo di una depressione sul Mar Ligure ha ulteriormente incentivato il richiamo freddo orientale, creando i presupposti per un'azione contrastante con le masse d'aria più miti e umide di natura mediterranea. Finché il gradiente di pressione si è mantenuto modesto, il flusso d'aria umida si è limitato a scorrere sopra il cuscinetto freddo senza intaccarlo, mentre nuovi impulsi freschi hanno continuato ad affluire sulla Pianura Padana, mantenendo le condizioni ottimali per un manto nevoso asciutto. Al contrario nelle ventiquattro ore successive, con l'approfondimento della depressione si è anche intensificato un richiamo mite meridionale che ha deteriorato la colonna d'aria, consentendo alla pioggia di prendere gradualmente il sopravvento su buona parte della nostra regione.

Il riesame comparato del profilo termo-igrometrico della colonna d'aria può esserci d'aiuto per esemplificare i vari stadi di sviluppo che accomunano la maggior parte delle nevicate da "addolcimento".

Alla vigilia della nevicata (5 gennaio) si presentava un robusto cuscinetto dello spessore di soli 400 metri, sormontato da un'inversione termica con valori debolmente positivi fino a circa 900 metri di quota, dove si posizionava lo zero termico "effettivo". Tuttavia, grazie all'aria secca, la stessa inversione si è appiattita (passaggio 2) con l'arrivo delle prime precipitazioni, e il profilo termico dopo la mezzanotte (passaggio 3) si è spostato del tutto in un intervallo negativo. Durante l'intera giornata dell'Epifania la temperatura si è mantenuta sotto lo zero lungo tutta la colonna d'aria, anche se in serata ha iniziato ad affluire aria più miti (passaggio 4) alle quote superiori. Grazie alle basse temperature ben distribuite "sopra le nostre teste", la neve, assolutamente farinosa, è caduta senza problemi per diverse ore. Tra la notte e la mattinata del 7 gennaio la colonna d'aria si è riscaldata ulteriormente (passaggio 5), avvicinandosi gradualmente a 0 °C a 800 metri di quota. A questo punto però l'aria era del tutto satura di vapore e nelle prime centinaia di metri si era instaurata una sostanziale omotermia: il profilo termico si era ormai deteriorato e



I tipi di tempo favorevoli alla neve in pianura



23 dicembre 2009, ore 03 UTC: isoterme presunte e campi vento al suolo e al livello di 850 hPa, sulla base MOLOCH ISCA-CNR. (Elaborazione di Bruno Grillini)

modo altamente verosimile.

In inverno il cuscinetto freddo può rimanere a lungo intrappolato nel catino padano, essendo esso delimitato a nord e a ovest dalle Alpi e a sud dall'Appennino. Soltanto il lato orientale, che sfuma nel mare Adriatico, è vulnerabile all'azione dei venti di superficie più miti, in grado di scalfare in tempi brevi l'inversione termica rimuovendo l'aria fredda stagnante al suolo. I venti di libeccio e di ovest non riescono quindi a conquistare pienamente la Pianura Padana, a differenza dello scirocco, che "sfonda" da sud-est senza trovare ostacoli. L'aria fredda rimane quindi imprigionata su tutta la pianura centro-occidentale, compresa quasi tutta la Lombardia e anche l'asse della pianura emiliana fino a Bologna; le correnti provenienti dal quadrante sud-occidentale riescono tuttavia a sorvolare la barriera appenninica, essendo questa alta mediamente circa 1.300-1.500 metri.

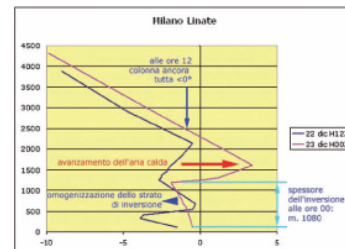
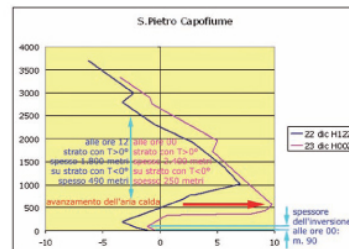
Pertanto mentre il cuscino freddo resiste tenacemente su quasi tutta la Pianura Padana (a eccezione delle zone più vicine al mare Adriatico, comunque più miti), alle quote superiori sovrappioggia aria molto più tiepida che deteriora rapidamente la

colonna d'aria, rendendo altamente improbabile una nevicata fino in pianura.

La stessa cosa non accade però sull'alto Piemonte, come in alta Lombardia lungo l'asse compreso tra Varese e Bergamo. Le Alpi occidentali, infatti, essendo alte approssimativamente il doppio dell'Appennino, ostacolano molto più efficacemente l'avanzata dei venti di libeccio, rallentando il riscaldamento alle quote intermedie.

La differente altitudine dell'orografia alpina e appenninica spiega quindi perché l'avvezione calda in quota risulti in questi casi più consistente sulla bassa pianura, rispetto alla fascia pedemontana prealpina, dove tra l'altro si aggiunge l'azione di sbarramento orografico che esalta la nevosità.

Quanto ipotizzato dai LAM trova pieno riscontro nello studio comparato del profilo termico nella finestra compresa tra il pomeriggio del 22 e la notte del 23 dicembre, proprio nel pieno dell'avvezione mite. La bassa pianura sud-orientale è ben rappresentata dal radiosondaggio di Bologna, dove si nota subito una condizione iniziale caratterizzata da una fortissima inversione termica.



22-23 dicembre 2009 – Bologna Capofiume e Milano Linate: radiosondaggi rielaborati da Bruno Grillini sulla base dei dati Wyoming University – USA

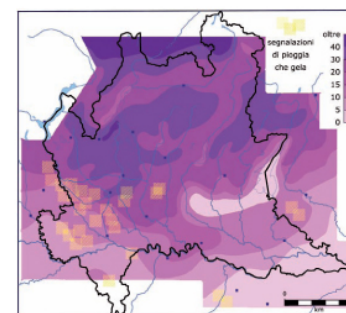


76

Centro Meteorologico Lombardo

della Lombardia meridionale, l'afflusso umido sud-occidentale – relativamente più raro nel corso dell'inverno – rappresenta invece il tipo di tempo più favorevole alle nevicate sulle Alpi, e in generale sui settori settentrionali della regione. In questi casi, a differenza di quanto avviene talvolta con lo scirocco, non si assiste ad alcun giro di correnti (flow around) che possa attenuare i fenomeni sulla fascia pedemontana, per cui in queste zone le precipitazioni possono mantenere un'intensità moderata, tale da sfruttare per alcune ore anche le condizioni termiche "al limite" per le nevicate a bassa quota. Laddove le precipitazioni risultano abbondanti e persistenti, una situazione di omotermia nella colonna d'aria può stabilizzarsi e mascherare nelle fasi iniziali l'ingresso di aria più mite in quota, perché la neve nel fondersi durante la caduta sottrae calore latente di fusione, tanto da conservare il profilo termico vicino a zero gradi.

Tutto questo è accaduto ad esempio nei giorni 21-23 Dicembre 2009, quando il transito ravvicinato di due intense perturbazioni da sud-ovest ha distribuito fino a oltre 40 cm a nord di Milano, a ridosso dell'asse pedemontano Varese-Como-Lecco-Bergamo e sui versanti retici della Valtellina, esposti a sud. Il Pavese e il basso Piemonte hanno ricevuto minori quantità di neve (10-20 cm) rispetto all'alta pianura, a dispetto di quanto vuole la tradizione climatologica padana. Questo non solo per la minore piovosità dell'Oltrepò sotto le correnti da sud-ovest, ma anche – come vedremo di seguito – per una particolare esposizione del sistema alpino-appennino al richiamo mite. La media-bassa pianura ha infatti registrato un numero relativamente alto di casi di pioggia congelante, rispetto alla fascia pedemontana che non è stata coinvolta da questa pericolosa idrometeora e ha mantenuto più a lungo una condizione pres-



21-23 dicembre 2009: distribuzione degli accumuli di neve in Lombardia e segnalazioni di gelicidio. (Dati rete stazioni CML)

soché nevosa, fino al definitivo passaggio a temperature positive e al sopravvento completo della pioggia.

I modelli di previsione ad area limitata (LAM) più sofisticati, pur fornendo sempre e soltanto un'approssimazione dell'orografia alpino-appenninica, riescono tuttavia a spiegare l'evoluzione di una "nevicata da scorrimento con afflusso da sud-ovest" in



21 dicembre 2009, ore 17: Bresso, alla periferia nord di Milano. La nevicata, iniziata con temperatura di alcuni gradi sotto lo zero, mette subito in difficoltà la circolazione stradale sulla via Comasina (Foto di Bruno Grillini)

Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

75





La barca salutava Gaggiano.
Un vento improvviso ci tolse ai caldi
ragionari e spense la parola sul
labbro a Scortera.
Il cielo s'era già fatto turgido,
minaccioso. Un denso corteggio di
nubi si avanzava
precipitosamente, solcato a quando
a quando da corruschi lampi che ne
illuminavano cupamente l'immensa
distesa.
Uno scoppio di fulgore, poi un altro
ancora più reboante. Poi silenzio.
Sembrava che tutto si avvolgesse
in quelle ondate di inchiostro. Ma fu
illusione.
Il vento inferiva più che mai ed
assurgeva rabbiosamente a spire
coinvolgendo palate d'acqua, che
lasciava ricadere un secondo dopo
nel loro letto.
Stretti, come quando si teme una
grande sventura, udivamo il
fragoroso mormorio del fogliame
sbattuto ed attraversato da acui
sibili, mentre qua e là ci terrificava
lo schianto di alcuni alberi, le cui
cime agitate dai soffi impetuosi,
dicevano la lotta che sostenevano
prima di darsi vinti.
(...) Un urlo forsennato, come se
tutti gli elementi si scatenassero ad
un tempo, strappò disperate grida
di spavento ai campagnoli e alle
campagnole i quali gustavano la
putrefazione volatilizzata che
aleggiava nella cara casettina. Indi
alcuni goccioloni alternati da
catinelle, poi un acquazzone
fluviale.
Mezz'ora dopo l'uragano era
terminato, e il navicelliere di prua
era riseduto sull'asta del timone.
(Paolo Valera, *Gli scamicciati*,
seguito alla Milano sconosciuta,
Milano, G. Ambrosoli & C, 1881)

I temporali

di Davide Sironi e Andrea Colombo

Il temporale è uno dei fenomeni atmosferici più affascinanti: oltre a catturare l'attenzione e l'ammirazione dei meteoappassionati, trasmette emozioni che sono state rappresentate da molti artisti nelle loro opere.

In realtà sarebbe più corretto descrivere il temporale come un insieme di fenomeni atmosferici che si manifestano talvolta con estrema rapidità e violenza. Il temporale è legato a una nube caratteristica - il cumulonembo - a cui sono associati rovesci di pioggia, di grandine o di neve e scariche elettriche (fulmini); spesso possono verificarsi anche forti colpi di vento dovuti alla discesa dell'aria fredda e delle precipitazioni dal cumulonembo, e in casi eccezionali, come vedremo, anche trombe d'aria (tornado) quando i cumulonembi si avviano su se stessi assumendo le caratteristiche di mesocicloni.

La meteorologia si fonda sui principi della fisica e della termodinamica, che sono utilizzati per spiegare i comportamenti dell'atmosfera e per prevederli, ma altrettanto importante è un'attenta osservazione sul campo per comprendere la formazione e la dinamica di alcuni fenomeni che poi verranno spiegati dal punto di vista scientifico. In particolare, la classificazione dei temporali è essenzialmente basata sulla loro organizzazione e sulle caratteristiche osservabili sul campo, con il radar o con il satellite, alle quali si accosta una spiegazione fisica.

In Lombardia la complessità del territorio influisce molto sui processi che portano alla formazione dei temporali, quindi, poiché non esistono ancora modelli meteorologici in grado di interpretare pienamente l'orografia e i processi che avvengono all'interno delle nubi temporalesche e i loro fattori di controllo, l'osservazione dei fenomeni assume un ruolo di ancor più ampio rilievo per poterli comprendere e spiegare dal punto di vista scientifico. Partendo proprio dall'esperienza acquisita con le osservazioni sul campo, al satellite e sul radar, e tramite i dati provenienti dalla nostra rete di stazioni meteorologiche, in questo capitolo si spiegheranno brevemente le principali condizioni ed evoluzioni me-

teorologiche in cui si possono formare i temporali, cercando di illustrare per ogni configurazione sinottica o subsinottica la tipologia e la dinamica dei fenomeni e le zone interessate.

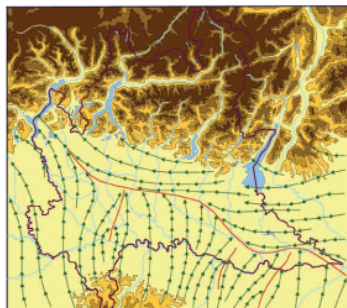
Innanzitutto consideriamo quali sono le aree più soggette ai temporali: la massima frequenza si ha sulle zone prealpine specie del settore centro-occidentale (Prealpi varesine, lariane, valli bergamasche), mentre la bassa pianura e l'alta Valtellina sono le zone meno interessate. È però molto importante sottolineare che la frequenza del fenomeno non dà indicazioni sulla intensità dello stesso, che ovunque sulla nostra regione può presentarsi occasionalmente con manifestazioni molto violente. In particolare le zone pianeggianti possono essere colpite da violenti temporali perché sulla pianura, nel periodo estivo, staziona una massa d'aria caldo-umida che costituisce un grande serbatoio di energia pronta a tramutarsi anche improvvisamente in nubi temporalesche.

La stagione temporalesca, ovvero il periodo in cui i temporali si manifestano normalmente sulla nostra regione, va da aprile a ottobre, mentre da novembre a marzo i fenomeni sono molto rari, soprattutto in dicembre, gennaio e febbraio. La massima frequenza viene raggiunta di gran lunga nel trimestre estivo (giugno, luglio, agosto), quando una cospicua parte delle precipitazioni totali è dovuta ai fenomeni temporaleschi. I temporali possono verificarsi in qualsiasi ora del giorno, tuttavia si osservano un picco nelle ore pomeridiane e un minimo nelle prime ore del mattino. Il soleggiamento e il forte riscaldamento diurno spesso sono determinanti per predisporre l'atmosfera a divenire instabile: per questo motivo è di gran lunga più probabile la formazione di temporali tra il pomeriggio e le prime ore della sera, mentre il raffreddamento notturno tende a stabilizzare l'atmosfera. Questo ragionamento non vale in presenza di una perturbazione; in questo caso lo sviluppo dei temporali avviene sempre più o meno in corrispondenza del passaggio frontale, indipendentemente dall'ora del giorno, e i fenomeni sono in genere ben previsti nei bollettini meteorologici.



A sinistra, 11 luglio 2008: un fulmine cade sulla superficie del lago, alle spalle della penisola di Dervio (Lecco). (Foto di Luca Colzani)
Sopra, la *Tempesta* di Giorgione, olio su tela (cm 82x73) dipinto tra il 1505 e il 1508, conservato nelle Gallerie dell'Accademia a Venezia.

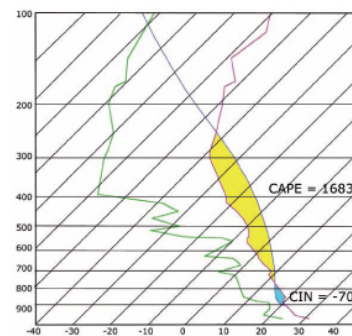




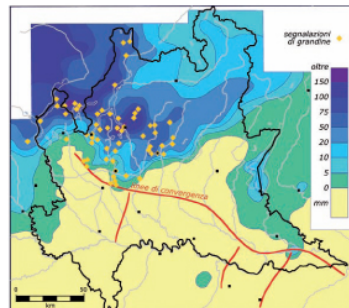
17 luglio 2009: flussi di corrente al suolo e linee di convergenza.

sibilità di ascesa delle termiche rendendo fattibile una prima convezione proprio a ridosso dei monti. I temporali, infatti, si generano sul Canton Ticino (area sulla quale, inizialmente, è presente una massa d'aria più instabile rispetto alle aree prealpine bergamasche e bresciane) per poi muoversi verso est, "fiancheggiando" quasi tutta la catena prealpina lombarda ma senza mai riuscire a estendersi sulle aree pianeggianti, dove l'atmosfera risulta ancora troppo stabile per una convezione temporalesca. Durante la stessa giornata è stato possibile osservare la formazione di temporali pre-frontali anche sulle aree pianeggianti della Lombardia. Per la genesi di tali fenomeni lontano dai monti sono quasi indispensabili due fattori: il soleggiamento e un innescio nei bassi strati della colonna troposferica.

Il primo, permettendo un incremento della temperatura vicino al suolo, favorisce un aumento della turbolenza nei primi 500-1.000 metri della colonna, essenziale per un'instabilizzazione tale da generare convezione. Il secondo può essere assimilato alla classica "goccia che fa traboccare il vaso": l'atmosfera risulta tal-



17 luglio 2009: radiosondaggio di Milano Linate alle ore 12.



17 luglio 2009: distribuzione delle piogge e segnalazioni della caduta di grandine (Dati rete stazioni CML).

mente instabile e carica, che la convezione, una volta partita grazie all'innescio, riesce a mantenersi attiva autonomamente grazie alle favorevoli condizioni termodinamiche che l'atmosfera già mostrava in partenza.

Sulla Lombardia nel pomeriggio del 17 luglio 2009 si sono verificati entrambi i fattori. I cieli poco nuvolosi hanno innalzato le temperature fino a 30-31 °C, e l'innescio della convezione è stata una linea secca in entrata da sud-ovest. Le correnti sud-occidentali richiamate dal fronte freddo in avvicinamento hanno scavalcato l'Appennino per poi ridiscendere verso la Pianura Padana. Nella dinamica di discesa si sono seccate, e il risultato è stata la genesi di una massa d'aria secca che, scalzando gradualmente quella molto umida presente in loco, ha permesso una rapida e robusta convezione temporalesca proprio sulla linea di demarcazione tra le due diverse masse d'aria. Nella mappa delle precipitazioni si nota chiaramente come le celle temporalesche in sviluppo sull'area milanese e lodigiana coincidano perfettamente con il limite della linea secca in entrata da sud-ovest. Contemporaneamente, sul mantovano si verifica lo stesso fenomeno: si nota come l'avanzare della dry-line generi dei "canali" dove ristagna aria più umida; proprio sulla verticale di questi canali parte decisa la convezione (le celle in sviluppo sul mantovano si intensificheranno poi sul veronese e sul padovano).

Entrando brevemente nei particolari di questo innescio, notiamo come l'entrata dei venti sud-occidentali avvenga in modo disomogeneo, soprattutto come intensità. Le differenti altezze dei monti appenninici, infatti, fanno sì che in alcune aree della Lombardia i venti arrivino prima e con più decisione, mentre in altre zone giungano con minore intensità. Questa discrepanza è un ulteriore innescio a microscala che si inserisce nell'innescio "madre" rappresentato dalla dry-line completa che colpisce Piemonte, Lombardia e Veneto. Le celle temporalesche vanno infatti a generarsi sulle aree in cui la sostituzione della massa d'aria umida avviene più tardi (si parla di poche decine di minuti), proprio per il motivo sopracitato. Inoltre, la diversa velocità di entrata delle correnti secche sulla pianura lombarda dà vita a un ulteriore convergenza nei bassi strati. Per intenderci, la convergenza principale è quella tra i venti da est sud-est e quelli da sud-ovest, ma a questa se ne aggiunge una seconda che si sviluppa proprio a cavallo di quei "canali" di aria umida descritti in precedenza.

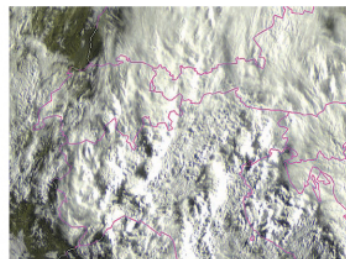
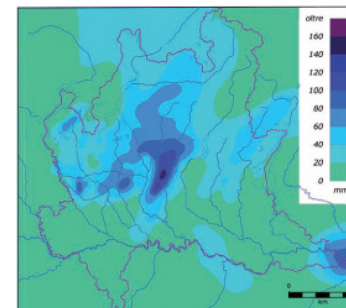
In presenza di temporali pre-frontali, gli innesci alla convezione sul territorio lombardo sono nel 99% dei casi linee secche come

quella appena vista, oppure fattori orografici come nel caso dei temporali del primo mattino. Difficilmente si riescono a generare temporali in assenza di uno di questi due fattori, per il semplice motivo che in Pianura Padana in condizioni estive pre-frontali è presente in atmosfera una certa resistenza alla convezione (identificata con un CIN negativo molto distante dallo zero). Ciò avviene in quanto alle medie quote tende a scorrere aria più calda e talvolta anche più secca, che va a creare inversioni che bloccano l'ascesa della particella d'aria. Nonostante ciò l'atmosfera risulta molto carica e instabile a causa dell'elevato potenziale distribuito su tutta la colonna. Si ritorna, quindi, al discorso dell'innescio: qualora subentrino un fattore che riesca a spingere le masse d'aria fino al loro livello di libera convezione, l'atmosfera trova la "valvola di sfogo" dove rilasciare l'energia immagazzinata, sotto forma di nubi temporalesche.

La dinamica fin qui descritta contribuisce da sola a spiegare la violenza e la contemporanea imprevedibilità dei temporali di tipo pre-frontale: la partenza della convezione non è mai sicura (dipende dall'entità degli innesci), ma qualora avvenga ha tutte le carte in regola per mostrarsi quasi sempre rapida e corposa, sviluppando quindi temporali particolarmente forti.

I temporali pre-frontali in genere si presentano con una base estremamente bassa a causa degli elevati tassi di umidità nei pressi del suolo, e nel contempo risulta alto il rischio di grandine. Non che la grandine non sia presente in altre tipologie di temporali, sia chiaro, ma nel caso dei temporali pre-frontali tale fenomeno è più frequente e nello stesso tempo importante, con diametri che facilmente raggiungono i 4-6 cm. Il motivo di ciò risiede sempre nella dinamica di convezione analizzata poco fa: in un'atmosfera particolarmente carica come quella del 17 luglio 2009, l'assenza di un innescio a mesoscala (come un fronte freddo) permette all'atmosfera di "sfogarsi" in pochi punti; la convezione tende quindi a svilupparsi in modo isolato, e le dirette conseguenze sono l'intensificazione decisa delle correnti ascensionali all'interno dei temporali e il contemporaneo aumento del rischio di grandine. Le celle temporalesche sviluppatesi tra il milanese orientale, il lecchese e il bergamasco hanno generato chicchi fino a 7 cm di diametro!

Su quest'ultimo punto è interessante notare la presenza di un fattore determinante nella genesi di chicchi di grandine di grandi dimensioni: l'elevato CAPE presente tra le isoterme di -10 °C e -30 °C, nella cosiddetta "Hail CAPE Region", area nella quale si trova una maggior quantità di acqua sovrassatura, indispensabile per la genesi dei chicchi di grandine. Il radiosondaggio nella pagina precedente evidenzia come in quest'area si concentrino metà dell'energia totale presente nella colonna atmosferica (una quan-

18 maggio 2008. Immagine satellitare alle 7:45 (Fonte Eumetsat dal sito www.sat24.com): celle temporalesche immerse nelle nubi basse.

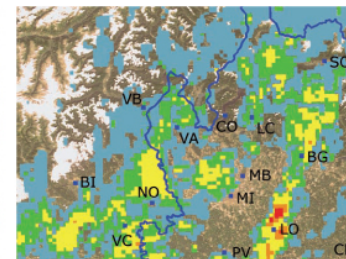
18 maggio 2008. Distribuzione delle piogge nelle 24 ore. (Dati rete stazioni CML)

tà molto elevata). Si tratta di un fenomeno abbastanza tipico in condizioni di temporali pre-frontali, che pone ulteriori basi al verificarsi di grandinate di grandi dimensioni. Infatti la presenza di un'elevata energia nell'Hail CAPE Region rende le correnti ascensionali particolarmente forti proprio nell'area in cui si concentra il fenomeno di genesi della grandine; questo fatto si traduce in una più prolungata residenza dei chicchi all'interno della nube, con conseguente accrescimento fino a dimensioni considerevoli.

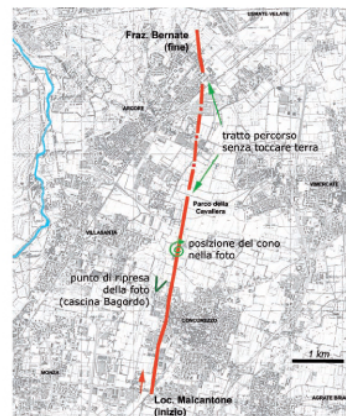
I temporali immersi nelle nubi basse

Oltre alle classiche celle temporalesche estive, quasi sempre ben visibili e individuabili a discrete distanze, sul territorio lombardo si verificano temporali con caratteristiche differenti: la diversità, sostanzialmente, sta nel modo in cui si presentano agli occhi dell'osservatore. Stiamo parlando dei temporali immersi nelle nubi basse, tipiche di un fronte caldo primaverile o autunnale: in estate, a causa del maggior soleggiamento, è più difficile trovare fronti caldi caratterizzati da estese bande di nubi medio-basse, e di conseguenza anche la tipologia di temporale che stiamo descrivendo.

Sul territorio lombardo la direzione di provenienza di questi tem-



18 maggio 2008. Intensità delle precipitazioni in atto alle ore 08.



Il tornado di Concorezzo (7 luglio 2001).

A sinistra, l'immagine scattata da Massimiliano Brambilla, ripresa dalla Cascina Bagordo in direzione nord pochi minuti dopo il passaggio del vortice.

Sopra a destra, i danni riportati dalle coltivazioni e dalle casine di Concorezzo. (Foto di Massimiliano Brambilla)

Sopra a sinistra, la ricostruzione del percorso compiuto dal tornado, in base ai resoconti riportati da tutte le fonti disponibili.



Sulla media e alta pianura, quindi, la presenza simultanea di questi due fattori determina una maggiore probabilità di sviluppo di cellule temporalesche con updrafts rotanti (supercelle), e di conseguenza si ha una maggior probabilità che su tali aree si generino dei tornado.

Un caso eclatante e famoso risale al 7 luglio 2001, giornata nella quale si verificò uno dei più potenti tornado della storia lombarda. Il vortice colpì alcuni paesi della Brianza monzese, in particolare Concorezzo, Arcore e Usmate-Velate. Quel giorno si verificarono tutti i fattori fin qui menzionati, sia a mesoscala sia a scala locale, in particolare la convergenza di venti orientali e meridionali, con annessa dry-line in movimento da sud-ovest a nord-est sul territorio lombardo. La supercella che generò il tornado si formò sul novarese per poi muoversi rapidamente verso il milanese, dove intorno alle 12:30 diede vita a un tornado di categoria F3, che fu capace di sollevare e "lanciare" a decine di metri di distanza automobili e mezzi pesanti, oltre che arrecare moltissimi altri danni a case e capannoni. Fortunatamente il cono seguì un percorso lungo il quale ci sono molti campi e poche abitazioni, altrimenti il bilancio dei danni a cose e persone sarebbe risultato devastante, considerato anche il fatto che il vortice rimase attivo per ben 7 km. Altri casi di tornado famosi risalgono al 3 luglio 1995 (Clivdino, Bergamo: categoria F3) e 9 luglio 2007 (Gulizzolo, Mantova: categoria F2).

Il tornado più potente in assoluto resta, comunque, quello del 16 giugno 1957 in Oltrepò: ad oggi tale vortice viene classificato come F4/F5.

Meritano un accenno anche i tornado chiamati "landspout". Si tratta di tornado a tutti gli effetti, ma si generano anche in assenza di supercelle. Mentre i tornado classici nascono da veri e propri mesocicloni presenti all'interno delle strutture temporalesche associate, i landspout si originano essenzialmente per fenomeni di forte convergenza nei bassi strati, poco supportata tuttavia da altrettanti fattori favorevoli alle medie-alte

quote. Non a caso i landspout si generano nella maggior parte dei casi alla base di temporali a struttura multicellulare e non supercellulare.

I landspout sono generalmente di debole intensità e non raggiungono praticamente mai la categoria F1, e inoltre sono decisamente più statici e meno duraturi dei "collegli" mesociclonici. In ogni stagione primaverile-estiva la probabilità di osservare tornado di tipo landspout è sicuramente più elevata rispetto a quella che si verifichino tornado mesociclonici, più rari ma allo stesso tempo più potenti e quasi sempre di categoria F2 o superiore.

La grandinata di Casorezzo

(a cura di Andrea Bosoni)

Quando si parla di grandine si considera sempre questo fenomeno atmosferico come eccezionale, probabilmente perché fra tutti gli eventi atmosferici è quello che durante l'anno si presenta con minore frequenza.

L'evento di cui parliamo in questo capitolo assume davvero connotati di eccezionalità, con tempi di ritorno probabilmente secolari, anche se in meteorologia, quando si fanno calcoli sulla frequenza di un particolare evento, non bisogna mai dare nulla per scontato.

Parliamo della grandinata di Casorezzo (Milano) avvenuta il 18 agosto 1986, un evento creatosi da una situazione tutt'altro che pericolosa, fatto che avvalorava ulteriormente la tesi secondo la quale in meteorologia nulla è certo.

Le testimonianze raccolte dalle poche persone rimaste a casa dalle ferie estive di quell'anno parlano di giornate tranquille, quelle che precedettero l'evento: caldo nella norma con valori di 27-29 °C, clima leggermente afoso, come sempre avviene nel mese di agosto in Pianura Padana. Nulla quindi che lasciasse presagire un temporale rovinoso, come quelli che solitamente si verificano quando, dopo un lungo periodo caldo e particolar-



In aprile, quando il giardino era già quasi tutto fiorito, venne una nevicata improvvisa che imbiancò i monti fino alle rive del lago. Una nevicata simile, d'aprile, non capitava da quarant'anni. In tutti i parchi, alberi secolari vennero schiantati dal peso della neve.
(Piero Chiara, *La stanza del Vescovo*, Milano, Mondadori, 1971. L'episodio si riferisce all'aprile 1947)



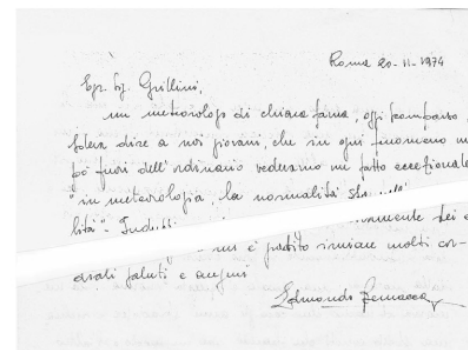
Gli eventi eccezionali

In una lettera autografa del colonnello Bernacca, scritta (in tempi in cui si usava carta e penna) in risposta al quesito di un ragazzo (che oggi scrive a sua volta queste righe), si legge:

"un meteorologo di chiara fama, oggi scomparso, soleva dire a noi giovani, che in ogni fenomeno un po' fuori dell'ordinario vediamo un fatto eccezionale, 'in meteorologia la normalità sta nell'anormalità'. Indubbiamente vi sono eventi che si scostano dalla norma; ma quale è questa 'norma'? la memoria d'uomo che con gli anni sbiadisce e richiama spesso eventi che hanno in un modo o l'altro disturbato la sua vita, la sua attività? Le statistiche certo quando sono desunte da periodi lunghi. Ma credo sia anche opportuno inquadrare l'evento che ha colpito la nostra curiosità nel periodo climatico più corto e che caratterizza un certo periodo di anni..."

In questo capitolo ci accostiamo dunque con il dovuto distacco a degli eventi che costituiscono in qualche modo gli "estremi" del clima più recente nella nostra regione: possiamo considerarli i limiti all'interno dei quali oscilla attualmente l'andamento del tempo, fintanto che le grandi fluttuazioni climatiche non sposteranno più in alto o più in basso la scala di riferimento.

Prenderemo in esame sostanzialmente l'ultimo secolo, dato che osservazioni e cronache di secoli passati hanno minore possibilità di essere documentate e confrontate con i dati di oggi. E naturalmente non potremo qui valerci della rete CML, ma attingeremo ai dati ufficiali reperibili nei diversi archivi esistenti, o agli appunti raccolti a suo tempo dai più "anziani" di noi.



Milano, 16 gennaio 1985: via Melchiorre Gioia. (Foto di Bruno Grillini)

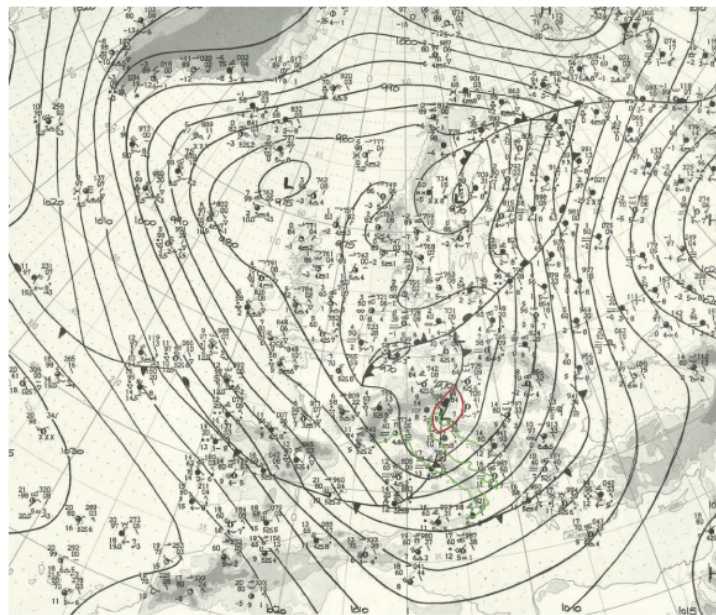
(Questa immagine è stata adoperata anche per la copertina di Nimbus n.35/36, nella ricorrenza dei vent'anni dalla "nevicata del secolo")



Gli eventi eccezionali

Alta pressione e bassa pressione

I valori eccezionali di pressione atmosferica registrati sulla nostra regione hanno poco rilievo mediatico, poiché non sono accompagnati da fenomeni tangibilmente percepibili dal pubblico. Solo chi registra quotidianamente i dati può rendersi conto di essere in prossimità di un record di pressione. Considerata l'estensione del territorio regionale non abbiamo un dato preciso a cui riferirci, poiché si possono rilevare valori di pressione di qualche decimo diversi in una località rispetto a un'altra; così, sia per il record di alta pressione che per quello di bassa pressione, indicheremo due date diverse. La pressione più bassa sulla Valpadana si è registrata probabilmente il 26 febbraio 1989; la stazione di Milano Linate registrava alle ore 6 un valore di 959 hPa, corrispondenti, al livello del mare, a 971,2 hPa. In questa occasione la quota della superficie di 850 hPa si trovava ad appena 1.081 metri, livello che costituisce anch'esso un record. Alcuni osservatori meteorologici dell'Italia settentrionale riportano invece come record negativo di pressione il giorno 2 dicembre 1976: ad esempio Torino segnala 971,7 hPa contro i 972,1 dell'altra data; tuttavia oscillazioni di tre o quattro decimi possono essere occasionali e variare da luogo a luogo.



Carta sinottica di superficie alle ore 12 UTC del 2 dicembre 1976 (edita dal Deutschen Wetterdienst, Offenbach am Main). In rosso è evidenziata l'isobara chiusa di 970 millibar (non ancora convertiti in hPa) che ha appena attraversato l'Italia settentrionale.

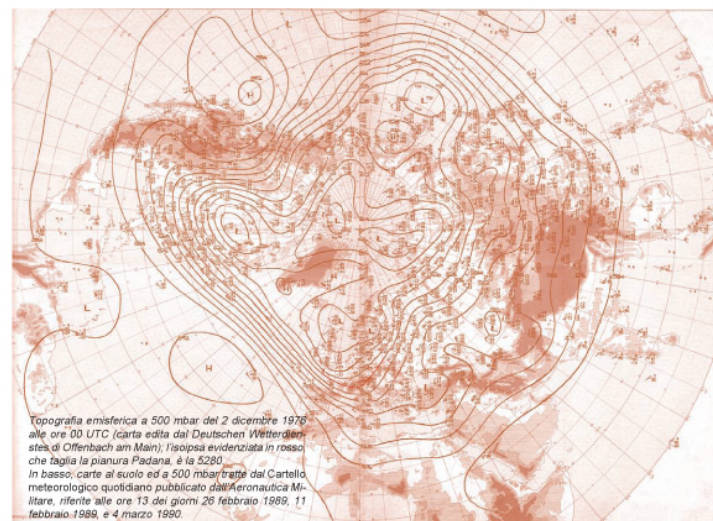
In entrambi i casi l'asse della saccatura (come si può osservare nelle rispettive carte sinottiche) transitava sulla Lombardia nelle prime ore del mattino: infatti, sia nel primo che nel secondo episodio, alle ore 12 il minimo si trova sul Friuli. L'osservazione di Milano Linate alle ore 12 del 2 dicembre 1976 riporta 961 hPa, quindi circa 2 hPa in più rispetto al 26 febbraio 1989; ma la pressione era, a quel momento, già in ripresa.

Bisogna segnalare che in entrambi i casi (con sinottica molto simile, governata da una vastissima depressione centrata sulle isole britanniche) i fenomeni in Valpadana non furono particolarmente importanti.

È utile osservare che l'evento è inquadrato in una fase di eccezionale potenza del vortice polare, come si evince dalla carta emisferica a quota di 500 hPa del 2 dicembre 1976.

Diciamo infine che gli osservatori meteorologici dotati delle serie storiche più lunghe non segnalano, almeno risalendo fino al 1800, valori di pressione più bassi di questi.

La ricerca del record di alta pressione conduce invece a una sorpresa: entra di nuovo in questa classifica il mese di febbraio 1989, che assume così le caratteristiche di eccezionalità per contenere contemporaneamente la pressione più alta e



Topografia emisferica a 500 mbar del 2 dicembre 1976 alle ore 00 UTC (carta edita dal Deutschen Wetterdienst, Offenbach am Main); l'isobara evidenziata in rosso che taglia la pianura Padana, è la 5280. In basso: carte al suolo ed a 500 mbar tratte dal Cartello meteorologico quotidiano pubblicato dall'Aeronautica Militare, riferite alle ore 13 dei giorni 26 febbraio 1989, 11 febbraio 1989, e 4 marzo 1990.

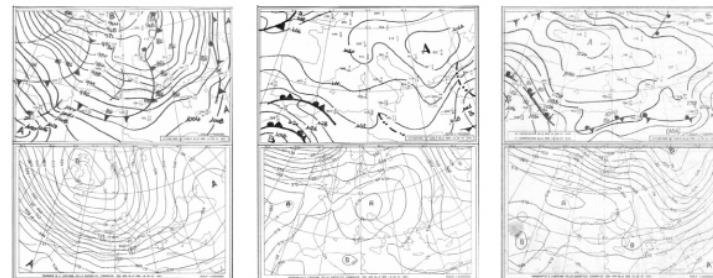
quella più bassa di sempre. L'11 febbraio, infatti, in Lombardia la pressione superava i 1040 hPa, e probabilmente toccava i 1042, nell'ambito di una situazione anticiclonica a tutte le quote, persistente da molti giorni e che sarà definitivamente smantellata solo intorno al 24 del mese con l'approfondirsi della depressione che condurrà al record opposto.

L'altra data, in cui abbiamo un massimo di circa 1042 hPa sulla Lombardia, è il 4 marzo 1990. In questo caso si trattò di un repentino aumento di pressione dopo il passaggio di una catena di perturbazioni atlantiche con direttrice da nord-ovest. Mentre nel primo caso l'anticiclone era accompagnato da ne-

bie estese, qui le condizioni furono caratterizzate da aria post-favonica, secca e limpida.

Corre l'obbligo di segnalare, infine, anche la data del 17 febbraio 2008, quando pure la pressione superò i 1040 hPa; avendo i massimi sull'Europa dell'est, è possibile che in una parte della nostra regione i valori record si siano registrati in questa data (tale è il record per Trieste, con 1045,6 hPa).

Il concentrarsi di record di alta pressione negli ultimi vent'anni è coerente con l'osservazione del regime climatico più recente, caratterizzato da una maggiore invadenza degli anticlioni sul bacino del Mediterraneo.

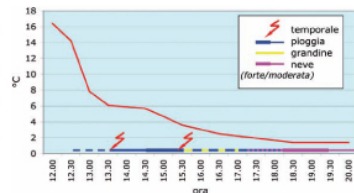


Gli eventi eccezionali

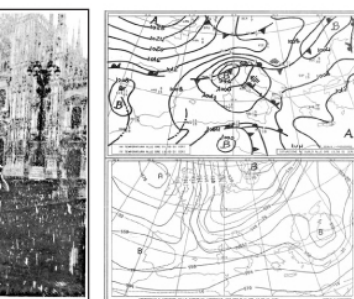
La prima neve e l'ultima neve

Naturalmente, data l'altitudine dei rilievi alpini presenti in Lombardia, la neve può cadere sul nostro territorio in qualunque momento dell'anno. Se ci riferiamo però alla neve in pianura (o comunque a quote inferiori ai 400 metri) il periodo in cui questa può essere osservata va dalla fine di ottobre alla metà di aprile. Assumendo come riferimento le osservazioni fatte a Milano dall'osservatorio di Brera e raccolte nel volume *Milano sotto la neve* (vedi nota bibliografica in appendice), la nevicata più precoce in assoluto risulta essere quella del 23 ottobre 1890, senza accumulo. Per quanto riguarda invece le sole nevicite con accumulo misurabile al suolo, dobbiamo riferirci all'episodio del 31 ottobre - 1° novembre 1920, che ammonta a oltre 14 cm.

In epoca più recente la nevicata più precoce - che non diede accumulo misurabile in Milano città ma fu estesa comunque a buona parte della Valpadana - risale al 3-4 novembre 1980. Nell'ultima decade del mese di novembre le nevicite non sono rare, anche in



Andamento orario delle temperature a Milano Brera nel pomeriggio del 17 aprile 1991, e fenomeni osservati. Sotto, un estratto dal quotidiano la Repubblica del 18 aprile 1991, e il Cartello meteorologico relativo alla stessa data.



epoca recente; si può osservare anzi, con puro intento statistico, che quando si presentano episodi novembrini questi non risultano quasi mai isolati, ma tendono a replicarsi nelle settimane successive: così avvenne nel 2005 e anche nel 2008 (annate che rientrano nel monitoraggio della rete CML e che ricorrono quindi anche in altri capitoli di questo Atlante).

Anche le nevicite tardive nel mese di aprile non sono rarissime; queste sono favorite dalla maggiore instabilità dell'atmosfera, che tende a rovesciare l'aria fredda dalle quote superiori, anche con episodi temporaleschi, consentendo così nevicite talvolta localizzate su aree ristrette.

Riprendendo la serie di Brera, la data più avanzata che risulta dai registri è il 29 aprile 1907, con accumulo non misurabile. L'episodio più significativo è però quello del 17 aprile 1991, che pur non riportando ufficialmente accumulo a Milano, imbiancò in realtà tetti e auto anche in città, e fu osservata comunque in buona parte della Pianura Padana. Esempio - oltre che sorprendente - fu la genesi dell'avvenimento.

Un'attesa irruzione di aria fredda dai quadranti settentrionali avrebbe trovato - secondo i previsori - il consueto sbarramento delle Alpi, che avrebbe protetto il Nord Italia regalando forse una giornata un po' meno mite ma serena, dopo che il giorno 16 le temperature in regione erano state notevolmente elevate. La stessa mattina del 17 il cielo è pressoché sereno e a Milano città la temperatura sale fino a 16,4 gradi alle ore 12 (a Linate si registra una massima di 14,6).

L'irruzione si presenta improvvisa con una rapida copertura nuvolosa seguita da pioggia intermittente che, già alle 13, porta la tem-

peratura a 7,8 gradi (dati di Milano Brera). Le precipitazioni sono di natura convettiva, tanto che alle 13:30 si verifica qualche lampo e qualche tuono mentre la temperatura si attesta su 6,1 gradi. La caduta di una decina di gradi in occasione di un temporale è cosa normale; tuttavia, dopo due ore di pioggia moderata la precipitazione si intensifica, accompagnata da raffiche di vento fino a 70 km/h (Linate segnala 75,9 km/h), e alle 15:30 con nuovi colpi di tuono e la comparsa di chicchi di grandine, la temperatura si porta a 3,6 gradi. A partire dalle 17, con poco più di 2 gradi, la pioggia, che continua senza interruzioni, è accompagnata da fiocchi pesanti; alle 18:15 sulla città avviene la trasformazione in neve, che tra le 18:30 e le 19:30 è fitta e a larghe falde, con una temperatura scesa a 1,4 gradi (a Linate si arriva a -0,2). Dalle 19 alle 21 la neve fa presa sulle superfici più favorevoli, poi cede nuovamente alla pioggia. Tuttavia l'indomani mattina, tra le 6:30 e le 8, a tratti la neve si sostituisce ancora alla pioggia fino a cedere definitivamente. Sorprendente dunque la sostituzione di massa d'aria così repentina e accompagnata dalla precipitazione nevosa, che si è manifestata con caratteristiche simili anche sul Piemonte, e in particolare a Torino. Si tratta comunque di un tipo di evento piuttosto caratteristico, anche se solitamente si manifesta in modo meno intenso; appena cinque anni prima si era verificata una irruzione simile, che aveva però limitato i fenomeni all'alta pianura: il 12 aprile 1986 improvvisi addensamenti dall'aspetto temporalesco si manifestarono avanzando dalle Prealpi verso la pianura e apportando un'intensa nevicata che accumulò circa 5 cm a Varese città e si spinse oltre la Malpensa ed il gallaratese senza tuttavia raggiungere la provincia di Milano.

Il febbraio 1956

Mezzo secolo fa l'informazione meteorologica era molto limitata e le stesse previsioni del tempo difficilmente potevano spingersi oltre le 24 ore. Così il 28 gennaio 1956 si poteva ancora leggere sui quotidiani: "... pochi inverni come questo hanno avuto un decorso tanto tranquillo..." (*Il Tempo*).

Occorre fare anche un'altra premessa: l'inverno del 1956 è stato eccezionale per molti aspetti e complessivamente va ricordato come il peggiore del secolo; ma taluni record, in Italia, sono stati registrati anche nell'inverno del 1929 (temperature minime assolute in molte località del Nord e del versante jonico) oppure nel 1985 (massima altezza di precipitazione nevosa nella pianura lombarda, temperatura minima assoluta in Toscana e Lazio).

Complessivamente, il 1956 si caratterizza comunque per le temperature medie di febbraio più basse in assoluto nella maggior parte delle regioni italiane, per la frequenza delle nevicite nelle aree del Mediterraneo in cui queste sono solitamente rare (da Roma a tutto il Sud Italia), per l'insistenza dei "ritorni di fiamma" nei mesi primaverili.

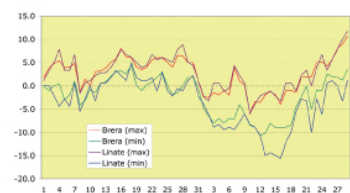
Per avere un quadro generale dell'andamento del mese in esame, prima di seguirne gli effetti a scala regionale è utile osservare l'andamento termico in due località significative: Trieste, quale porta della bora, e Napoli, come stazione indicativa di quanto avviene al Sud Italia.

A Trieste la temperatura crolla improvvisamente il giorno 31 e tocca un minimo il 2 febbraio (-9 di minima e -4 di massima), per poi risalire gradualmente (pur restando ampiamente sotto la norma) fino al giorno 7.

A Napoli l'aria fredda arriva il giorno 2, e le temperature rimangono prossime allo zero fino al 9.

Il 10 febbraio avviene un nuovo drammatico crollo della temperatura a Trieste, con la massima che si ferma a -8 accompagnata da una bora con velocità media di 72 km/h: l'entità di questa seconda irruzione è assolutamente unica, e dalle carte sinottiche (si veda più avanti) si può osservare come l'aria provenga direttamente dalle pianure siberiane.

Contemporaneamente, il Sud Italia vede un'impennata della temperatura che a Napoli torna per un giorno a sfiorare la norma, con



Gennaio-febbraio 1956: temperature minime e massime "ufficiali" a Milano Brera (Servizio Idrografico) e Linate (A.M.).

12 gradi di massima.

L'aria gelida dilaga poi nuovamente nel Mediterraneo, e nella settimana successiva si avranno le temperature più basse al Nord come al Sud.

L'andamento generale dei due mesi (gennaio e febbraio) per Milano è riassunto dal grafico in alto, che contiene sia le rilevazioni di Brera sia quelle di Linate. Si notano alcuni valori di Brera più bassi rispetto a Linate, forse dovuti ai diversi orari di rilevazione, ma anche alle condizioni di minor riscaldamento di tipo "urbano" esistenti in città. In condizioni di forte irraggiamento notturno, invece, la campagna ha sempre la meglio.

Riprendendo un resoconto del (non ancora colonnello) Bernacca (pubblicato sulla *Rivista di Meteorologia Aeronautica*), le temperature in Finlandia e in Lapponia erano risultate parecchio inferiori al normale fin dal novembre 1955; il Golfo di Botnia fu precocemente coperto dal ghiaccio, e nel mese di dicembre la temperatura vi risultava di 10 gradi inferiore alla media. Viceversa, sulle coste germaniche e nel resto dell'Europa persisteva un'anomalia leggermente positiva. Questa situazione di forte contrasto rimase bloccata per molte settimane, e non esistevano modelli matematici che facessero presagire un ribaltamento della situazione.

Dalla mappa termica al suolo del giorno 29, ore 6 del mattino, si notano gli oltre 25 gradi di differenza tra il nord e il sud del Mar Baltico, nonché la massiccia lingua termica che spinge sull'Atlantico temperature superiori allo zero fino al circolo polare artico (con 7 gradi sulla costa islandese).

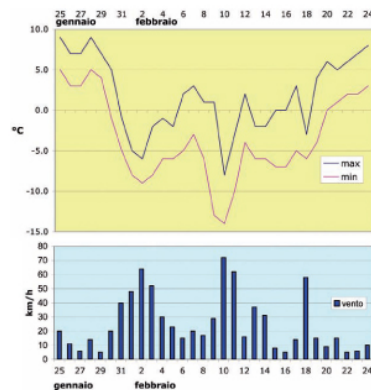
La situazione barica risultava anch'essa stazionaria da alcuni giorni, con un potente flusso occidentale diretto verso le coste europee, bloccato sulla Scandinavia dall'altrettanto potente anticiclone.

Ogni tanto un'ondulazione riesce a distaccare una piccola depressione che scavalca il ponte anticiclonico sulla Francia: ciò avviene per esempio il giorno 27, e sta per avvenire, con imprevedibili conseguenze, anche il 29.

All'insediamento della modesta perturbazione atlantica in sede mediterranea fa seguito un'elevazione dell'anticiclone delle Azzorre, che, fondendosi con quello scandinavo, innescò il movimento dell'aria gelida stazionante sulle regioni artiche e sulla Russia.

Il 31 l'aria gelida irrompe così su tutta l'Europa, penetrando nel Mediterraneo sia dalla porta della Bora (come abbiamo visto nel grafico relativo a Trieste) sia, poche ore dopo, dal Rodano. Si osservi la distribuzione termica al suolo il 2 febbraio, con temperature record anche sulle coste francesi e spagnole.

Osservando in dettaglio l'andamento termico sulla nostra regione, si nota la costante diminuzione della temperatura protrattasi nell'arco di almeno tre giornate, tanto che i dati riportati dagli archivi presentano alcune incongruenze; poiché le rilevazioni all'epoca non erano continue ma venivano effettuate a ore fisse, la temperatura minima osservata alle 9 del mattino era quella attribuita alla giornata, e probabilmente non veniva aggiornata se questa diminuiva ulteriormente nelle ore serali: in tal modo, la massima del giorno dopo risulta talvolta più bassa della minima del giorno prima.



Trieste, periodo 25 gennaio-24 febbraio 1956: temperature minime e massime giornaliere e velocità media del vento. (dati A.M.)

Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia



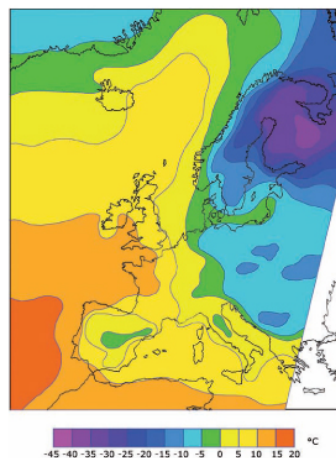
102

Centro Meteorologico Lombardo

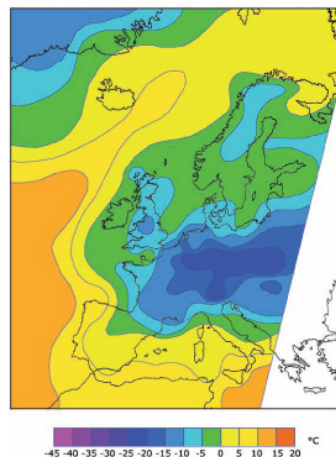
103



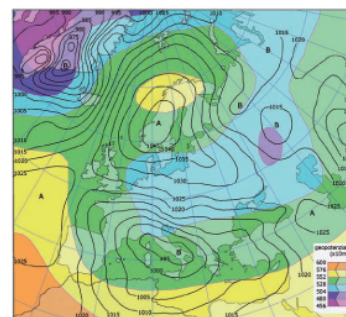
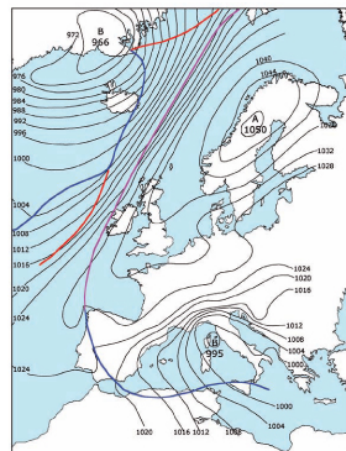
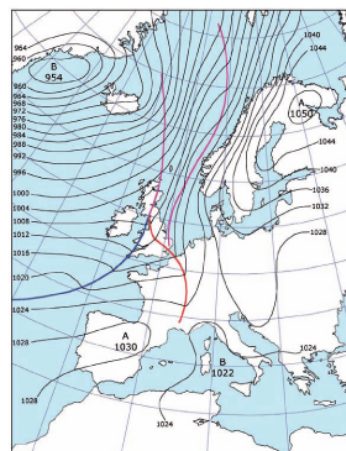
Gli eventi eccezionali



29 gennaio 1956, ore 06. Isotherme a 2 m e carta sinottica al suolo, ricavate dalle mappe originali del Servizio Meteorologico di Sua Maestà Britannica.



2 febbraio 1956, ore 06. Isotherme a 2 m e carta sinottica al suolo, ricavate dalle mappe originali del Servizio Meteorologico di Sua Maestà Britannica.

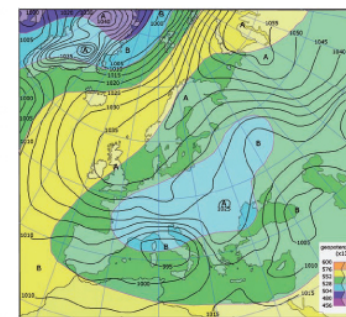


1 febbraio 1956 - Analisi al suolo e in quota alle ore 00: è il momento della prima irruzione.

Nella tabella abbiamo riportato la minima effettiva presumibile accanto alla minima "ufficiale"; si noti che inserendo questo valore le medie mensili risulterebbero ancora più basse di quelle ufficialmente pubblicate.

Dall'andamento termico delle località lombarde (supposta l'attendibilità delle rilevazioni, dalle quali abbiamo escluso comunque alcune stazioni che, pur validate a suo tempo dal Servizio Idrografico, non ci sembrano corrette), si può osservare che le temperature sono decisamente più rigide in Pianura Padana rispetto alle valli prealpine, dove il freddo si insinua più lentamente.

Dalla distribuzione delle precipitazioni si può ritenere che – come in ogni classica irruzione da est – l'area alpina non sia stata interessata da significative cadute di neve; queste si sono



10 febbraio 1956 - Analisi al suolo e in quota alle ore 00: la seconda e più intensa irruzione di aria siberiana.

verificate invece in pianura, con circa 5-10 cm caduti il 31 tra le province di Milano, Pavia, e Mantova, e accentuate da un effetto Stau appenninico (per l'approfondirsi del minimo di pressione in sede mediterranea), il giorno seguente sulle province emiliane (15 cm a Reggio Emilia).

Sulla nostra pedemontana gli accumuli sono minimi, ma, dato il repentino calo della temperatura, sufficienti a creare un leggero strato di nevischio ghiacciato.

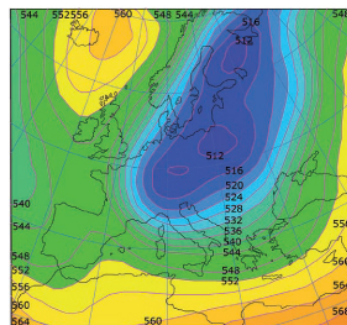
Nei giorni seguenti le temperature si mantengono quasi sempre sotto lo zero anche nelle ore diurne, mentre le nevicate interessano soprattutto il Centro-Sud. Il giorno 3 risulta già in parte ghiacciata la laguna di Venezia.

Tra il 7 e l'8 un leggero effetto favonico riporta le temperature massime sopra lo zero in Valpadana, ma una nuova irruzione si

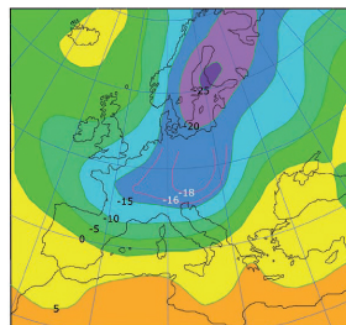
stazione	30 gennaio			31 gennaio			1 febbraio			2 febbraio	
	massima	minima ufficiale	minima stimata	massima	minima ufficiale	minima stimata	massima	minima ufficiale	minima stimata	massima	minima
Alpi e prealpi											
Bormio	-1.8	-8.4		-2.6	-7.6	-8.0	-8.0	-17.6		-7.2	-17.8
Sondrio	8.2	-1.0		4.0	-0.6		0.8	-2.6		0.6	-6.6
Chiavenna	8.6	1.4		4.0	0.9		1.9	-2.2	-2.3	-2.3	-7.6
Foppolo	(6.0)	-8.0		2.5	-9.0		-6.0	-12.0		-7.5	-17.2
San Pellegrino	5.1	1.6		5.8	-0.2		0.2	-3.8	-4.5	-4.5	-7.3
Asso	4.0	1.5		6.7	0.7		0.8	-3.0		-3.0	-6.8
Pianura											
Bergamo	4.4	1.5		2.9	-2.0	-3.0	-3.0	-5.8		-3.4	-8.0
Milano (Brera)	5.0	1.8	1.0	1.0	-0.5	-2.4	-2.4	-4.8		-2.5	-6.5
Linate (A.M.)	4.4	2.2	1.1	1.1	-2.2		-2.2	-3.9		-3.3	-6.1
Pavia	5.2	0.4		2.2	-0.2	-1.5	-1.5	-3.4		-3.4	-6.6
Novara	5.4	1.4		3.7	-0.3		(3.0)	-3.3		(3.5)	-5.1
Alessandria	7.4	2.2	2.0	2.0	0.8	0.3	0.3	-1.5	-3.0	-3.0	-5.6
Voghera	6.8	1.8	0.2	0.2	-0.4		0.8	-2.7	-4.4	-4.4	-6.4
Piacenza S.Lazzaro	5.6	1.0	0.5	0.5	-1.5	-1.8	-1.8	-3.5	-3.8	-3.8	-6.8
Parma	5.0	0.0		0.4	-2.2		-1.2	-4.8		-2.8	-6.0
Cremona	4.8	0.8	0.0	0.0	-3.8		-1.8	-6.0		-4.0	-8.5
Mantova	5.0	2.2	0.3	0.3	-2.1		-1.8	-4.2		-3.8	-7.0

30 gennaio - 2 febbraio 1956: temperature minime e massime in alcune località dell'area lombarda. Dati del Servizio Idrografico, esclusa la stazione di Linate (dati A.M.): nel confronto, si tenga conto delle modalità e degli orari di rilevazione diversi per i due enti. La "minima stimata" corrisponde alla massima del giorno seguente, qualora questa risulti inferiore alla minima "ufficiale": in quanto raggiunta presumibilmente dopo le ore 9 del mattino. I valori tra parentesi sono dati poco congruenti con gli altri e pertanto da considerare di incerta affidabilità.

Gli eventi eccezionali



5 gennaio 1985, ore 00: analisi a 500 hPa.



6 gennaio 1985: temperature alla quota di 850 hPa.

26); il giorno 6 è invece il più freddo a 700 hPa (2.763 metri), con -26,1 alla mezzanotte, e ugualmente alla stazione del Monte Paganella (2.125 metri) con una massima di -20,3. Il giorno 7 si hanno i minimi a 850 hPa (quota 1.339 metri, -16,1 alle ore 12) e al Monte Bisbino (minima -16,2 e massima -13,0).

Il giorno 8 infine raggiunge il suolo una vera e propria bufera, con neve sottile e ghiacciata e temperature massime diffusamente intorno ai -4/-6.

Nei giorni seguenti, dopo il transito di un nuovo minimo termico in quota che farà registrare il record di -41,1 a 500 hPa, le temperature alle quote intermedie tendono a rialzarsi di qualche

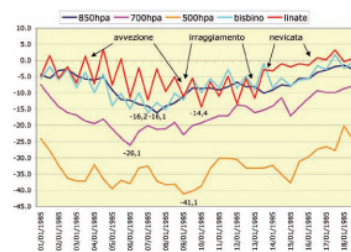
grado entrando, per il Nord Italia, in un regime sostanzialmente anticiclonico fino al giorno 12. In questa fase si registreranno le temperature minime più basse in Valpadana, per l'irraggiamento combinato con l'effetto albedo del terreno ricoperto di neve ghiacciata.

Si può notare anche come nella bassa pianura queste giornate sono anche caratterizzate dalle temperature massime più basse, con diversi gradi sotto lo zero (fenomeno analogo si è verificato nel gennaio 2009): mentre in alta pianura o nelle valli alpine alle minime-record si sono accompagnate massime relativamente mitigate dal sole (Bergamo Orio al Serio, Malpensa, San Pellegrino e Chiavenna superano talvolta lo zero), viceversa Linate (massime tra -4,9 e -6,5), Ghedi (tra -3 e -5), Mantova (tra -5,8 e -7,8), Voghera (tra -2,5 e -8,1) hanno in questi giorni le temperature diurne più basse del mese.

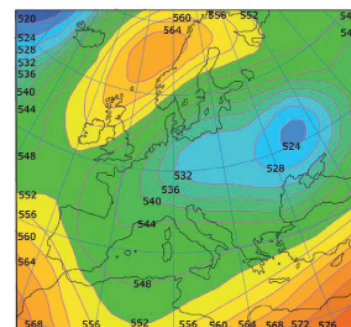
Lo schema che prelude alla "nevicata del secolo" è ormai pre-

Stazione	quota (m)	5 gennaio ore 00-06	5 gennaio ore 06-12	5 gennaio ore 12-18	5 gennaio ore 18-00	5 gennaio ore 00-06	5 gennaio ore 06-12	5 gennaio ore 12-18	5 gennaio ore 18-00	5 gennaio ore 00-06	5 gennaio ore 06-12	5 gennaio ore 12-18	5 gennaio ore 18-00
1000 hPa	1100/2000	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1
Monte Rosa	3842	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0
1000 hPa	1700/2000	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1
Monte Paganella	2125	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1
1000 hPa	1200/2000	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1
Monte Bisbino	1339	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1
Monte Linate	1330	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1

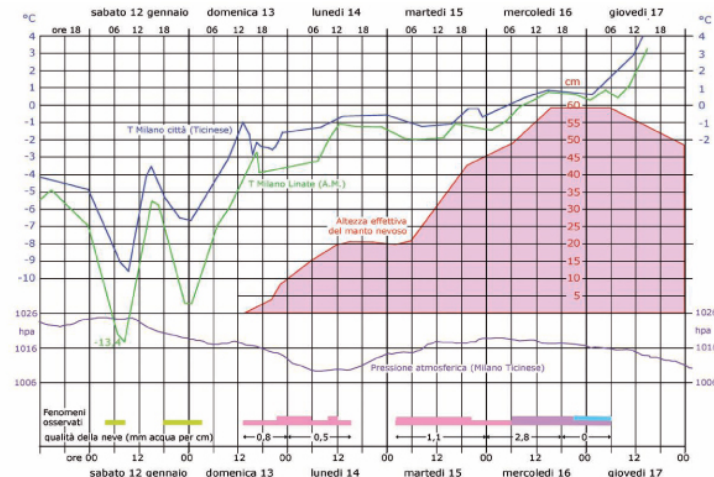
Temperature rilevate a diverse quote tra il 4 e l'8 gennaio 1985.



Periodo dal 1 al 18 gennaio 1985: andamento delle temperature rilevate a diverse quote attraverso i radiosondaggi di Milano Linate, con l'individuazione di tre diverse fasi caratteristiche.



13 gennaio 1985 (inizio della nevicata): analisi alla quota di 500 hPa.

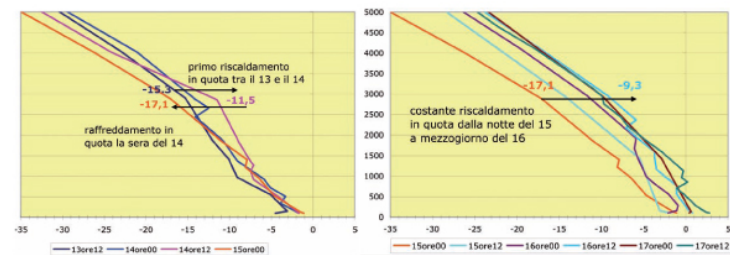


Legenda fenomeni: nebbia che gela neve (debole o granulosa) (forte asciutta) (bagnata) pioggia

Andamento dei parametri e dei fenomeni a Milano durante la grande nevicata; in prevalenza si tratta di osservazioni dirette.

costituito: non appena le correnti in quota si dispongono dai quadranti meridionali, la formazione di un minimo sul Mediterraneo occidentale, con il contrasto tra il richiamo caldo e l'aria fredda preesistente (e tuttora in lento affluire al suolo da nord-est) porta all'innescio di una nevicata da scorrimento, secondo un meccanismo per così dire "collaudato". L'eccezionalità, per la Lombardia, fu nella persistenza del fenomeno, in quanto nella maggior parte dei casi dopo alcune

ore l'afflusso tiepido, soprattutto in quota, determina la trasformazione della neve in pioggia (si veda il capitolo I tipi di tempo favorevoli alla neve in pianura). Nell'evento dell'85 innanzitutto i fattori più "favorevoli" si sono sommati fra loro fin dall'inizio: lo strato di aria fredda era solido ed esteso a tutte le quote (a inizio nevicata avevamo circa -3 °C al suolo, -10,1 a 850 hPa, -15,3 a 700 hPa, -33,1 a 500 hPa); la posizione iniziale del minimo fu tale da non convo-



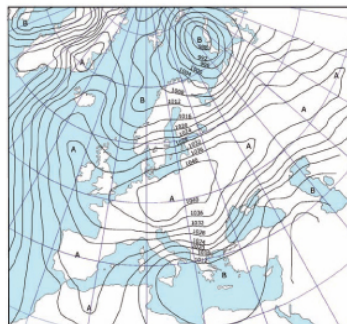
Andamento del profilo termico nella prima e nella seconda fase della nevicata; rielaborazione dei radiosondaggi forniti da Wyoming University USA.

Dicembre 1996: il buran

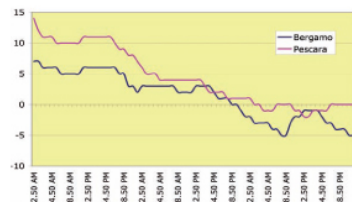
È difficile fare chiarezza su quello che può essere definito, nel nostro Paese, un vento di "buran": le fonti reperibili on-line sono spesso contraddittorie o vaghe.

буран

Di sicuro, il vero buran (sopra, in russo) è un vento gelido che spira, con provenienza da nord-est, sulle steppe e i bassopiani della Siberia, accompagnato da tempeste di neve spesso sollevata dal suolo, tanto da rendere precaria la visibilità orizzontale. Per sua natura quindi il buran non appartiene alle nostre regioni. Molte delle irruzioni fredde che interessano la nostra regione con provenienza orientale, specialmente se accompagnate da vento e neve, vengono associate al concetto di buran: tuttavia l'origine della massa d'aria tradisce la natura del "vento", che il più delle volte conduce aria prelevata dall'artico o dalle latitudini polari, e pertanto poco ha da spartire con l'autentico buran (come nel caso dell'inverno 1984-85, prima esaminato). Anche un episodio come il "blizzard" del 13 dicembre 2001, descritto nel capitolo *I tipi di tempo favorevoli alla neve in pianura*, se pure poteva richiamare la coreografia di una tempesta siberiana, non fu causato da aria di origine "buranica".



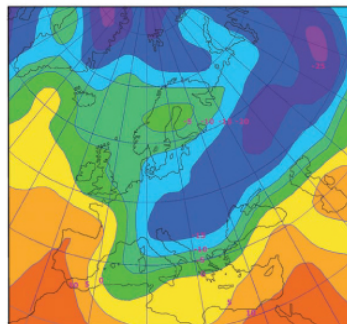
27 dicembre 1996 ore 00 UTC: analisi al suolo.



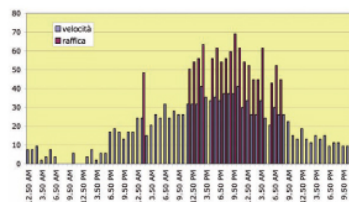
25-27 dicembre 1996: andamento delle temperature e fenomeni segnalati dai METAR per gli aeroporti di Bergamo Orio al Serio e Pescara.

Approfittiamo anche per chiarire che l'uso della parola "blizzard" è altrettanto improprio, dato che le omonime tempeste di neve, tipiche dell'America settentrionale, hanno ben altri parametri in termini di vento, temperatura, precipitazioni e durata: lo adoperiamo "amichevolemente" sapendo che il nostro ne è tutt'al più una pallida miniatura. Tornando al buran, e dopo aver chiarito che quello "autentico" può spingersi sulla Mongolia e sul Kazakistan ma non riuscirà mai a colpire nemmeno la penisola balcanica, può però verificarsi la condizione per cui una corrente di aria di origine siberiana, generatrice "in loco" di tempeste da buran, venga sospinta fino alla nostra longitudine.

Il motore di un tale evento deve essere necessariamente un potente anticiclone termico che, dalla Russia europea, si protenda fino alle pianure asiatiche, dove potrà "pescare" l'aria gelida e secca, avviandola, sul suo bordo inferiore, verso ovest. La circostanza che un siffatto anticiclone assuma l'esatta posizione necessaria per convogliare i venti di buran fino a noi è estremamente rara. L'episodio più significativo – e l'ultimo, finora, di questo tipo – è quello del dicembre 1996. E qui è necessario un ulteriore chiarimento. L'aria "profumata" di buran attraversò, a latitudini basse, l'Asia e l'Europa orientale, presentandosi infine sull'Adriatico e invadendo anche la Pianura Padana; tuttavia le caratteristiche di vento e neve che



27 dicembre 1996 ore 00 UTC: temperature a 850 hPa.



25-27 dicembre 1996: velocità del vento rilevata a Pescara (rielaborazione dei dati METAR).



Guido Caroselli spiega, durante la trasmissione televisiva Che tempo fa del 27 dicembre 1996 su Raiuno, il fenomeno dello scorrimento di aria umida previsto per i giorni successivi sopra lo strato di aria fredda giunta da est, che darà luogo alle nevicate di fine anno.

si associano idealmente a questo evento si manifestarono solo - e per alcune ore - sulle regioni centro-meridionali adriatiche, dove l'irruzione fu violenta e quasi improvvisa, e accompagnata, un po' per Stau e un po' per l'umidificazione ricevuta dal mare, da nevicate fino in pianura.

L'aria, pur gelida ma comunque sostanzialmente secca, che traboccava dai Balcani e dalla porta della bora, dilagò progressivamente anche in Valpadana, più o meno con la stessa tempestività assunta al Centro-Sud (si confrontino le termiche di Bergamo e di Pescara nel periodo 25-27 dicembre): in Lombardia però il calo termico non fu accompagnato né da fenomeni né da significativi rinforzi del vento.

Si può dunque dire che il buran spinse avanti il suo alto gelido, ma non si fece vedere in prima persona sulla nostra regione. La "qualità" dell'aria di origine siberiana depositatasi in Valpadana (dimostrata dalle temperature diurne inferiori allo zero anche in presenza del soleggiamento) fu comunque efficace nei giorni successivi per favorire le nevicate che interessarono tutto il Nord a cavallo della fine d'anno: ma il vero buran, a quell'ora, era già rientrato nelle sue terre di origine.

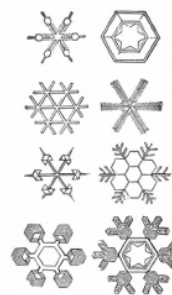


Immagine tratta da Flannmarion, L'Atmosfera, Milano, Simonetti, 1874.

Minime record e copertura nevosa

Le temperature minime notturne più basse, in inverno, vengono rilevate quando il suolo è coperto di neve. Soprattutto se a seguito di una nevicata il cielo si rasserenava e non vi è ventilazione, le temperature possono raggiungere valori molto più bassi di quelli rilevabili in assenza di neve, a parità di caratteristiche della massa d'aria soprastante.

Tutti i record storici di temperatura corrispondono a condizioni di questo tipo.

Mentre in caso di nevicate estese non vi è un termine di paragone per dimostrare il ruolo della copertura nevosa, l'esempio riportato alla pagina seguente – relativo alla notte del 1° febbraio 2010 – con zone cospicuamente innestate e zone scoperte, mostra con immediatezza il maggior raffreddamento intervenuto nelle località coperte di neve.

In un quadro di forte inversione termica, tipico delle notti serene e senza vento, le temperature scendono in funzione della natura dei terreni e dell'orografia, delineando i consueti minimi nella zona delle brughiere varesine e della valle del Ticino. Nel resto della pianura le isoterme della notte, sovrapposte all'immagine satellitare ripresa intorno alle ore 11 del mattino seguente, corrono con precisione lungo i contorni delle aree innestate, fino a raggiungere, all'interno di queste, valori da 6 a 10 gradi più bassi rispetto all'esterno.

Fanno eccezione le aree urbane, che rimangono di alcuni gradi più "calde".

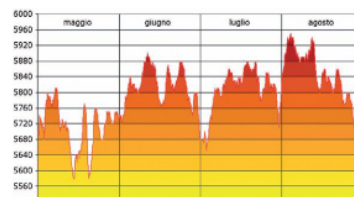
Solitamente in questi casi si usa chiamare in causa il ruolo dell'albedo, che tuttavia è implicata solo parzialmente nel processo di raffreddamento.

L'albedo di una superficie è la sua capacità di riflettere la luce visibile incidente su di essa: in una scala da zero a 1, la neve fresca ha un'albedo di circa 0,9, ossia riflette il 90% della radiazione solare che la colpisce. Quindi nelle ore diurne solo il

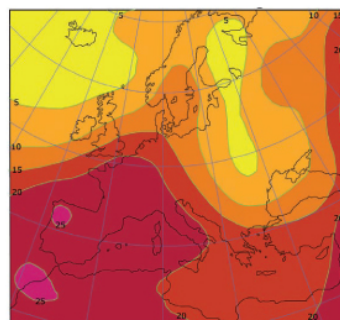


La campagna intorno a Sonaglia (Lodi) e il Po la mattina del 10 gennaio 2006, con una temperatura intorno ai -6 gradi. (Foto di Bruno Grillini)

Gli eventi eccezionali



Sopra: periodo 1° maggio - 31 agosto 2003: altezza della geopotenziale a 500 hPa in base ai radiosondaggi di Milano Linate.



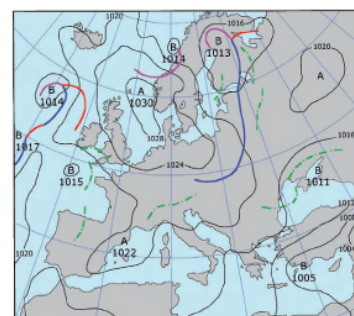
A lato: 12 agosto 2003. Temperatura a 850 hPa.

Uno dei fattori aggravanti è risultato inoltre essere lo scarso apporto idrico, a scala continentale, nei mesi precedenti l'estate: una primavera particolarmente asciutta che ha mancato di fornire quel minimo di contributo di calore latente da evaporazione che avrebbe diminuito l'entità del calore sensibile. Tornando all'aspetto climatico del periodo, osserviamo l'eccezionale permanenza dello zero termico su valori che superano anche di 1.000 metri la media degli anni precedenti. Nell'archivio dei radiosondaggi divulgato dall'Università del Wyoming, che come è noto parte dal 1973, si osservano sporicamente dei picchi in cui lo zero termico sembra superare quota 5.000 metri; il radiosondaggio più "estremo" risulta essere quello delle ore 12 del 29 luglio 1986, con zero termico calcolato a 5.515 metri, e geopotenziale a 500 hPa posto a 6.020 metri; tuttavia né la carta di rianalisi del NCEP né i radiosondaggi delle aree più prossime (Payerne, Udine, Ajaccio) confortano questi valori, rilevando geopotenziali intorno a 5.850 e temperature che, a quella quota, oscillano fra i -6 di Ajaccio e i -10 di Udine. Questo va detto perché la ricerca di record e valori eccezionali non venga travisata da dati errati.

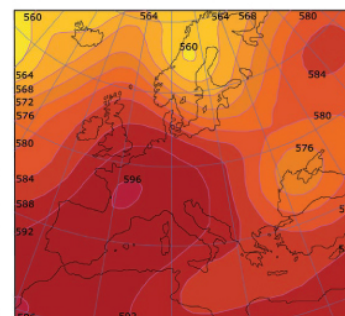
Più affidabile appare il record del periodo 19-21 luglio 1995: lo zero termico è prossimo ai 5.000 metri (si ricordi che viene ricavato attraverso l'interpolazione di dati rilevati a diverse quote: in questo caso l'interpolazione va dai 4.835 metri con 1,2 gradi a 5.323 metri con -2,1 gradi; pertanto non è affatto sicuro che la variazione in quei 488 metri sia lineare: solo in questo caso risulterebbe a 5.012 metri) e l'altezza geopotenziale di 500 hPa si colloca a 5.950 metri. Valori quindi paragonabili a quelli osservati nel 2003, ma che si sono verificati solo per periodi brevissimi (da uno a tre giorni), accompagnando un'onda anticiclonica mobile di matrice africana.

È utile quindi ribadire che, al di là del picco rilevato di 4.971 metri ai primi di agosto, l'eccezionalità consiste soprattutto nella permanenza dello zero tra 4.000 e 4.500 metri per un periodo estremamente prolungato. Un altro punto dolente delle statistiche è l'attendibilità dei valori rilevati in singole stazioni. Qual è il record assoluto - limitandoci alla Lombardia - di quell'estate?

Milano Brera stazione Arpa rileva 38,3 °C l'11 agosto; Milano



5 agosto 2003 - Analisi al suolo e a 500 hPa.

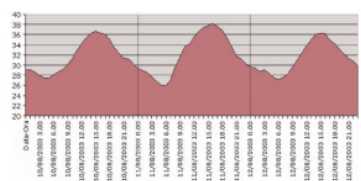


Andamento dello zero termico da maggio ad agosto 2003 in base ai radiosondaggi di Milano Linate.

Linate rileva 39,3 °C lo stesso giorno; Milano Brera osservatorio astronomico rileva 41,1 °C. Ci permettiamo di ipotizzare una interferenza di quest'ultimo dato con l'irraggiamento da superfici surriscaldate prossime al sensore di rilevamento. La tabella riporta le temperature massime rilevate in altre località lombarde, o immediatamente limitrofe, come risultano dagli enti che ne gestiscono le rispettive stazioni; alcuni valori, anche per la natura della singola postazione di rilevamento (talvolta non predisposta all'osservazione meteo climatica ma al controllo di altri fattori, quali l'inquinamento atmosferico o i livelli idrometrici), devono essere considerati non sicuri, e sono stati evidenziati con un apposito simbolo. Di sicuro nella località di pianura della Valpadana si ricorderà la condizione di estremo disagio, soprattutto nelle ore notturne, in quanto la presenza di aria molto calda a tutte le quote impediva la dispersione del calore per irraggiamento; si osservi l'andamento orario delle temperature nei tre giorni più caldi del periodo (10-12 agosto) all'interno della città di Milano, e in particolare i valori nelle ore serali prossimi a 30 gradi.

Il caldo in quota e la salute dei ghiacciai

Se è noto che i ghiacciai alpini sono in ritiro da parecchi decenni, c'è da attendersi che un'estate come quella del 2003 sia stata particolarmente deleteria anche per quelli lombardei. Va subito detto tuttavia che la salute del ghiacciaio dipende dal bilancio complessivo dell'apporto invernale e dell'ablazione estiva; pertanto l'estate del 2003, pur avendo registrato nell'insieme delle Alpi uno dei bilanci più negativi del secolo, grazie



Temperature medie orarie dal 10 al 12 agosto a Milano Brera (fonte dati ARPA Lombardia).

a un leggero miglioramento degli apporti invernali si avvicina ad altri anni cruciali, e in particolare ai successivi 2004 e 2005 (si vedano in appendice i riferimenti bibliografici).

Lo stress cui è sottoposto un ghiacciaio durante le ondate di caldo eccezionali è deducibile dall'andamento delle temperature misurate sul ghiacciaio dei Forni, in alta Valtellina, alla quota di 2.700 metri: dal grafico si osserva come la tempera-

Stazione	rete	quota	Tmax
Piacenza Alberoni	ARPA-ER	54	39.7
Verona Villafranca	AM	67	39.0
Isola S. Antonio Sticozza	ARPA-P	77	42.8 X
Alessandria Lobbi	ARPA-P	90	41.9 X
Brescia Ghedi	AM	102	38.4
Milano Linate	AM	107	39.3
Milano Brera Duomo	ARPA	122	38.3
Milano Brera	Oss. Astron.	123	41.1 X
Vercelli Ruggerina	ARPA-P	132	38.4
Piacenza San Damiano	AM	134	40.4
Novara Cameri	AM	178	37.0
Cannobio	ARPA-P	201	39.1 X
Pallanza	CNR	202	37.5
Milano Malpensa	AM	234	36.0
Bergamo Orio al Serio	AM	238	37.9
Bergamo	ERSAL	249	37.0
Varese	CGP	410	36.0
Locarno Monti	ISM	482	37.2
Olmo al Brembo	SMI	550	35.0
Monte San Primo	CNMR	1.075	27.0
Bormio	CNMR	1.225	36.0 X
Campo dei Fiori	CGP	1.226	31.0
Madesimo	CNMR	1.550	28.0
Valgerola	CNMR	1.840	23.7
Livigno	CNMR	1.865	29.0
Funivia Bernina	ARPA-CMGS	2.014	25.9
Chiesa Valmalenco - Palù	CNMR	2.100	22.8
Cam Boer - Valpol	ARPA-CMGS	2.114	24.3
Monte Paganello	AM	2.125	22.6
Monte Trela - Somo	ARPA-CMGS	2.150	21.3
S. Caterina Valfurva Plaghera	CNMR	2.250	23.0
Isola Persa (Gh dei Forni)	ARPA-CMGS	2.700	17.6

Tabella delle temperature massime rilevate da alcune stazioni dell'area lombarda. Sono contrassegnati con X i valori che riteniamo non pienamente attendibili.



Valltellina 1987

I grandi dissesti idrogeologici (frane, alluvioni) sono quasi sempre frutto di eventi relativamente circoscritti, durante i quali le avversità meteoriche si accaniscono con insistenza su una ristretta area geografica mentre poco lontano nemmeno ci si avvede di quanto sta accadendo.

In qualche misura fu così anche per l'alluvione in Valtellina nel luglio del 1987, l'evento forse più disastroso, nella nostra regione, dell'ultimo secolo.

È sufficiente osservare la distribuzione delle precipitazioni durante i tre giorni più significativi, tra il 17 e il 19 luglio. La carta, inedita, è stata redatta con i dati riportati dagli *Annali Idrologici*, integrati con i valori rilevati dal Servizio Meteorologico Svizzero per le aree

del Ticinese e dei Grigioni.

Vi si osserva infatti come l'intera Pianura Padana sia stata scarsamente interessata da piogge: il tempo, in quei giorni, a Milano era burrascoso, con vento e nubi veloci, caldo afoso, ma con poche gocce sporadiche di pioggia. Le precipitazioni (tipicamente, per il tempo da sud-ovest: si veda il capitolo *I tipi di tempo*) cominciavano a ridosso delle Prealpi; si nota anzi il tipico andamento dei "massimi" e dei "minimi" sviluppato nella direzione delle correnti, a indicare la probabile presenza di temporali autorigeranti che hanno continuato a insistere innescandosi nelle stesse zone e prolungandosi, sotto l'incalzare delle correnti in quota, da sud-ovest verso nord-est.

La situazione sinottica mostra, soprattutto in quota, una eccezio-

Anno 26 - N. 28 - L. 8940 - Giovedì 1. LUGLIO

CORRIERE DELLA SERA

Di ora in ora diventa più pesante il bilancio del nubifragio che ha colpito soprattutto la Valtellina e la Val Brembana

E' una catastrofe

14 morti, 6 dispersi, mezza Lombardia allagata: e la paura cresce

E DOVEVA ESSERE L'ANNO DELL'AMBIENTE

di Cesare De Seta

Una grande alluvione ha colpito la Valtellina e la Val Brembana. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali.

Una grande alluvione ha colpito la Valtellina e la Val Brembana. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali.

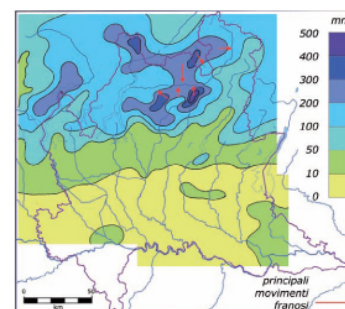
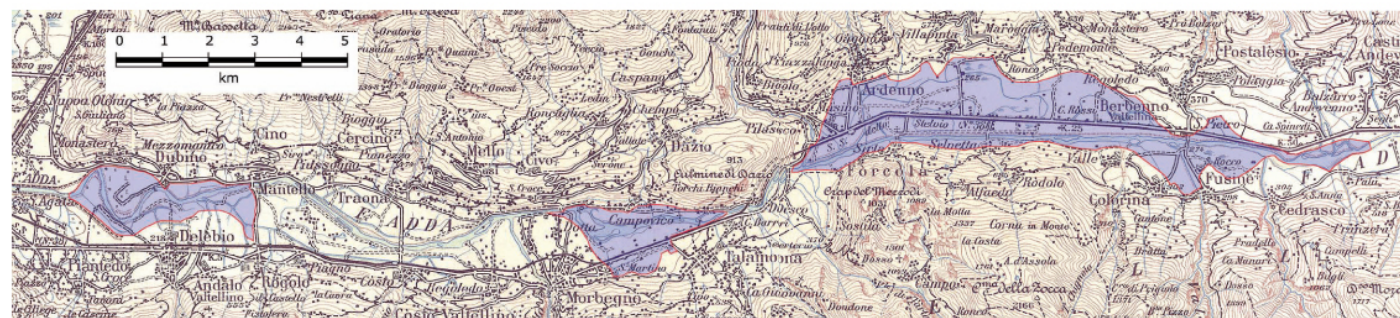
Una grande alluvione ha colpito la Valtellina e la Val Brembana. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali. In alcune zone l'acqua ha raggiunto altezze eccezionali.



Le prime drammatiche testimonianze di alcuni sopravvissuti al crollo dell'albergo di Tartano investito in pieno dai muri di un altro edificio

Una vocina dalle macerie: «Se mi tiri fuori ti regalo una mela»

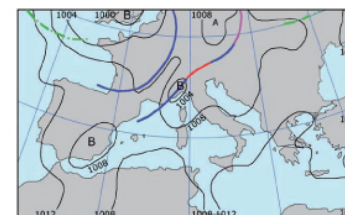
Senza che richiamo, un uomo, che aveva visto socorre la moglie, si è fatto fuori per salvare se stesso e una bimba. «Mi andava bene perché mi sono accorguto che quella di un'acqua d'addosso, racconta una donna. «Abbiamo sentito un forte rumore, siamo fuggiti e il crollo è venuto giù quasi tutto».



nale persistenza della figura barica depressionaria posta tra le isole britanniche e il Golfo di Biscaglia: già delineata a partire dal giorno 15, essa manteneva la sua posizione almeno fino al 19 luglio, continuando a convogliare aria umida e instabile verso le Alpi, con particolare insistenza negli ultimi tre giorni del periodo. Aggiungiamo un'osservazione: si è molto insistito sul fatto che lo zero termico fosse particolarmente elevato, contribuendo così alla trasformazione in acqua di tutte le precipitazioni anche alle quote più elevate; effettivamente, lo zero risultava posto a quote comprese fra i 3.500 e i 4.000 metri: tuttavia si tratta di livelli assolutamente normali per il mese di luglio, e si può solo notare che spesso le perturbazioni estive apportano aria fresca che abbassa - temporaneamente - la quota delle nevicate fin sotto i 3.000 metri, cosa che in questa circostanza, a causa della provenienza delle correnti, non avvenne.

Quanto agli effetti sul territorio, vanno distinti due aspetti: l'onda di piena dell'Adda e gli eventi franosi.

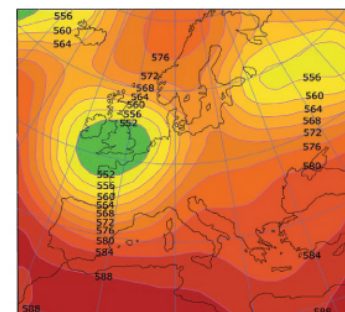
L'insistenza delle precipitazioni, abbondanti già il giorno 17 ma con la loro massima concentrazione nella giornata del 18, distribuite su entrambi i versanti del bacino imbrifero dell'Adda, hanno causato in breve tempo la saturazione dei terreni e lo scorrimento di tutto l'apporto precipitativo direttamente nel fondovalle. In questo modo l'Adda, raccogliendo continui apporti idrici lungo tutto il



Sopra, 19 luglio 1987, ore 12: analisi al suolo.

A sinistra: distribuzione delle precipitazioni sulla Lombardia del 17 al 19 luglio 1987: sono stati utilizzati i dati degli Annali Idrologici, integrati con i dati degli archivi del Servizio Meteorologico Svizzero per le località del Canton Ticino e dei Grigioni.

Sotto, 18 luglio 1987: analisi a 500 hPa.



A sinistra: su una vecchia carta topografica dell'Istituto Geografico Militare (coll. privata) sono stati riportati i contorni delle aree esondate in bassa valle così come si presentavano durante il volo zenitale effettuato per conto della Regione Lombardia nei giorni immediatamente successivi all'evento alluvionale. Dalla lettura delle anse e dei vecchi meandri riportati dalla cartografia, si nota come l'Adda abbia ripreso le superfici golenali che, nel corso dei secoli, gli erano appartenute. Le striscie aerofotogrammetriche originali sono reperibili presso gli archivi della Regione.

Bacini idrografici ed esondazioni



I meteorologi: una parola che non si può far entrare in un verso, altrimenti scriverai questi idilli in quartine – statiche, alla mano, si sono messi nella più disperata impresa: volerla persuadere che una volta le stagioni non erano diverse da quelle di adesso. Una volta! Quando avevamo dieci, venti, trenta – fermiamoci, che dopo ciò gli anni nimeranno in anta, come dice il dettato popolare. L'estate del 1926, dopo un luglio che somigliava a un giugno molto scontento, ebbe un agosto degno: acqua dai due e i colori erano cominciati soltanto a settembre. Dalla guerra in poi, anche le stagioni hanno persa la tramontana. A metà settembre si ebbe la buirrasca "che rinfresca il bosco", lampi e tuoni, grossa pioggia schioccante sulla polvere grossa, e dalla strada saliva l'odor di fango tiepido. Era quell'odore che la strada ha una volta sola nell'anno poiché i grandi e continui calori non faranno più in tempo a tornare e a durare. Poi scrosciò fitta e querula nella notte, e si poteva tornare a letto. Lo spettacolo dei lampi era finito. La mattina dopo, il canale è torbido e giallo, coperto di foglie e d'erba e di sterpi. E' il tributo dei fiumi ingrossati, del Ticino e dei fiumi alpini, e dei fossi straripati sui campi lombardi. Su quel giallo e su quelle foglie l'immaginazione corre ai monti e ai prati. In quell'estate del '26, particolarmente, le foglie erano in gran parte già secche, essendo venuta la buirrasca del mezz'agosto, propizia all'aratura, quasi in tempo di vendemmia. (Riccardo Bacchelli, Il Tombone di San Marco, in "Pegaso", 1929)



A sinistra: Morza, il fiume Lambro al ponte delle Grazie, 1° novembre 2010. (Foto di Bruno Grillini)
Sopra: piena del Ticino a Pavia in una foto del 1917. (Archivio Chioloni di Pavia)



Bacini idrografici ed esondazioni

causa dell'intenso flusso da sud-est richiamato a tutte le quote dal lento movimento verso est del fronte freddo. Nel giorno 28 un secondo sistema frontale atlantico si porta a ridosso delle Alpi e della Sardegna generando una nuova intensa fase di maltempo che conclude il breve ma forte periodo perturbato sulla Lombardia. È in seguito a questa seconda e intensa fase perturbata che i livelli dei principali corsi d'acqua e bacini lacustri hanno iniziato a destare preoccupazione soprattutto sui settori occidentali della regione, a causa del raggiungimento delle soglie di piena straordinaria, che il giorno seguente si verificherà anche per il Po (analisi di Stefano Nava).

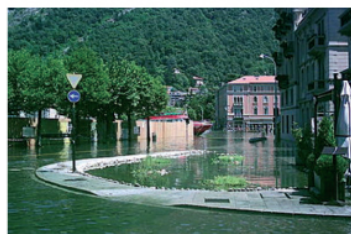


La piena dell'ottobre 2000 a Pavia. Immagini concesse dall'Associazione Difesa Natura Ambiente a Paviameteo (www.paviameteo.it).

L'Adda

Anche l'Adda raccoglie le acque da un bacino imbrifero piuttosto ampio; l'esondazione, (particolarmente avvertita a Como in quanto la città si trova in un'ansa "chiusa" del lago, mentre Lecco è posta all'imbocco dell'emissario), è quindi conseguenza soprattutto delle piogge che si abbattano sui due versanti della Valtellina.

Il bacino dell'Adda abbraccia complessivamente una superficie di 7.959 km², ma l'impiuvio che fa capo al lago di Como è pari a 4.552 km² (misurati alla diga di Olginate); le acque provenienti dai versanti bergamaschi delle Prealpi Orobie confluiscono nell'Adda lungo il suo corso inferiore, attraverso il Brembo e il Serio.



Livello del Lago di Como tra il 24 settembre e il 28 ottobre 1993. In alto, esondazione a Como il 15 luglio 2008 (dal reportage pubblicato su www.meteonetwork.it, foto di Massimo da Como Sagrino).

La massima esondazione a Como risale proprio all'evento alluvionale della Valtellina (luglio 1987), già descritto nel capitolo precedente. È interessante notare che le portate medie giornaliere di afflusso e deflusso al lago, nei giorni 18-20 luglio 1987, furono rispettivamente di 1.836 e di 918 m³/s, differenza che determinò il massimo riempimento del lago il 21 luglio.

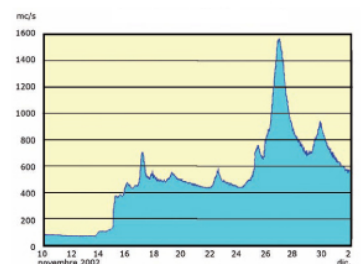
Lo stesso livello di 2,65 metri sullo zero idrometrico di Malgrate si è però raggiunto anche il 15 ottobre 1993, a seguito di un lungo periodo piovoso. L'esondazione del Lario incominciò nella notte del 25 settembre e si concluse la sera del 28 ottobre, ben 33 giorni dopo. In questo periodo, per tre volte il lago avanzò e si ritirò da piazza Cavour a Como, raggiungendo il massimo alle 22 del 15 ottobre, con una quota di 145 cm al di sopra del ciglio della piazza.

Il livello raggiunto fu esattamente uguale a quello del luglio 1987, ma in quell'occasione il lago tornò nel suo perimetro in poco meno di una settimana. Furono invece più contenute le esondazioni del 1951 (alluvione del Polesine) e del 1976.

Il massimo storico, prima delle regolazioni risale invece, come per il Lago Maggiore, al 6 ottobre 1868, con 3,97 metri sopra lo zero.

Nel tratto sub lacuale la città di Lodi, che si trova tra il Brembo e il Serio, può subire l'esondazione dell'Adda in alcuni quartieri periferici quando le portate provenienti dal Lario si sommano a quelle del Brembo. Durante l'evento alluvionale del 2002 l'onda di piena misurata a Lodi ebbe un picco di 1.575 m³/sec, e un'altezza di 68,43 m slm, il cui tempo di ritorno è stimato tra i 20 ed i 50 anni. Il tempo di traslazione del colmo tra confluenza del Brembo e la città di Lodi, ove il 27 novembre le esondazioni raggiungono la massima ampiezza storica, risulta circa pari a 10 ore.

L'intera asta dell'Adda meridionale risultò ampiamente esondata anche durante l'alluvione del Polesine nel novembre 1951.



Portata dell'Adda a Lodi tra il 10 novembre e il 5 dicembre 2002. In alto, due immagini della piena a Lodi il 27 novembre 2002. (Foto concesse da www.lodifoto.it)

Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

L'Oglio

Il bacino dell'Oglio ha una superficie complessiva di circa 6.360 km², prendendo origine dal Gavia e dal Tonale.

Esso percorre la Valcamonica, immettendosi quindi nel Lago d'Iseo. Esce poi dal lago a Sarnico e confluisce nel Po poco a monte di Borgoforte dopo aver percorso complessivamente 280 km. Mentre a monte del lago gli affluenti dell'Oglio sono in generale brevi corsi d'acqua a carattere torrentizio, a valle il fiume riceve il contributo del Mella e del Chiese, che raccolgono le acque delle Prealpi bresciane e del versante sud dell'Adamello. Dal fiume Chiese è derivato il Canale Naviglio Grande Bresciano, che attraversando Rezzato raggiunge Brescia e il torrente Garza.

Il regime di deflusso per le aste dell'Oglio e del Chiese è influenzato dalla presenza rispettivamente dei laghi d'Iseo e d'Idro, che esercitano un elevato effetto di regolazione sulle portate.

Come si può osservare dallo schema grafico riportato all'inizio del capitolo, il bacino imbrifero che alimenta il lago d'Iseo è relativamente ristretto, risultando di soli 1.816 km². A Sarnico il massimo livello di piena, con un tempo di ritorno cinquantennale, è di circa 1,80 m, raggiunto solo due volte dall'entrata in funzione delle opere di regolazione (anno 1933).

Nel complesso comunque, grazie al rapporto tra la superficie del bacino imbrifero e la capacità del Lago d'Iseo, le variazioni di livello a valle di Sarnico sono sempre modeste, e la cittadina è l'unica che può subire allagamenti in caso di piene eccezionali.

La superficie del bacino imbrifero del Chiese alla stazione di Gavardo è di 934 km², e nonostante l'effetto di laminazione prodotto dal Lago d'Idro, il Chiese contribuisce a condizioni di piena significative. Sia il bacino superiore dell'Oglio che quello del Chiese sono dotati di numerosi invasi che trattengono, e all'occasione rilasciano, una notevole quantità d'acqua per scopi idroelettrici; il fiume Mella, invece, non è laminato da alcun tipo di invaso naturale o artificiale, ed è a regime prevalentemente torrentizio.

L'evento di maggiore gravità che ha colpito il bacino dell'Oglio risale al settembre 1960; il Lago d'Iseo raggiunse il massimo livello storico con allagamenti degli abitati rivieraschi e vittime. Il bacino sublacuale venne interessato in misura minore dalla piena che causò rotte e tracimazioni con contenuti allagamenti e danni prevalentemente all'agricoltura.

In epoca storica, prima delle regolazioni idrauliche, il basso corso dell'Oglio era invece soggetto a frequenti esondazioni, esaltate dall'apporto delle acque del Po. Si legga ad esempio un brano tratto da *Origini e vicende di Viadana e suo distretto dell'arciprete Antonio Parazzi* pubblicato nel 1899.

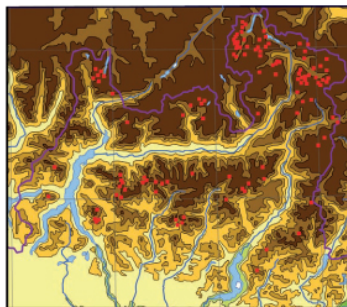
Nell'ottobre 1823 strapparono tutti i nostri fiumi, e per la rottura dell'Oglio i nostri luoghi andarono orribilmente devastati. Nel maggio 1827 il Po si elevò m. 0,10 sopra il massimo livello delle piene precedenti, e l'Oglio rigurgitando copri d'acqua le circostanti campagne. I comuni di Sernide, Revere, Cesole, e Viadana contennero le piene sovrastanti le cavità delle valli perfino di m. 4,50! Nel 1839 il Po e l'Oglio, rotti e soverchiati gli argini, allagarono nella sola provincia di Mantova 650.892 pertiche di terreno, e 5.547 case, sicché 6.549 persone rimasero senza tetto....

Il Mincio

Dal punto di vista idrogeologico il Mincio non è che il tratto sublacuale del sistema fluviale costituito dal Lago di Garda e dal suo principale immissario, il Sarca. Il bacino imbrifero che fa capo al Lago di Garda raccoglie le acque del versante orientale dell'Adamello e di parte delle Dolomiti di Brenta: vi è quindi un rapporto particolarmente ridotto tra la superficie del bacino del Sarca (2.260 km²) e la superficie del lago (370 km²).



Valanghe



Localizzazione degli incidenti da valanga verificatisi in Lombardia dall'ottobre 2000 al maggio 2010 (elaborazione su database AINEVA).

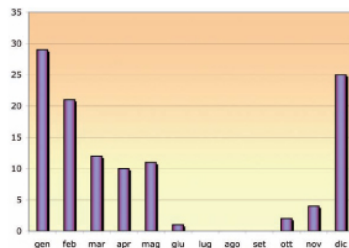
Il vento è un ulteriore fattore di aumento del rischio, in quanto crea accumuli sui pendii al riparo e spoglia i pendii esposti, portando alla creazione di cornici sulle creste, lastroni nelle conche e negli avvallamenti. In presenza di vento, sono già sufficienti 10-20 centimetri di neve fresca per creare una situazione di concreto pericolo.

La temperatura invece è il fattore determinante dell'evoluzione del manto nevoso: tuttavia non è immediato il rapporto tra aumento di temperatura e rischio valanga. Se dopo la nevicata la temperatura resta costantemente bassa, i cristalli di neve non subiscono la metamorfosi che porta al loro consolidamento: pertanto il pericolo di una valanga a debole coesione può permanere a lungo come se la neve fosse appena caduta. Il manto invece tende ad assestarsi se la temperatura cresce gradualmente, e ancor più se, una volta avvenuto il consolidamento, la temperatura scende nuovamente.

Al contrario, un aumento repentino della temperatura comporta un'instabilizzazione del manto e un aumento del rischio. Le valanghe di neve umida, che si formano dopo un forte rialzo termico, possono essere sia del tipo a debole coesione sia a lastroni, e hanno una densità elevata, fino a 400 kg/m³. Queste sono quindi caratteristiche della primavera, ma anche delle fasi scioccali invernali con zero termico elevato e pioggia alle alte quote. Hanno velocità di scorrimento modesta (30-50 km/h), ma a causa della elevata densità travolgono ogni ostacolo sul loro cammino, seguendo tendenzialmente il solco di canali e impluvi.

Quando la valanga a lastroni scorre lungo versanti molto ripidi e accidentati, si spezza in frammenti e la neve tende a nebulizzarsi, acquistando velocità anche superiore ai 300 km/h: in tal caso non segue più percorsi preferenziali ma scende a valle rapidamente sotto forma di una nube spessa anche decine di metri, preceduta da un caratteristico spostamento d'aria molto distruttivo.

In generale le valanghe prendono origine quasi sempre dagli stessi luoghi, con terreni rocciosi privi di copertura vegetale, posti fra i 2.000 e i 3.000 metri di quota; questo fa sì che si conoscano le zone "storicamente" soggette al fenomeno, e tutte le regioni alpine sono dotate di un "catalogo" delle valanghe. Si tratta di uno strumento che non indica l'entità del rischio, ma la testimonianza di valanghe cadute di cui si è a conoscenza; oggi il catalogo (che una volta era semplicemente cartaceo) è



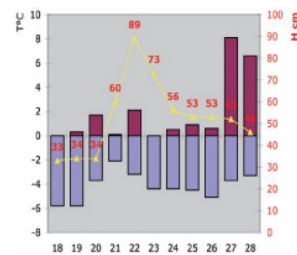
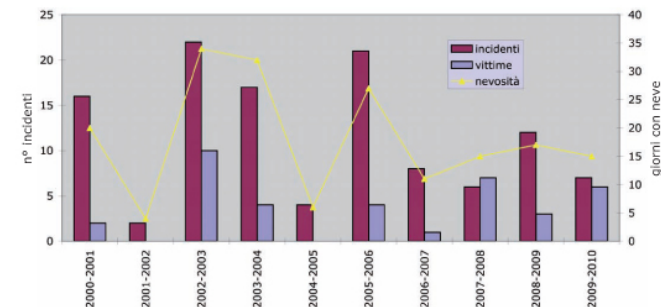
Frequenza media per mese degli incidenti da valanga in Lombardia (elaborazione su database AINEVA).
Sotto, un estratto dal vecchio Catasto Valanghe della Regione Lombardia, edizione 1978, focalizzato sulla Valgerola.



in corso di aggiornamento con tecniche moderne e modalità standardizzate a livello internazionale.

Oltre che dalla pendenza del terreno, come si è visto, il rischio di valanga dipende anche dall'esposizione del pendio, poiché le zone in ombra rallentano l'assettamento della massa nevosa, e la posizione riparata rispetto ai venti dominanti può favorire accumuli e formazione di lastroni.

Oggi esiste un organismo interregionale (l'AINEVA, Associazione Interregionale Neve e Valanghe) che tiene monitorata la

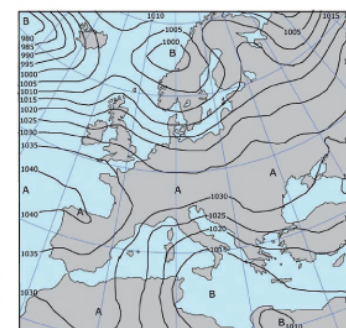
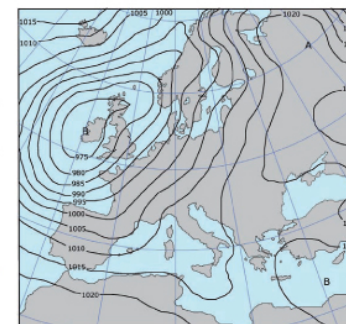


In alto: correlazione tra gli incidenti da valanga, il numero delle vittime, e la frequenza dei giorni con precipitazioni nevose nell'arco alpino; come riferimento per quest'ultimo parametro si è assunto il dato di Monte Paganella A.M. (quota 2.100 m slm).

Al centro: temperatura e manto nevoso nelle Alpi centrali a quota 1.720 m dal 18 al 28 gennaio 2003.

Sopra: slavina sul Monte Guglielmo dell'11 gennaio 2009 (Foto di Giambattista Pezzotti). La stessa slavina si staccherà un anno dopo (si veda alla pagina seguente).

A destra: carte sinottiche del 21 e del 26 gennaio 2003, corrispondenti rispettivamente al giorno di accumulo delle precipitazioni nevose e al giorno in cui si è verificata la valanga di Pizzo Oleno.

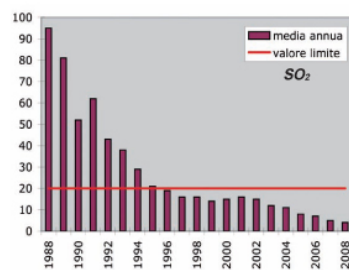


Inquinamento atmosferico

Il biossido di zolfo (SO_2)

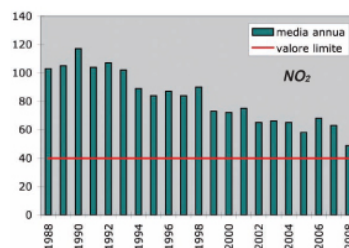
Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas prodotto dalla combustione di carbone, petrolio e derivati, contenenti zolfo; il traffico veicolare contribuisce alle emissioni di questo inquinante solo secondariamente, e sempre meno da quando sono entrati in uso combustibili a basso tenore di zolfo. Le normative che hanno profondamente modificato, a partire dagli anni settanta, le caratteristiche dei combustibili anche per il riscaldamento domestico o per la produzione di energia elettrica hanno contribuito a ridurre drasticamente la presenza di questo inquinante che fino a trent'anni fa era monitorato come il principale indice dell'inquinamento atmosferico urbano.

Lo stesso biossido di zolfo, essendo molto solubile in acqua, è anche all'origine del fenomeno – oggi fortemente ridimensionato – delle piogge acide.



Gli ossidi di azoto (NO e NO_2)

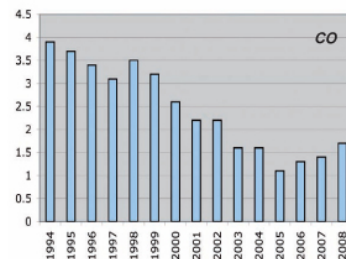
Gli ossidi di azoto (NO_x) derivano dalla reazione tra l'azoto e l'ossigeno contenuto nell'aria, che si verifica ad alte temperature durante i processi di combustione (impianti di riscaldamento domestico, motori dei veicoli, produzione industriale, centrali elettriche). In particolare, l' NO_2 è un inquinante che si forma in seguito all'ossidazione in atmosfera dell' NO , meno tossico, e contribuisce a sua volta alla formazione dello smog fotochimico come intermedio di base per la produzione di ulteriori inquinanti secondari. A differenza dell' SO_2 , la concentrazione di NO_2 rimane oggi ancora elevata superando spesso i limiti normativi.



Il monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è prodotto dalla combustione incompleta di gas naturali, legna, carburanti in genere; traffico veicolare e produzione industriale sono le fonti di emissione di natura antropica.

Le sue concentrazioni nelle aree urbane sono essenzialmente proporzionali all'intensità del traffico automobilistico, riducendosi tipicamente di notte e nei fine settimana. Va detto che dagli anni novanta, con l'introduzione delle marmite catalitiche e delle norme Euro 4 per i motori a combustione interna, le concentrazioni di CO sono in calo e non superano i valori di accettabilità.

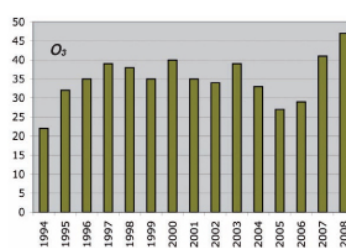


L'ozono (O_3)

Quando si parla di ozono è necessario distinguere tra quello stratosferico (prodotto esclusivamente dalla natura in seguito a processi fotochimici e indispensabile alla stessa vita sulla Terra, in quanto in grado di assorbire gran parte della radiazione ultravioletta) e quello troposferico. Su quest'ultimo tipo ricade la nostra attenzione, perché dannoso per la respirazione.

Questa molecola formata da tre atomi di ossigeno, si forma in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra ossidi di azoto e composti organici volatili, in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare. Tali reazioni causano la formazione di un insieme di diversi composti, che nel complesso costituiscono lo smog fotochimico, con una frequenza caratteristica nei mesi estivi.

La presenza di altri inquinanti viene però ad alterare il ciclo "tipico" di formazione dell'ozono, rendendo più complessa la stima



della sua correlazione con le stesse fonti di inquinamento. È interessante notare, comunque, che l'ozono, non essendo un inquinante primario, si forma durante il trasporto delle masse d'aria che contengono i suoi "precursori": la sua concentrazione pertanto è massima non in corrispondenza delle fonti inquinanti (quindi al centro delle aree urbane), ma nelle aree periferiche ed extraurbane sottostante ad esse.

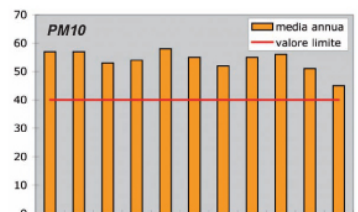
I BTX (benzene, toluene e xileni)

Il benzene (C_6H_6) è il più comune degli idrocarburi aromatici, e oltre che nei processi industriali si ritrova come antidetonante nella benzina: i BTX sono quindi presenti in atmosfera soprattutto in funzione della concentrazione del traffico veicolare.

Le polveri sospese

("particolato atmosferico aerodisperso")
Il PM (Particulate Matter) è una miscela di particelle solide e liquide con diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni, che si trovano in sospensione nell'aria; l'insieme delle particelle sospese in atmosfera è chiamato PTS (Polveri Totali Sospese).

Ai fini delle conseguenze sulla salute, il PM viene distinto a seconda della sua capacità di raggiungere le prime vie respiratorie (particelle con diametro fino a 10 micrometri) ovvero le parti più pro-



fonde dell'apparato respiratorio (diametro inferiore a 2,5 micrometri): queste sono denominate rispettivamente PM10 e PM2,5. L'importanza delle PTS nell'inquinamento atmosferico urbano è stata riconosciuta solo in anni recenti, tanto che le misurazioni sistematiche sono cominciate solo dopo il 1998. Oggi il PM10 è il parametro che più facilmente supera i limiti di ammissibilità definiti dalle norme nazionali ed europee, e insieme all' O_3 è l'inquinante che non ha fatto riscontrare miglioramenti nel corso degli anni.

In particolare, Arpa Lombardia fa rilevare che anche la composizione del particolato, con importante presenza di particolato secondario, e l'alta correlazione tra le stazioni di rilevamento confermano come il problema sia di bacino. Percentualmente non contano infatti molto le punte emissive locali, quanto la concentrazione di background particolarmente elevata e diffusa in modo omogeneo su tutto il territorio della pianura. Anche in molte stazioni della pianura, lontano da fonti di emissioni dirette, le concentrazioni medie annue di PM10 superano 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e si registrano più di 70 superamenti giornalieri della media di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ARPA Lombardia - Rapporto sulla qualità dell'aria di Milano e provincia - Anno 2008).

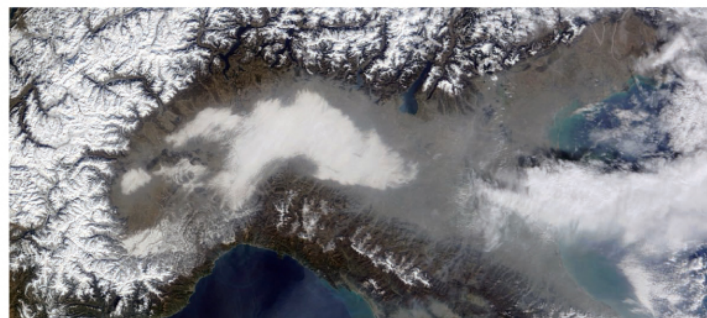
Tutti i grafici riportati in queste pagine sono stati da noi elaborati a partire dai dati di archivio dell'Arpa Lombardia, e riportano le medie annue mediate sulle 24 ore, espresse in microgrammi per metro cubo.

I fattori meteorologici

Come è facile intuire, i fattori meteorologici che predispongono alla concentrazione delle sostanze inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera sono essenzialmente la velocità del vento e l'andamento della temperatura con l'altezza (stabilità dell'aria). La presenza di brezze favorisce infatti lo spostamento orizzontale degli inquinanti, e in presenza di vento sinottico (e comunque oltre una certa velocità) questi vanno a disperdersi diminuendo significativamente la loro concentrazione in prossimità della fonte.

La dispersione in senso verticale, favorita nel caso di gradiente termico instabile (quando cioè l'aria tende a innalzarsi trasportando con sé gli inquinanti dal basso verso l'alto), viene invece impedita quando la temperatura cresce con l'altezza (inversione termica).

In generale le inversioni termiche cominciano a formarsi, per ir-



24 febbraio 2009: giornata di picco massimo dell'inquinamento atmosferico nell'inverno 2008-2009. (Courtesy of MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC)

Oltre la troposfera: bolidi e aurore polari

Osservando il cielo per scrutare i fenomeni che avvengono nella troposfera, capita di imbattersi in eventi che non appartengono al campo della meteorologia ma a quello dell'astronomia.

Bolidi

Non è raro che, al di là delle classiche "stelle cadenti" – sempre più difficili da osservare a causa dell'inquinamento luminoso – si verifichino cadute di bolidi i quali, al contatto con l'atmosfera terrestre, emettono un lampo di luce della durata di alcuni secondi, (se non di minuti nel caso di corpi dalle dimensioni più importanti) disintegrandosi prima di arrivare al suolo; estremamente rari sono i casi in cui si è rinvenuto con certezza del materiale siderale giunto fisicamente fino alla superficie terrestre; per la Lombardia abbiamo trovato una sola segnalazione (vedi oltre).

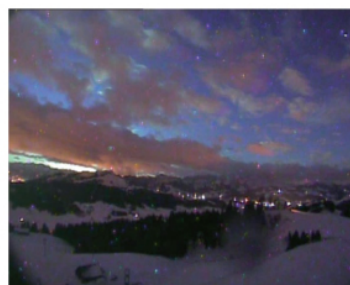
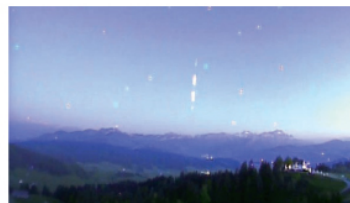
Talvolta i bolidi assumono una luminosità prossima a quella della luna piena, se non addirittura illuminano il cielo di improvvisi bagliori; è anche capitato che al loro passaggio venisse associato il rombo di un tuono, effetto molto particolare in quanto la distanza richiederebbe un tempo molto significativo tra la comparsa della luce e la percezione del suono.

Quest'ultimo evento si è verificato, ad esempio, in occasione dell'avvistamento del 12 agosto 1998.

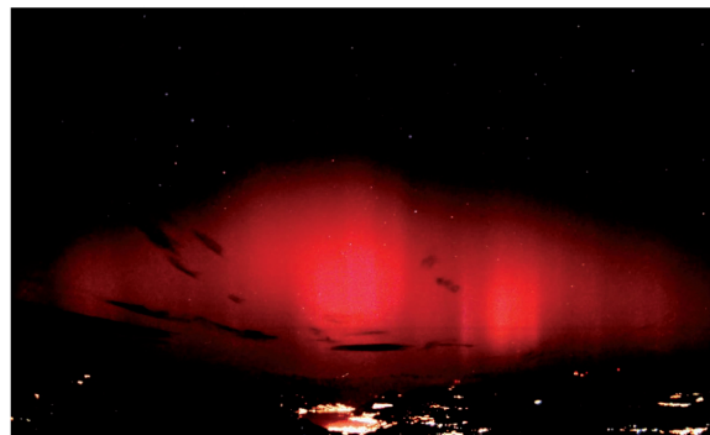
Le segnalazioni sono state migliaia poiché molti – e gli astrofili in particolare – erano in osservazione del fenomeno delle Perseidi (le "lacrime di San Lorenzo"), e si sono concentrate soprattutto nell'Italia nord-orientale ma anche nella Lombardia, nelle Marche e nel Lazio. Circa 10 minuti prima della mezzanotte fu avvistata una palla luminosa di colore verde seguita da una scia, che ha illuminato il cielo per diversi secondi, in alcuni casi accompagnata da "rumori leggeri" e (secondo alcuni testimoni) seguita da un boato aereo circa tre minuti dopo. Dato che tra i luoghi delle testimonianze e la posizione del bolide intercorrevano fino a 480 km di distanza, non poteva trattarsi di suoni generati dalle classiche onde sonore. Secondo le ricerche più recenti (cui rimandiamo per eventuali approfondimenti), il suono anomalo dei bolidi è da ricondurre al fenomeno dell'elettrofonìa: suono generato da onde elettromagnetiche. La stessa fenomenologia si registra talvolta anche per le aurore boreali. Il suono elettrofonico è generato da onde elettromagnetiche di tipo ELF/VLF (Extremely Very Low Frequency, fra 1 Hz e 100 kHz) che vengono trasformate in onde sonore udibili dall'orecchio umano a causa della interazione con il testimone e con l'ambiente circostante.

Ripetiamo di seguito la descrizione dei più significativi avvistamenti che hanno interessato i cieli di Lombardia negli ultimi cinque anni (ma che spesso si riferiscono a oggetti che hanno sorvolato territori molto più lontani), grazie alle osservazioni riportate dai gruppi astrofili dell'ITA.S.N. - Italian Superbolide Network e della Unione Astrofili Italiani - Sezione Meteore (UAI-sm). Gli orari indicati sono in tempo locale.

Bolide del 6 dicembre 2008, ore 6:10 del mattino. Un meteoroido è entrato in atmosfera sui cieli tra il Mar Ligure e la Garfagnana, producendo uno spettacolare bolide luminoso, avvistato, nonostante l'ora mattutina, da un certo numero di persone nel nord-ovest dell'Italia, e anche da alcune zone di oltre confine. Descritto come un grosso globo luminoso, il bolide ha percorso la sua traiettoria con una velocità abbastanza lenta, producendo una scia intensamente colorata e nella parte finale alcuni flash brillantissimi ed esplosioni, che lo hanno frammentato in nume-



Tre fotogrammi tratti dalle riprese della stazione automatica di Gais (Svizzera), in occasione del passaggio di bolidi che hanno attraversato anche i cieli della Lombardia. In alto, ripresa della notte del 27 ottobre 2010; al centro, traccia del bolide visto la sera del 4 giugno 2010; qui sopra, il lampo dell'esplosione, al di sopra delle nubi, del bolide osservato il 6 dicembre 2008 anche nei nostri cieli. (© Mark Vorhusen / Meteormedia)

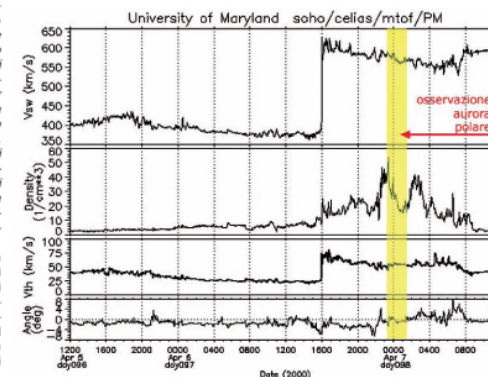


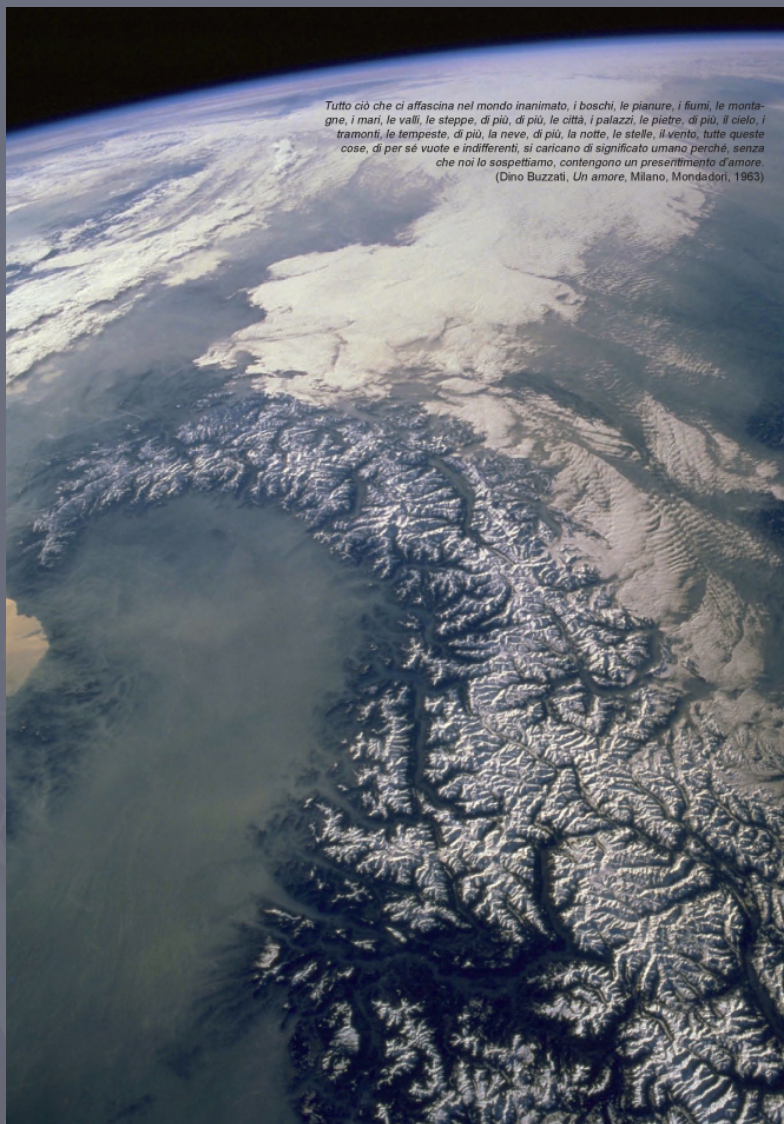
L'Aurora polare di sabato 31 marzo 2001 alle ore 22:00 (legali), ripresa dalla terrazza dell'Osservatorio Astronomico G. V. Schiaparelli, Campo dei Fiori (Varese) a 1.225 m di altitudine. Sullo sfondo le luci di Luino, sul Lago Maggiore, e la Valtravaglia. Tempo di posa 15" (Foto di Giorgio Dalla Via). Sotto, grafico dell'intensità del "vento solare" nella notte fra il 6 e il 7 aprile 2000, fornito dall'Università del Maryland.

magnetica e, circa 7 ore dopo, alla conseguente aurora boreale. Dopo questa apparizione improvvisa, si segnalano altre aurore il 15-16 luglio 2000, il 31 marzo 2001 e il 21-22 ottobre 2001, meno intense e quindi ancor più difficili da osservare per il cittadino distratto; sul Web sono comunque visibili immagini delle aurore del luglio 2000 e del marzo 2001 riprese rispettivamente da Macugnaga e da Campo dei Fiori. Ecco la descrizione dell'ultima aurora, riportata dal sito www.astrogeo.va.it: A nord, oltre le luci che dalla Valle Traviglia sfociano a Luino, sul lago, oltre i monti innevati del confine elvetico, ecco che un chiarore rosato si accende lentamente per poi estendersi da nord nord-est a nord-ovest, per oltre 90 gradi lungo l'orizzonte e circa 20 gradi in altezza. Il chiarore rosato pulsa, si accende di bagliori quasi d'incendio, si affievolisce, poi, quasi sul finire, si tinge di striature verticali più chiare. Trenta minuti dopo il chiarore rosato scompare, lentamente come si era manifestato.

Risalendo indietro nel tempo, un'altra fase in cui comparvero aurore boreali alle basse latitudini fu la fine degli anni cinquanta: si segnalano un episodio il 19 marzo 1957 visto in Lombardia e anche all'isola d'Elba; ed uno il 10 agosto 1961 visto perfino in Puglia, osservato direttamente da chi scrive.

Nel periodo 1937-1940 vi furono altre aurore boreali visibili in Italia, che furono poi interpretate come "segni premonitori" della catastrofe bellica imminente. Nella notte tra il 25 e il 26 gennaio del 1938 (dalle ore 20.45 all'1.15) si verificò una grandiosa e vastissima aurora boreale, visibile sino a Napoli; nel suo discorso al Reichstag del 30 gennaio 1939 Hitler dichiarò di aver deciso





Tutto ciò che ci affascina nel mondo inanimato, i boschi, le pianure, i fiumi, le montagne, i mari, le valli, le steppe, di più, di più, le città, i palazzi, le pietre, di più, il cielo, i tramonti, le tempeste, di più, la neve, di più, la notte, le stelle, il vento, tutte queste cose, di per sé vuote e indifferenti, si caricano di significato umano perché, senza che noi lo sospettiamo, contengono un presentimento d'amore.
(Dino Buzzati, *Un amore*, Milano, Mondadori, 1963)

I climi della Lombardia

TABELLA 126.

Principali elementi meteorologici della Lombardia.

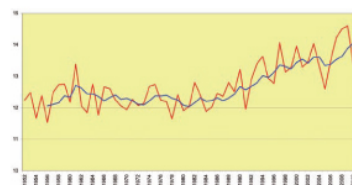
STAZIONI	Alt.	TEMPERATURE MEDIE					TEMPERATURE ESTREME				PRECIPITAZIONE mm.	NEVE cm.	VENTO km/h
		Anno	Gennaio	Luglio	Settembre	Novembre	Minimo	Massimo	Media	Maxima			
Milano	121	10,8	0,8	14,5	10,5	10,5	-10,7	20,8	10,8	74	1006	104	8,1
Monza	165	10,1	-0,1	10,5	10,5	10,5	-1,5	20,5	10,5	69	616	89	5,9
Maderno	40	10,8	1,7	10,7	10,0	10,0	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Varese	102	10,0	1,7	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Brescia	172	10,4	1,6	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Santa Maria	140	10,0	-0,2	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Lecco	195	10,7	1,9	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Como	112	11,0	1,1	10,5	10,5	10,5	-10,8	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Bioglio	102	10,4	2,1	10,5	10,5	10,5	-10,8	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Vigevano	111	10,4	0,1	10,5	10,5	10,5	-10,8	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Santa Biagia	109	10,0	-1,0	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Orlino	102	10,0	0,4	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Gravellato	103	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Beduggio	100	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Sesto	110	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Monza	100	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Salò	99	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Verona	97	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Legnano	100	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Vigevano	110	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Vercelli	100	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Cremona	100	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Parma	100	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9
Modena	100	10,0	0,5	10,5	10,5	10,5	-11,0	20,0	10,0	69	616	89	5,9

Tabella di dati meteorologici tratta da Roster, Climatologia dell'Italia..., 1909.

Le Alpi centro-occidentali e la Pianura Padana riprese dalla navicella spaziale ISS il 18 febbraio 2001 alle ore 14:46 UTC, da un'altezza di 365 km, nella direzione est-ovest.
L'Europa si trova sotto una campana anticiclonica con massimo sulla Francia, dove sono visibili estesi banchi di nebbia o di nubi basse. Sulle zone di pianura dell'Italia settentrionale grava uno strato di densa foschia, che si insinua anche nei solchi prealpini dei laghi e delle valli.
(Foto STS098-712-61 del sito <http://ed.jsc.nasa.gov>, image courtesy of the Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center)



I climi della Lombardia



Andamento della temperatura media annua a Brescia Ghedi dal 1952 a oggi. In azzurro la media ponderale su 5 anni. (Rielaborazione di dati A.M.)

°C); spostando il trentennio di dieci anni, si verifica appena una lieve compensazione (trentennio 1971-2000, $T=12,63$ °C).

Il quinquennio 2005-2009, al quale corrisponde l'attività di monitoraggio del CML, mostra un cenno di arretramento dei valori medi ($T=13,41$ °C), che scenderebbe ulteriormente se computassimo anche il 2010.

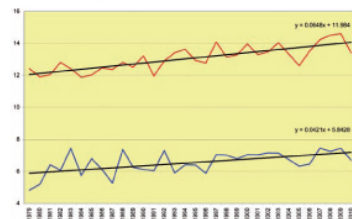
Per verificare se l'andamento osservato al suolo trova riscontro anche alle quote superiori dell'atmosfera, abbiamo calcolato le temperature medie annuali dei radiosondaggi effettuati dalla stazione di Milano Linate. I dati sono disponibili in Internet solo dal 1979.

Innanzitutto va osservato che l'andamento delle temperature medie alle diverse quote "standard" (850, 700 e 500 hPa) appare pressoché identico; abbiamo graficizzato quindi solo quello che riguarda la quota di 850 hPa (che risulta collocarsi, nella media del trentennio 1979-2010, a un'altezza di 1.490 metri con oscillazioni da un anno all'altro fra 1.474 m e 1.511 m).

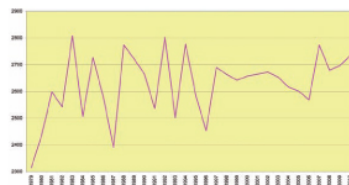
Nel trent'anni la temperatura media a questa quota è aumentata, pur con frequenti oscillazioni, di oltre 1 °C; si noti però come la retta di interpolazione lineare mostri un coefficiente di 0,04 (quattro decimi ogni 10 anni) rispetto alla corrispondente linea delle temperature al suolo (coefficiente 0,06).

Il riscaldamento dunque è più avvertito al suolo che non alle quote superiori, in proporzione di circa una volta e mezzo.

Una conferma del trend termico in quota viene dalla verifica dello zero termico: questo si colloca ad un'altitudine progressivamente più elevata, anche se fra il 1979 e il 1996 la caratteristica è soprattutto la notevole variabilità da un anno all'altro (al di sotto dei 2.400 metri nel '79 e nell'87, sfiora i 2.800 m nell'83 e nel '93; per quasi un decennio si assesta poi sui valori



Raffronto tra le temperature medie annue al suolo - in rosso - ed alla quota di 850 hPa (in media 1.492 metri), in blu. Le stazioni di riferimento sono Brescia Ghedi per il suolo e Milano Linate per i valori in quota (da radiosondaggio). In nero le rispettive rette di regressione. (Rielaborazione su dati A.M.)



Quota media annua dello zero termico dal 1979 ad oggi in base ai radiosondaggi di Milano Linate. (Rielaborazione di dati A.M.)

alti (tra 2.600 e 2.700 metri), in coincidenza con le annate mediamente più calde, mostrando ultimamente nuove oscillazioni in alto e in basso.

Il trend delle precipitazioni

Ci siamo dilungati sulle temperature, come elemento-guida dell'evoluzione del clima, anche perché l'altro parametro di rilievo, ossia le precipitazioni, non presenta sulla media annua una tendenza significativa.

Anche in questo caso la ricerca di una serie storica affidabile e confrontabile non è facile, sia per la collocazione degli strumenti sia per le modalità di misura che sono andate mutando con gli anni.

Per una verifica della storia recente abbiamo centrato l'obiettivo su Milano, che dispone della serie storica dell'Osservatorio di Brera con dati completi almeno dal 1768. A partire dal 1951, alla serie di Brera abbiamo sostituito quella di Milano Linate, molto affidabile nei suoi primi decenni di funzionamento, i cui dati, in quanto "ufficiali", sono facilmente reperibili e di pubblico dominio.

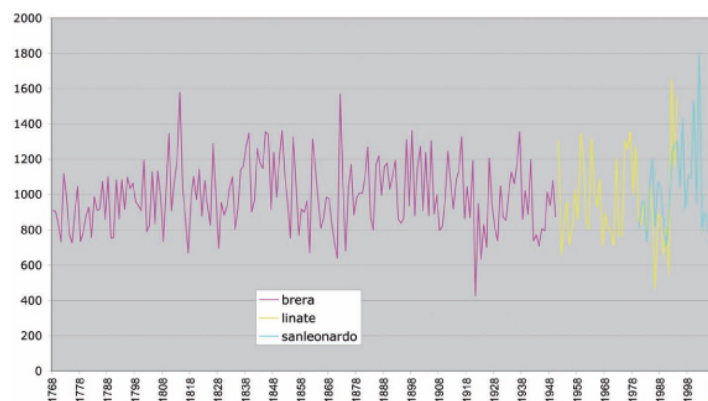
Purtroppo a un'analisi delle serie storiche di Linate abbiamo riscontrato crescenti incertezze sulla qualità dei dati a partire dal 1985, e una decisa inaffidabilità dal 1995 in poi, quando ad esempio risultano spesso omesse le quantità di precipitazione in occasione delle nevicate (mm di acqua corrispondenti alla neve disciolta).

Potendo ragionevolmente ritenere che sulla media annua la quantità di precipitazioni entro una decina di km in aperta pianura non possa variare in modo sostanziale (cosa certamente non vera sui singoli eventi precipitativi), a partire dal 1980 abbiamo quindi introdotto nel grafico i valori della stazione CML di Milano San Leonardo.

Pur tenendo conto dei limiti dovuti al susseguirsi delle diverse stazioni di riferimento, è comunque verificabile che la quantità annua di piogge continua, dopo due secoli e mezzo, a oscillare intorno ai 1.000 mm, con notevoli variazioni da un anno all'altro. Resta indubbio il record di siccità dell'anno 1921 (con soli 426 mm rilevati a Brera), così come il 2002 sembra essere stato l'anno più piovoso (in base ai dati di San Leonardo, cosa che non risulta però dalle serie di Linate).

Gli anni più recenti hanno fatto temere - in concomitanza con l'evidente aumento delle temperature - un progressivo inaridirsi del clima, che ha visto il periodo 2003-2007 particolarmente deficitario, soprattutto negli apporti pluviometrici invernali. In realtà questa fase era stata preceduta da un quinquennio (1992-1996) di precipitazioni abbondanti e da un periodo (1997-2002) in cui fasi siccitose di due-tre mesi si alternavano a episodi alluvionali (tropicalizzazione del clima).

La tendenza, negli ultimi tre anni, sembra essersi invertita, confortando l'ipotesi che dal punto di vista pluviometrico l'estrema variabilità è sempre stata la caratteristica del nostro clima.



Totale annuo di precipitazioni a Milano dal 1768 a oggi. Sono stati adoperati i valori di stazioni diverse nei diversi periodi, a causa della incompletezza o della minore attendibilità per alcuni di essi. Fonti: Osservatorio di Brera, Aeronautica Militare (per Linate) e CML (per San Leonardo).

Il clima a scala regionale (mesoclima)

L'inquadramento di una regione geografica in un determinato tipo di clima dipende dalla scala rispetto alla quale vogliamo analizzare il problema.

La più classica delle classificazioni climatiche a scala globale è quella del Koppen (variata e integrata poi da altri studiosi), che si basa sulle temperature medie e le precipitazioni, e ha un uso generale soprattutto ai fini ecologico-forestali, ma che, potendo disporre di molti altri parametri più raffinati, dobbiamo ormai considerare puramente didattica.

Ne riportiamo comunque, per completezza di informazione, la rappresentazione grafica, dalla quale si evince che la maggior parte della regione appartiene al clima "temperato (mesotermico) con estate molto calda", mentre dai 400 metri di quota in su si succedono i climi di altitudine via via più freschi.

Allontanandoci da rigidi schemi precodificati, possiamo dire comunque che, pur nell'ambito di una fascia climatica temperata, la pianura lombarda costituisce una regione di transizione tra il clima

mediterraneo - tipico della nostra penisola - e i climi mitteleuropei che vanno dall'oceano (Francia occidentale) al continentale (Germania e Paesi dell'Est).

L'orografia dell'Italia settentrionale determina la particolarità del clima padano, e quindi di quello lombardo in particolare.

Infatti - come si è già potuto constatare esaminando i "tipi di tempo" nella prima parte dell'Atlante - l'Appennino settentrionale limita fortemente l'influenza del Mediterraneo, e viceversa l'arco alpino ostacola sia i flussi umidi provenienti dall'Atlantico sia le incursioni di aria fredda che invadono molto più direttamente le grandi pianure europee.

La Pianura Padana presenta quindi una moderata continentalità, per così dire "fatta in casa", per la ridotta influenza delle avezioni di aria "nuova" dai diversi quadranti.

Ecco pertanto le escursioni termiche annuali più accentuate rispetto alle regioni affacciate sul mare, a causa dell'impossibilità di godere dell'azione termoregolatrice della massa d'acqua: gli inverni sono quindi più freddi man mano che ci si allontana dall'Adriatico, e le

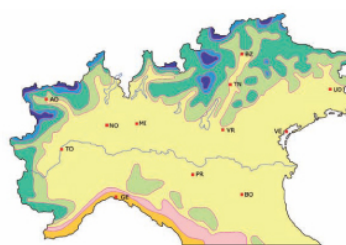
A destra, la classificazione tradizionale (da Koppen), adottata prevalentemente a fini ecologico-forestali, basata sui parametri incrociati di temperatura e precipitazioni.

Le classi che interessano l'Italia settentrionale (identificate in legenda) corrispondono alle seguenti descrizioni:

ET = clima nivale di altitudine
 CF = clima freddo di altitudine
 EF = clima freddo di altitudine

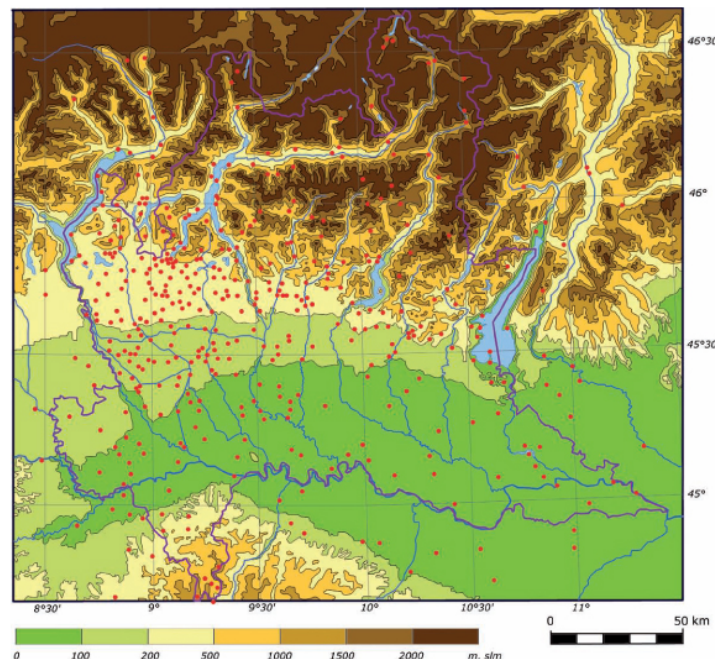
DF = clima microtermico umido in tutte le stagioni
 Cfc = clima mesotermico umido con estate breve
 Cfb = clima mesotermico umido con estate calda

Cfa = clima mesotermico umido con estate molto calda
 Csb = clima mesotermico umido con estate asciutta e calda
 Csa = clima mesotermico umido con estate asciutta e molto calda



Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia





Geografia della Lombardia: ai fini di una interpretazione dei climi locali va osservato in particolare l'andamento del rilievo. In rosso le stazioni CML.

estati invece sono caratterizzate dal surriscaldamento del catino padano, specialmente nei mesi di giugno e luglio. Sollevandoci di quota lungo le Alpi, si passa poi gradualmente a regimi termici tipici della montagna, ma con vistose peculiarità locali, come vedremo negli approfondimenti successivi. La disposizione dell'orografia determina inoltre l'andamento pluviometrico sulla regione: poiché le precipitazioni sono accentuate, sopravvento, dallo sbarramento delle catene montuose, la distribuzione media su base annua vede un minimo lungo l'asse del Po, e un graduale aumento fino alla fascia prealpina. La distribuzione stagionale, a nord del Po e lungo le Alpi, è caratterizzata da un minimo invernale e due massimi nelle stagioni intermedie, con l'estate quantitativamente ancora piovosa, a causa delle precipitazioni di natura convettiva; a sud del Po e verso l'Appennino il regime tende ad avvicinarsi a quello del clima mediterraneo, con estati più asciutte e un graduale aumento delle precipitazioni invernali.

Fin qui il quadro geografico generale: è tuttavia necessario scendere ulteriormente di scala per scoprire quanta varietà di climi si ritrovi effettivamente nell'ambito regionale.



La posizione della Lombardia nella Pianura Padana è più centrale di quanto non si immagini, e con i suoi estremi è anche relativamente vicina ai due mari. Immagine satellitare del 1° agosto 2010. (Courtesy of MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC)



Alpi e prealpi



Scioccianeve sulla Grigna dall'Alpe Cova (Lecco), il 27 gennaio 2007. (Foto di Nicola Lagiannella)

La definizione statistica delle zone altimetriche usata in Italia (pianura, collina, montagna) non è certo utile alla individuazione delle aree geografiche con caratteristiche fisico-climatiche omogenee. In base ai dati ISTAT, la Lombardia sarebbe ricoperta da montagna per il 40,5% del territorio, da colline per il 12,4% e da pianure per il 47,1%. Questi dati corrispondono alla suddivisione altimetrica da zero a 300 m, da 300 m a 600 m e oltre 600 m. Ai nostri fini abbiamo invece considerato la quota di 1.000 metri, come delimitata nella figura alla pagina seguente, evidenziando anche la quota di 1.500 come significativa di un clima prettamente montano.

La quasi totalità del territorio montano – comunque lo si voglia considerare – appartiene alle Alpi; la limitata porzione di Appennino che interessa l'Oltrepò Pavese è una propaggine dell'Appennino Ligure, e raggiunge con la punta di Lesima la quota di 1.724 m: se ne parlerà nel capitolo L'Appennino.

La nomenclatura delle diverse sezioni che costituiscono la catena alpina è stata recentemente aggiornata (si veda la nota in didascalia alla pagina seguente); in base alla classificazione oggi

riconosciuta, la Lombardia è interessata da una porzione delle Alpi Lepontine (lungo lo spartiacque fra il Ticino svizzero e il Lago di Como), che terminano al passo dello Spluga; una parte delle Alpi Retiche occidentali (che fanno da spartiacque tra l'Adda e i bacini centroeuropei del Reno e dell'Inn, confluyente quest'ultimo nel Danubio), fino al passo dello Stelvio; una parte delle Alpi Retiche meridionali (comprese tra l'alto bacino dell'Adda e quello dell'Oglio da un versante, e il bacino dell'Adige dall'altro); le intere Alpi bergamasche (o Orobiche). Si individuano, inoltre, da ovest a est, le Prealpi luganesi (ulteriormente suddivise in Varesine e Comasche), le Prealpi bergamasche (dall'Adda all'Oglio), le Prealpi bresciane fino al Mera) e quelle Gardesane.

I rilievi di maggiore importanza appartengono alle Retiche: sono i massicci del Badile-Disgrazia, del Bernina, dell'Ortles-Cevedale e dell'Adamello, che superano tutti abbondantemente la quota di 3000 m. L'altitudine massima del territorio lombardo si trova nel Bernina lungo il confine svizzero, e corrisponde alla Punta Peninchet (o La Speda), con 4.021 metri sul livello del mare; la cima vera e propria del Pizzo Bernina arriva a 4.049 m, ma si trova in territorio svizzero.



I climi della Lombardia

cano le Prealpi Orobie sono in grado di incanalare e portare fino alla testata i nuclei precipitativi: in queste condizioni sono favoriti anche i versanti occidentali delle valli trasversali, ed è l'unica condizione in cui anche l'alta Valtellina può godere di precipitazioni consistenti.

Una componente più sud-orientale, invece, trova successivi sbarramenti nelle Prealpi bresciane e negli spartiacque delle valli trasversali che sono leggermente orientati in direzione nord-est – sud-ovest; in questo caso, i versanti favoriti dalle precipitazioni sono quelli più prossimi alla pianura, mentre soffrono la Valcamonica e l'alta Valtellina, che rimangono in ombra pluviometrica. Anche all'interno delle valli bergamasche, i successivi sbarramenti orografici riducono l'entità delle precipitazioni, con l'eccezione dell'alta Val Brembana, dove la conformazione orografica favorisce sempre un consistente apporto precipitativo (la testata della valle, con Foppolo e San Simone, gode degli accumuli nivometrici più importanti nel gruppo delle Orobie).

Valutazioni similari possono essere fatte per tutte le valli minori della fascia prealpina.

Va tuttavia considerato che, innalzandosi di quota, l'effetto sbarramento tende a venir meno. In questo modo le creste, anche quelle dei rilievi secondari, presentano facilmente degli apporti

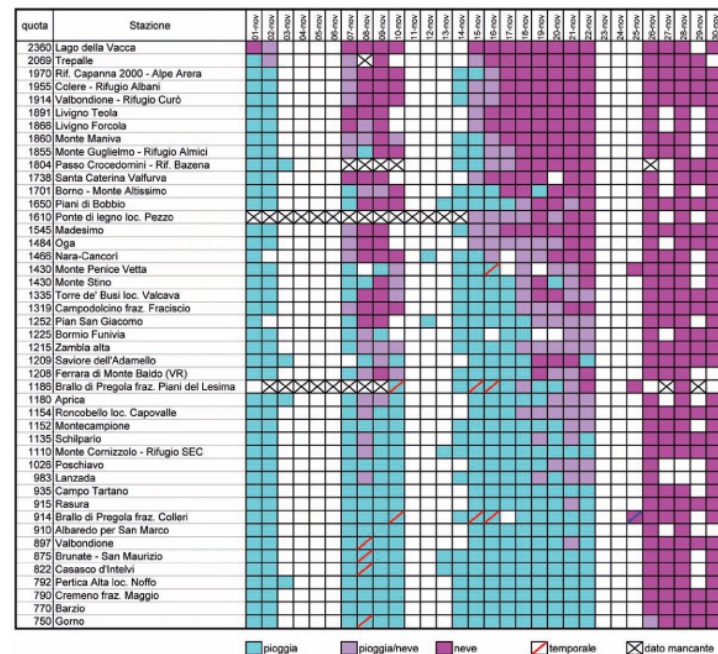
precipitativi indipendentemente dalla provenienza delle correnti umide; ciò valga anche per le selle che sono investite sia da un versante che dall'altro.

Si rimanda, per ulteriori considerazioni, al capitolo dedicato alle valli bergamasche.

Tornando a esaminare il territorio montano in generale, una volta appurata la differente distribuzione delle precipitazioni nei diversi settori alpini, è interessante osservare le caratteristiche dell'innescamento.

Infatti, in modo simile a quanto si è osservato per le temperature, che sono soggette a forti differenziazioni locali conseguenti soprattutto all'irraggiamento notturno e all'innescamento delle brezze di pendio, in caso di precipitazioni la quota neve può essere influenzata dal ristagno di sacche di aria più fredda intrappolata nelle valli, che consente la discesa del focolo sino a fondovalle quando su versanti più esposti questo si è già trasformato in pioggia.

A seconda dell'andamento delle correnti una valle può risultare più riparata di un'altra, e non è possibile fare un discorso generalizzato. A titolo esemplificativo si è comunque preso in considerazione un periodo di tempo significativo per esaminare, attraverso le osservazioni della rete CML, il comportamento della quota neve: si è scelto il mese di novembre 2010, caratterizzato



pioggia pioggia/neve neve temporale dato mancante



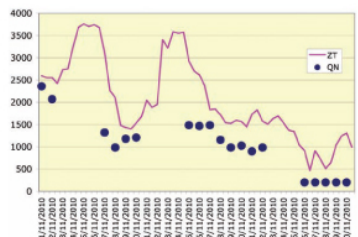
162

Centro Meteorologico Lombardo

da quattro diverse fasi perturbate, con zero termico in graduale discesa, a segnare il passaggio dall'autunno verso l'inverno. Le stazioni prese in esame sono tutte quelle poste a quota superiore a 750 metri.

Dalla tabella si osserva come i primi due giorni del mese, ovunque molto piovosi, hanno visto la neve solo a quote superiori ai 2.000 m; lo zero termico risultava, in questa fase, poco oltre quota 2.500.

Dopo una breve fase senza precipitazioni, e con zero termico schizzato a 3.700 m, segue un periodo di quattro giorni con temperature decrescenti. All'inizio di questa fase si hanno precipitazioni esclusivamente nevose solo nelle stazioni di conca del Livignasco e della Valfurva poste oltre i 1.700 metri: altrove si registra pioggia e neve anche a quote prossime ai 2.000 metri, tranne al Lago della Vacca, che supera i 2.300. Nelle Prealpi bergamasche prevale la pioggia anche a quota 1.700 (Monte Altis-



Quota dello zero termico e quota neve nelle stazioni di montagna della rete CML (novembre 2010).

Nella tabella alla pagina precedente, la rilevazione dei fenomeni giorno per giorno.



Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

simo, Piani di Bobbio), e pioggia mista a neve a quote inferiori viene segnalata solo nelle stazioni alpine più interne: Madesimo, Campodolcino, Oga, e in Svizzera.

Nei due giorni seguenti la neve scende – in concomitanza con l'abbassamento dello zero termico – fin verso i 1.000 metri, ma alternata alla pioggia alle quote più basse: neve piena è garantita solo a partire dai 1.300 metri, e persino Bormio fatica ad allontanarsi dalla pioggia nonostante lo zero termico sceso sotto i 1.500. La pioggia riguadagna terreno il quarto giorno.

La terza fase, iniziata a partire dal 14 novembre, ha visto nuovamente, dopo un rialzo termico sensibile, la graduale discesa dello zero termico, ben rappresentata dal grafico. Un primo giorno di prevalenti pioviggini a tutte le quote (e zero termico ancora oltre i 3.500 m), è seguito dalla comparsa di pioggia e neve nelle Alpi più interne fino a 1.500 m (ma non nelle Orobie, dove piove ancora fino a 2.000 m); nei due giorni seguenti è tutta neve fino a Santa Caterina Valfurva e poi fino a Madesimo (ma con pioggia ancora, ad esempio, ai Piani di Bobbio). Finalmente il 18 lo zero termico scende sotto i 1.500 m, e la neve compare, insieme alla pioggia, fino a Roncobello (1.154 m) e l'indomani fino a Lanzada; ma in diverse località prealpine è segnalata ancora pioggia intorno a quota 1.200. I giorni seguenti la neve guadagna ancora quota verso il basso, ma – come si può constatare osservando i dettagli della tabella – compare spesso insieme alla pioggia a seconda della capacità delle singole valli di trattenere o meno il freddo.

Senza storia il periodo finale del mese, che vede neve fino al piano ovunque.

Si notino anche – individuati con apposito simbolo – gli episodi temporaleschi ricorrenti nelle località appenniniche, che lungo l'arco alpino nel semestre freddo sono pressoché inesistenti; fa eccezione il giorno 8 novembre con la segnalazione di isolati temporali nel Comasco e in Valbondione.

Il raffronto diretto tra l'andamento dello zero termico in libera atmosfera e la quota neve raggiunta nelle stazioni alpine dà un altro elemento per valutare il comportamento delle precipitazioni nelle valli alpine; si osserva che la quota neve minima (nelle valli più fredde) si aggira sui 500 metri al di sotto dello zero termico: non tragga in inganno il "gap" rilevabile dal grafico all'inizio dei due periodi perturbati quando lo zero termico inizia a scendere, in quanto le rilevazioni in quota sono effettuate alle 00 e alle 12 mentre la precipitazione nevosa può essersi verificata alla fine della giornata, con lo zero già "abbassato".



Nelle tre immagini, aspetti della montagna sotto diverse vesti stagionali. Qui sopra, Alpe Devero (Verbania) dopo le eccezionali nevicate dell'inverno 2008. (Foto di Stefano Anghileri)

A sinistra, in alto: monte Muggio (Lecco), tramonto autunnale con mare di nubi basse nel mese di novembre. (Foto di Stefano Anghileri)

In basso, veste autunnale del paesaggio nella Valle dei Grassi Lunghi. (Foto di Nicola Laganiella)

163



Alta Valtellina e Livignasco

con il contributo di **Livio Perego**



Notturmo della conca di Livigno. (Foto di Livio Perego)

Le particolari caratteristiche morfologiche, e conseguentemente microclimatiche, dell'alta Valtellina, di cui abbiamo già fornito qualche anticipazione, meritano un approfondimento specifico. Innanzitutto per alta Valtellina intendiamo indicare quella parte di territorio avente per limite meridionale Grosio e limite settentrionale dettato dal confine amministrativo con la Svizzera, quindi Livignasco e Bormiese.

All'interno di quest'area, che presenta elevate omogeneità climatiche, possiamo però separare il Livignasco, che a causa della posizione geografica posta a nord dello spartiacque alpino è oggetto di fenomeni meteorologici talvolta perfino opposti a quelli che colpiscono più a sud e che analizzeremo in seguito, e le frazioni più settentrionali dell'abitato di Valididentro (Semo-Arnoga), che pur trovandosi a sud risentono degli effetti tipici del versante nordalpino; a suffragio di tale particolare po-

sizione basti citare il fatto che le acque dello Spöl - il fiume che attraversa Livigno - terminano il loro percorso nel Mar Nero dopo aver attraversato il cuore dell'Europa confluenndo nell'Inn e quindi nel Danubio.

L'aspetto forse più rilevante dell'area è la scarsità di precipitazioni: le medie precipitative annuali pongono l'alta Valtellina agli ultimi posti tra le zone alpine e perfino a livello nazionale a causa dell'orografia delle zone circostanti. Le uniche occasioni per buone precipitazioni si hanno in presenza di tempo di stampo atlantico ovvero con passaggi di perturbazioni aventi traiettoria ovest-est o sud-ovest - nord-est.

La ventilazione

La ventilazione è tipicamente a regime di brezza, in relazione al soleggiamento. Importante la presenza della Breva che risale



Sopra, la geografia della Valtellina e delle valli adiacenti; si notano le differenze tra i confini amministrativi ed i confini geografici, per cui alcune porzioni del bacino dell'Adda (la Val Bregaglia e la Val Poschiavo) appartengono alla Svizzera, mentre l'Italia ha nel suo territorio parti di bacini nordalpini (la Val di Lei e la Valle di Livigno).
In basso, la conca di Bormio e l'area dello Stelvio fotografate dalla navicella ISS alle ore 9:49 del 23 dicembre 2002 da una distanza di circa 350 km. (Foto ISS004-E-10166 dal sito <http://eol.jsc.nasa.gov>. Image courtesy of the Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center)

dal fondovalle a partire da aprile fino a ottobre: si presenta in tutte le giornate di bel tempo tra la tarda mattinata e la sera, e raggiunge punte fino a 40 km/h.

Nel Livignasco si nota un'intensità minore (raramente si superano i 25-30 km/h) e si alterna alla brezza di monte serale, che scende dai pendii montuosi abbassando molto velocemente la temperatura dopo il tramonto per arrestarsi nel cuore della notte.

Per quanto riguarda il Föhn, il Bormiese, trovandosi nelle immediate vicinanze (versante sud) dello spartiacque alpino, è in parte riparato dai venti settentrionali di caduta e pertanto non risente pienamente dell'effetto favonico, così come lo conosciamo in pedemontana, ovvero turbolento e accompagnato da rilevante aumento della temperatura. Sono infatti piuttosto frequenti i fenomeni di "sfondamento" con nubi e precipitazioni fino all'alta Valididentro, specialmente nel caso di rapide perturbazioni atlantiche con provenienza da nord-ovest. In questo caso il Livignasco è un mondo a sé, in quanto per la già descritta posizione a nord dello spartiacque alpino è interessato addirittura da Stau, un po' come accade in Engadina con precipitazioni portate da nord (nel semestre freddo le precipitazioni assumono quasi sempre carattere nevoso).

Altra condizione particolare che colpisce esclusivamente il Livignasco è il vento da nord-est: questo vento, che in Svizzera è conosciuto con il nome di Bise, si presenta nella cittadina extradoganale a causa dell'apertura della conca livignasca verso la Valle del Gallo e l'Engadina, assume d'abitudine la massima intensità proprio a ridosso delle rive del Lago di Livigno allo sbocco della Valle del Gallo in quanto forzato dall'esigua ampiezza della medesima, e diviene via via più debole man mano che ci si allontana dal lago per risultare pressoché assente oltre la zona di S. Rocco ovvero ai limiti occidentali della zona abitata.



La bassa e media Valtellina

di Emanuele Mazza



Una parte della bassa valle ripresa dal versante orobico nel comune di Corno Valtellino il 3 dicembre 2008. (Foto di Riccardo Scotti). A fondovalle si individua l'abitato di Morbegno (contrassegnato con A nello schema a lato); sul versante opposto le frazioni di Civo (B); sulla destra, il Culmine di Dazio (C), dove termina la bassa valle e, con una stretta morfologica, si apre la media valle. Sullo sfondo, la cima del Monte Diavolera (D), 3.678 m. Si noti l'ottimo innevamento sul versante orobico (siamo circa a quota 1.200, sulle pendici del monte Olano), a fronte di un versante retico soleggiato e quasi privo di neve fino a quote elevate.



Morbegno e la retrostante Valgerola riprese dal versante retico nel comune di Civo (è l'immagine reciproca a quella vista in apertura del capitolo). Ripresa del 2 gennaio 2009. (Foto di Fabio Tironi)



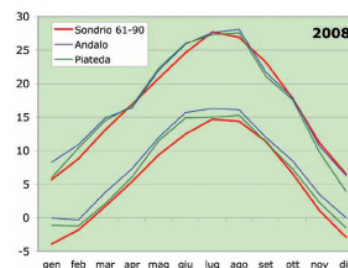
La media valle vista da Poggiridenti verso ovest, in una foto degli anni 1980; i fumi di un incendio che si è sviluppato alle spalle della Val Masino denunciano la stratificazione dell'aria e la formazione delle inversioni termiche in valle. (Foto di Bruno Grillini)

gistrare giornate con temperatura massima inferiore allo zero (la cosiddetta "giornata di ghiaccio"): sempre a mo' di esempio, quando attorno al 18-20 dicembre 2009 tutta la pianura lombarda ha registrato anche diverse giornate di ghiaccio consecutive, si è avuta una sola giornata a Villa di Tirano (18 dicembre) in cui a una minima di -8.8 °C ha corrisposto una massima di 0.0 °C (valore ben più alto, comunque, rispetto alle massime ampiamente negative della pianura); mentre il 20 dicembre, pur con una minima di -9.8 °C, vi è stata una massima di +0.9 °C.

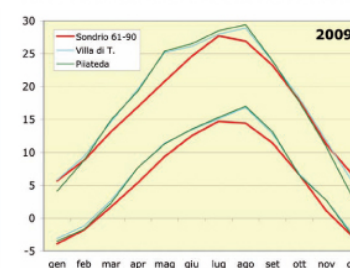
Le rare giornate di ghiaccio avvengono semmai durante nevicate dopo decise irruzioni fredde, nelle quali la massima si ferma al più pochi decimi o uno-due gradi sotto lo zero (eccetto quest'episodio, le ultime giornate di ghiaccio a Villa risalgono ai giorni 30 e 31 dicembre 2005).

Al tempo stesso però le località del versante ombreggiato nelle quali la temperatura di giorno fatica a risalire fanno sempre registrare numerose giornate di ghiaccio: per confronto, sempre nel dicembre 2009, Piateda ha avuto sei giorni di ghiaccio consecutivi dal 15 al 20 dicembre.

L'elevata escursione termica si presenta anche a livello stagionale, non solo con un deciso divario fra le medie di dicembre/gennaio nei confronti di luglio/agosto, ma anche con un rapido riscaldamento primaverile e un marcato raffreddamento autunnale.



Temperature medie mensili (minima e massima) in alcune stazioni della rete CML negli anni 2008 e 2009, raffrontate con la media trentennale di Sondrio. Ricordiamo che il confronto fra i dati delle moderne stazioni del CML e quelli delle stazioni meteo di alcuni decenni fa è per forza di cose poco omogeneo. I dati assumono principalmente una valenza indicativa e non assoluta.



La Valcamonica

di Sergio Reghenzani
foto di Mauro Fiora (www.grandifoto.it)



La bassa Valcamonica vista da Piancogno in direzione di Darfo e del Lago d'Iseo il 18 dicembre 2004, giornata di forte favonio.

La Valle Camonica o Valcamonica è una vallata di origine glaciale situata in provincia di Brescia che si estende per una lunghezza di circa 90 km, da Pisogne fino a Ponte di Legno. In tutta la sua lunghezza è percorsa dal fiume Oglio. Fanno inoltre parte della Valcamonica anche numerose valli tributarie laterali tra cui le più importanti sono la Val di Scalve, la Val Paisco e la Val di Corteno sul lato occidentale e la Val Grigna e la Val di Saviore sul lato orientale.

Per via della vastità del territorio, la diversa altimetria e il fatto che la Valcamonica si estenda dalle Prealpi sino ad arrivare nel cuore delle Alpi, il clima è molto diverso di zona in zona. È pertanto necessario dividere il territorio in vari settori per poter individuare le caratteristiche climatiche principali.

La Valcamonica generalmente è divisa in tre tratti, bassa, media e alta, ma climaticamente è più corretto dividerla in cinque tronconi principali, che qui di seguito ripercorriamo da sud a nord.

Settore Pisogne-Gianico

Questo settore è disposto da sud-ovest a nord-est. In questo tratto la vallata è molto larga ed è affiancata da montagne di modesta altezza (generalmente inferiori ai 2.000 metri) ed è pertanto molto soleggiata. Il vicino Lago d'Iseo crea delle insistenti brezze lacustri che rendono il clima diurno meno caldo rispetto al troncone di valle posto più a nord. Il soleggiamento è molto intenso in tutte le stagioni, ma meno evidente nel settore orientale dove, in inverno, il sole sorge in tarda mattinata e in alcuni tratti non prima di mezzogiorno.

Le precipitazioni sono tipiche del settore prealpino insubrico, ben distribuite durante tutto l'anno, più abbondanti in tarda primavera e a fine estate.

Rari ma intensi fenomeni temporaleschi, alcuni violenti e accompagnati da grandine, specie tra Lovere e Pisogne provenienti dalla vicina Val Cavallina.

Scarsa nevosità, specie nel fondovalle ma con episodi di Stau possibili (più diffusi a sud sul Sebino). Rare nevicate da scorrimento per via delle termiche spesso al limite tra neve e pioggia. La zona è inoltre raggiunta velocemente dai venti di scirocco e pertanto la quota neve si rialza rapidamente fino a livelli di alta montagna.

Settore Gianico-Civate Camuno

Anche questo settore è disposto da sud-ovest a nord-est. Non ci sono notevoli diversità rispetto al tratto precedente in quanto, anche in questa zona, la valle è molto larga e quindi molto soleggiata. Fa eccezione il versante orientale che in inverno non riceve il sole per alcune settimane. Pertanto il paesaggio tra un lato e l'altro della valle in inverno appare assai differente. Spesso innevato o coperto di brina a est e spoglio e addirittura verdeggiantissimo a ovest. Le vette delle montagne s'innalzano a tratti fin verso i 2.300-2.400 metri. Rispetto al tratto di valle precedente qui abbiamo una minor incidenza delle brezze lacustri (il lago è a 10-20 km di distanza) e pertanto abbiamo temperature massime più elevate. Questo risulta quindi essere il punto più caldo di tutta la valle. Agli sbocchi della Val di Scalve e della Val Grigna si formano inoltre delle correnti d'aria che rinfrescano parecchio le zone interessate.

Inoltre la zona pianeggiante Attola di Darfo in inverno risulta particolarmente fredda e umida e non è raro imbattersi in estese brinate e qualche banco di nebbia.

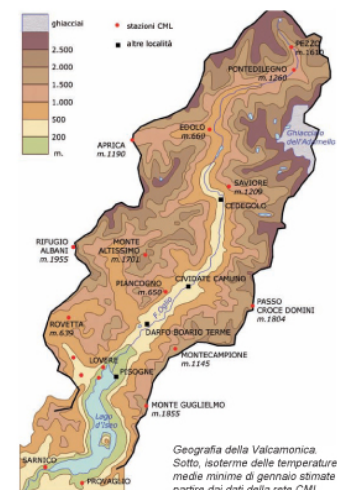
Le precipitazioni sfumano salendo verso nord diventando via via tipiche del settore alpino. La linea immaginaria di demarcazione parte da Borno passando per Pianborno fino ad arrivare alla Sacca di Esine. Molto frequentemente in nord di questa linea mentre a sud si sviluppano temporali, spesso autorigeneranti che persistono anche per ore. Più raramente lo sviluppo di questa linea avviene più a nord (tra Civate Camuno e Bienno), ma in ogni caso si tratta di una fase temporanea che va rafforzandosi verso sud. Frequentissimi i temporali estivi di calore che dalle vicine Orobie slittano verso sud-est interessando soprattutto il versante occidentale della valle. Inoltre una "sorgente" di temporali è la Val di Scalve con l'alta Val Grigna. Le precipitazioni risultano più abbondanti in estate rispetto agli altri periodi dell'anno. Rari fenomeni temporaleschi accompagnati da grandine, più frequenti da Pianborno verso sud. Questo è il tratto più piovoso di tutta la valle in quanto si trova a metà tra Alpi e Prealpi e riesce a ricevere, anche se in maniera marginale, gli effetti di uno e dell'altro settore.

Scarsa nevosità, specie nel fondovalle. Qui rispetto al settore precedente è assente anche lo Stau ad eccezione della più chiusa Val Grigna, in particolare tra Bienno e Prestine. Rare nevicate da scorrimento ma sempre con termiche in bilico tra pioggia e neve. La zona è inoltre raggiunta velocemente dai venti di scirocco e pertanto la quota neve si rialza rapidamente fino all'alta montagna. Inoltre l'orografia inibisce parecchio le precipitazioni che possono risultare spesso assenti con correnti tese da est e sud-est.

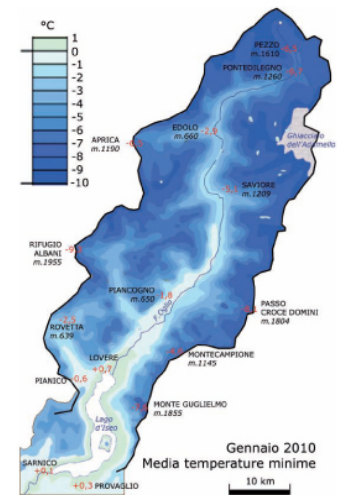
Settore Civate Camuno-Cedegolo

In questa zona la valle inizia a subire un sostanziale cambiamento.

Innanzitutto la disposizione è sud-nord. Inoltre tra Civate Camuno e Breno è presente una strozzatura che blocca le brezze da sud. A questo punto la valle inizia piano piano a farsi più stretta e le montagne circostanti, Concarena, Pizzo Badile e le prime propaggini dell'Adamello, ci fanno capire che ci stiamo addentrando pienamente nel comparto alpino. Per via di questa conformazione il soleggiamento è molto ridotto rispetto alle zone più meridionali, ma rispetto ai tratti precedenti non c'è grossa differenza di soleggiamento tra sponda destra e sinistra, le tempe-



Geografia della Valcamonica. Sotto, isoterme delle temperature medie minime di gennaio stimate a partire dai dati della rete CML.



Gennaio 2010
Media temperature minime
10 km

Val Sabbia e Valtrompia



Scorcio di Sabbio Chiese il 31 gennaio 2010 (Foto di Fabio Marenza). Sotto, geografia delle valli bresciane; in rosso le stazioni della rete CML.

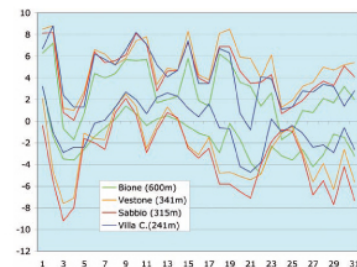
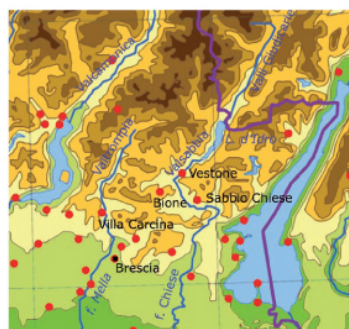
Tra il Lago d'Iseo e il Garda si sviluppano, in mezzo alle Prealpi bresciane, le valli tracciate dai fiumi Mella e Chiese, rispettivamente la Valtrompia e la Val Sabbia.

Mentre per i dati che riguardano la montagna rimandiamo al capitolo generale sulle stazioni in quota, accenniamo qui ad alcuni aspetti del comportamento climatico del fondovalle.

La Valtrompia risale alle spalle di Brescia in direzione sud-nord, fino al Passo Maniva e da qui al Croce Domini. Nella parte inferiore della valle, questa è circondata da cime non molto elevate e le particolarità climatiche sono intermedie fra quelle della pedemontana e quelle delle valli interne.

La Val Sabbia invece ha inizio appena a monte di Salò, sul Lago di Garda, e assume un andamento sinuoso che, nel primo tratto, la rende meno attaccabile dai ricambi d'aria; ciò favorisce, a fondovalle, la persistenza di inversioni termiche notturne con temperature minime decisamente inferiori rispetto alle località collinari circostanti.

Mentre per la Valtrompia non sono disponibili, al momento, stazioni della rete CML, al di fuori di Villa Carcina, posta all'imbocco della valle, la bassa Val Sabbia è invece ben monitorata dalle stazioni di Sabbio Chiese e Vestone; in posizione più elevata (a 600 m di quota) c'è inoltre la stazione di Bione, con la quale è



Gennaio 2010: temperature minime e massime nelle stazioni CML della Val Sabbia e di Villa Carcina.

Nell'immagine satellitare a lato, si osserva la nebbia che raggiunge la pedemontana bresciana e quindi anche l'imbocco della Valtrompia, mentre lascia sgombrata la bassa Val Sabbia, giustificando il diverso comportamento termico nel giorno 20 gennaio 2010 e seguenti. Ripresa del satellite Modis Terra alle ore 9.45 (Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center).



possibile effettuare dei riscontri.

Esaminando, come periodo esemplificativo, il mese di gennaio 2010, si può infatti notare come le località di fondovalle (Vestone e Sabbio) presentino una notevole escursione termica diurna, proponendo le temperature minime più basse ma anche un buon riscaldamento diurno; Vestone, più interna ma posta in una porzione più aperta della valle, gode di un miglior soleggiamento e risulta in effetti leggermente più mite.

Viceversa Bione, a quota collinare, presenta minime più elevate, per l'evidente diminuzione dell'effetto inversione termica; le temperature massime sono invece più basse, in coerenza con l'aumento della quota. Nel grafico riportato in alto, è inserita per confronto anche la stazione di Villa Carcina, indicativa della bassa Valtrompia; posta a una quota leggermente più bassa rispetto alle località della Val Sabbia, ma in una posizione più esposta alle brezze e meglio soleggiata, presenta temperature notturne decisamente più elevate; le massime invece sono allineate con quelle delle stazioni valsabbine, con qualche vistosa eccezione: nei giorni 20, 21 e 30 gennaio, la temperatura massima è stata sensibilmente più bassa rispetto a tutte le stazioni della Val Sabbia, compresa la più elevata Bione. Si è trattato di una tipica condizione di nebbia che invade la Valpadana raggiungendo l'imbocco delle valli pedemontane: poiché, come si è detto, la Val Sabbia offre un imbocco assai tortuoso, non c'è mai un collegamento diretto fra quanto avviene nei bassi strati in pedemontana e nella valle; l'imbocco della Valtrompia è invece esposto direttamente a sud, con gli effetti che sono visibili anche dalle immagini satellitari di quei giorni. Riguardo agli altri aspetti del clima valgono le considerazioni fatte per le altre valli prealpine, in cui l'ostacolo opposto dalla diversa disposizione dei rilievi tende a favorire o a ridurre gli apporti precipitativi in relazione alla provenienza delle correnti. Si veda dunque quanto accennato nei capitoli precedenti. La Val Sabbia, dopo Vestone, si inoltra verso il confine del Trentino, che troviamo appena superato il tranquillo Lago di Idro; da qui si passa nelle Valli Giudicarie, anche se in effetti il fiume Chiese per altri 22 km continua a scorrere in territorio trentino, sino alla quota di 823 metri dove le acque vanno invece a confluire nel Sarca, che andrà a sua volta a sfociare nel Lago di Garda a Riva.



Ultime nevi al Passo Maniva il 30 maggio 2007 (da www.grandfoto.it). In alto il Lago di Idro il 19 luglio 2008 (immagine tratta da www.meteo-network.it).



Le valli bergamasche



Il ramo di Oltre il Colle, confluyente nella Valbrenbana, al tramonto del 2 giugno 2010. (Foto di Pierpaolo Paldino)

La cresta delle Alpi Orobie si estende per circa 80 km dal Lago di Como fino alla Valcamonica, e divide la Valtellina, sul versante nord, dalle testate delle valli Brembana e Seriana e della Val di Scalve sul versante sud.

Una linea di natura geologica oltre che morfologica divide le Alpi Orobie dalle Prealpi, che costituiscono il cuore della montagna bergamasca.

Mentre sul versante valtellinese la catena orobica scende con un versante unico inciso da brevi vallate, a sud si aprono le più ampie incisioni delle grandi valli bergamasche, che raggiungono la pianura con un andamento prevalentemente nord-sud.

Al fini della individuazione delle caratteristiche locali del clima, oc-

corre però osservare che già il percorso delle due valli principali presenta notevoli cambiamenti di direzione, e le brevi valli in esse confluenti mostrano a loro volta andamenti particolari.

Occorre rilevare che la presenza di versanti con diverse esposizioni e forti dislivelli tra cime e fondovalle determina, anche a brevissima distanza tra loro, condizioni climatiche notevolmente differenti.

Le piccole valli con andamento est-ovest offrono un versante alla piena insolazione, e il versante opposto, oscurato da cime elevate, resta all'ombra per diverse ore al giorno e talvolta diverse settimane nell'anno; lo stesso orientamento determina anche l'addensarsi di precipitazioni sui versanti sopravvento e la formazione di relative

ombre pluviometriche sottovento. A questo proposito, se le precipitazioni convettive nella stagione estiva sono favorite, nella loro formazione, dai versanti soleggiati e possono spostarsi poi, in seno alle deboli correnti prevalenti, lungo tutto il reticolo prealpino, le piogge dovute a specifiche configurazioni sinottiche vanno a favorire singoli versanti o vallate a discapito di altre.

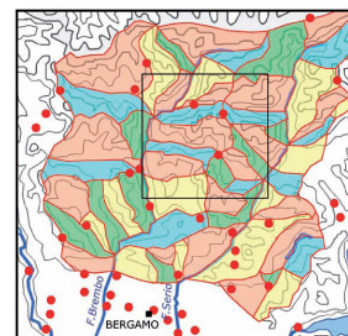
Le correnti umide da sud-ovest sono in genere le più favorevoli alla maggior parte delle vallate, potendosi infilare entro la Val Brembana e, ancor meglio, nella Val Seriana che piega prevalentemente verso nord-est, scaricando le precipitazioni più abbondanti in corrispondenza di tutte le testate oltre che in prossimità dei massicci centrali come l'Alben e l'Arera o la Presolana.

Con correnti sciroccali, invece, soprattutto se si presentano tese, è possibile che si creino significative ombre pluviometriche, alternate a zone di Stau dove le barriere prealpine si alzano improvvisamente.

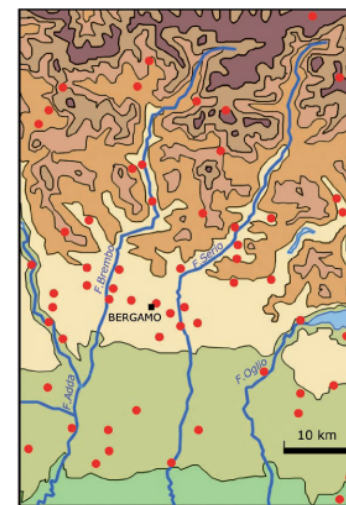
La presenza della barriera orobica, che raggiunge con tre cime i 3.000 metri, fa sì che le correnti settentrionali non apportino mai precipitazioni, e anche le invasioni di aria fredda da est non riescono a penetrare nelle zone più interne delle vallate principali relegando gli eventuali fenomeni alla fascia pedemontana e prealpina prospiciente la Pianura Padana.

L'intero complesso orobico è invece sede della maggior concentrazione di inneschi temporaleschi di natura orografica: in qualunque regime di circolazione, se le condizioni termodinamiche sono favorevoli alla convezione, questa si innescia alla testata delle valli bergamasche, favorita dal surriscaldamento dei versanti esposti al sole nonché dal fatto che si sommano i contributi delle brezze di valle provenienti da sud e da nord; i cumulonembi possono poi stazionare ed esaurirsi sul posto, o discendere le valli perdendo energia una volta giunti in pianura; oppure, grazie all'outflow della cellula orobica, possono dar luogo a nuovi fenomeni convettivi in pianura nelle ore serali mentre in montagna il cielo si è già rasserenato.

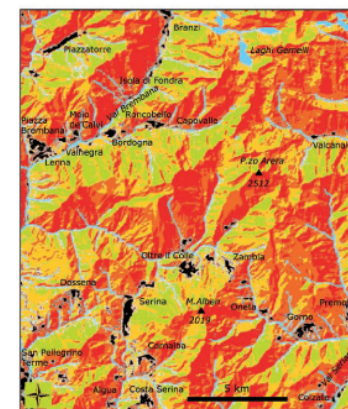
L'area di maggior piovosità è quella più occidentale, comprendente l'alta Val Brembana e i massicci dell'Alben e dell'Arera, grazie all'orientamento delle valli e alla maggiore elevazione delle cime; spesso penalizzata dall'andamento delle correnti è invece la Val Seriana, dove sono anche statisticamente meno frequenti le pre-



esposizione dei versanti W E S N • stazioni CML 10 km



Sopra, schema dell'altimetria delle Prealpi bergamasche solcate dalle due valli principali del Brembo e del Serio. Nelle mappe in basso, esposizione dei versanti in una porzione delle Prealpi bergamasche, rappresentata attraverso i colori con due modalità diverse in relazione alla scala.



La Valsassina

di Stefano Anghileri



Cremeno e Barzio (sulla destra) al limite della quota neve il 1° aprile 2010; in fondo alla valle, si distingue la "gola" di Introbio. (Foto di Stefano Anghileri)

La Valsassina è costituita dalla valle del torrente Pioverna, ma nell'uso consueto è intesa come tutta la depressione valliva, costituita a forma di arco, posta a nord-est di Lecco e a est del gruppo delle Grigne. Essa è di conseguenza formata dalle valli del torrente Gerenzone (che scorre verso sud), dai pianori posti fra Ballabio e Balisio e dalla valle del Pioverna (in direzione opposta).

Le cime principali che circondano la Valsassina sono da un lato quelle che la dividono dalle valli bergamasche e dalla Val Varrone e dall'altro quelle costituenti il gruppo delle Grigne. La vetta più elevata è il Pizzo dei Tre Signori (2.554 m), seguono la Grigna Settentrionale (2.410 m), lo Zucco di Cam (2.197 m), la Grigna Meridionale (2.184 m), il Monte Foppabona (2.050 m), il Pizzo

Cornagera (2.040 m) e altri.

La valle possiede il tipico clima prealpino e alpino per quanto riguarda le vette più alte. Il Lago di Como mitiga le zone a esso più vicine (in particolare modo il bordo occidentale dell'area individuata) e i suoi effetti scemano velocemente allontanandosi da esso, anche e soprattutto per via della barriera orografica costituita dalle Grigne.

Il clima della Valsassina, come quello di molte aree montane di una certa dimensione, è estremamente vario e dominato dall'orografia. Sono presenti sottovali strette e larghe, altopiani, pendii scoscesi e dolci, vette aguzze, creste erbose, prati, boschi... Tutto ciò rende alquanto problematico scendere al di sotto di una scala di dettaglio generale nella trattazione dei climi. È comunque

possibile individuare tre macroaree di interesse da sud a nord:
- il canyon di Ballabio e Balisio, che risente dell'influenza del lago che bagna Lecco quanto più ci si muove meridionalmente;
- la conca-altopiano dallo scollinamento di Balisio a Pasturo, che ha un microclima tipico da valle prealpina ed è via via meno dominata dalle condizioni presenti a sud di essa;
- la valle da Introbio verso nord che è influenzata da ciò che avviene a settentrione avvicinandosi al microclima di una valle interna come la Valtellina.

La ventilazione

Dominano le brezze di valle e di monte. Nella parte ballabiese della valle, si ha prevalentemente ventilazione meridionale, nella parte settentrionale la ventilazione è debole. L'orografia domina quindi sulla direzione e l'intensità delle brezze ottenendo una cospicua varietà di tipi di ventilazione.

Per quanto riguarda i venti a scala sub-sinottica, importante è il Föhn che, all'interno della valle, può raggiungere velocità importanti e produrre piccoli danni ad abitazioni e strutture. A causa dell'orografia, il Föhn si manifesta sotto molteplici forme e provenendo da molte direzioni. Ci sono aree che restano protette dai rilievi, altre, come il solco vallivo, più colpite. Ad esempio, all'estremità meridionale della conca-altopiano, il Föhn proviene sovente da est (di rimbalzo rispetto ai rilievi orientali) e riesce appena a superare la velocità della comune brezza meridionale.

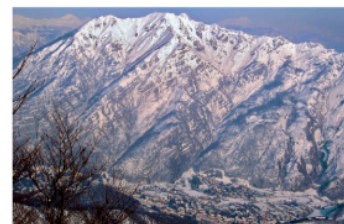
Lo scirocco, l'ostro e il libeccio non colpiscono in pieno e direttamente la valle. Le sciroccate sono fenomeni piuttosto rari e avvengono soprattutto in autunno. L'effetto di aumento termico a esse collegato è molto rapido, soprattutto quando queste scorrono sopra strati inversionali più freddi presenti in Pianura Padana. I venti dominanti si trovano costretti dall'orografia a seguire determinate direttrici, in particolare quella del solco vallivo principale, quindi tali correnti saliranno da Lecco in direzione nord-est seguendo il canyon ballabiese per poi riversarsi in centro valle. Esiste un canale anche da sud-est, passando dalla zona del culmine di San Pietro, ma dovendo superare rilievi anche al di sopra dei mille metri, si presenta più lento.

Spesso i venti orientali provengono, aggirando i rilievi, dai quadranti sud-occidentali, ma a volte, se intensi, possono entrare anche da est, come avvenuto la notte tra il 25 e il 26 dicembre 2008. Il comportamento di tali venti è però fortemente locale e dominato dall'orografia. Anch'essi difficilmente raggiungono velocità paragonabili a quelle delle brezze.

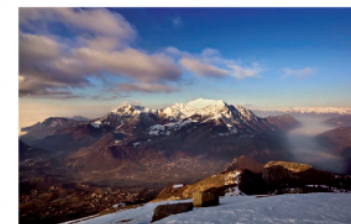
Non esiste, invece, un vero e proprio vento da ovest sinottico per via della barriera delle Grigne. Esistono solo le brezze di monte provenienti da tale sovrascorrimiento tettonico.



La geografia della Valsassina vista attraverso un'immagine satellitare (la stessa riprodotta, a colori, in apertura del capitolo Le altre valli laziali). Il nord è leggermente ruotato in senso orario. Si distingue l'invaso del torrente Pioverna, che costituisce la vera e propria Valsassina, e il bacino che scorre invece in contropendenza verso Lecco. In rosso sono identificate le stazioni della rete CML che interessano l'area.



Ballabio, (circa 650 m di quota al fondo della valle), in una ripresa effettuata dalle pendici della Grigna Meridionale il 30 novembre 2005; di fronte, il fianco del monte Due Mani (1.657 m). (Foto di Stefano Anghileri)



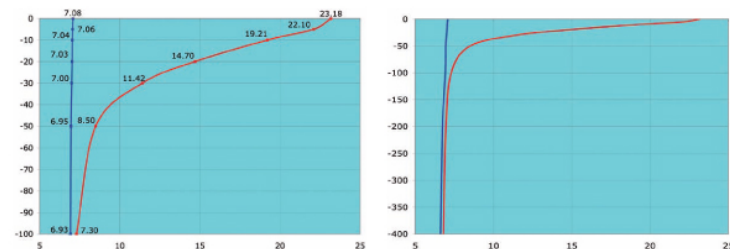
Panoramica della valle scattata dallo Zucco Orscelleria il 31 gennaio 2008; mentre la bassa Valsassina (a sinistra) difficilmente ha nebbie, ma prevalgono le nubi, la media e alta Valsassina, ombreggiate dal massiccio della Grigna, hanno nebbia bassa anche dopo che è sorto il sole. (Foto di Stefano Anghileri)

I grandi laghi lombardi

Fu un autunno indimenticabile quello del 1969 per colpa del vento. Soffiò, a fasi alterne, per quasi due mesi. Se calava era solo per riprendere fiato, un pomeriggio, una notte. Poi ricominciava. Sotto Natale fu impossibile creare addobbi esterni. Cambiato l'anno venne un freddo glaciale. Uscire di casa continuava ad essere un'impresa. Il freddo durò tutto gennaio, lasciò il posto a una breve nevicata a inizio febbraio e poi ritornò, gelando quei dieci centimetri di neve che, duri e noiosi, restarono sotto i piedi dei bellanesi sino a primavera.
(Andrea Vitali, "Una finestra vista lago", Milano, Garzanti, 2003)



Panorama del Lago di Como dal costone del Monte Grone, foto scattata dal Rifugio Menaggio (1.400 m) il 25 settembre 2010, in direzione sud. Sulla sponda destra Menaggio, mentre a sinistra, illuminata dal sole sul lato lecchese, si distingue Varenna; a centro lago il promontorio di Bellagio. (foto di Stefano Anghileri)



Profilo termico del Lago di Como nei primi 100 metri di profondità (a sinistra) e del Lago Maggiore fino a 400 metri di profondità (a destra).
La linea rossa riporta le temperature massime mediamente rilevate in un anno; la linea azzurra le temperature minime. I dati sono ricavati da ricerche effettuate all'inizio del secolo scorso e mediate su un numero di anni da tre a cinque (Misure di temperatura nei laghi italiani, del prof. Carlo Somigliana, Milano, 1936). I dati per il Lago di Como furono rilevati di fronte a Careno, dove il Lario raggiunge la massima profondità; per il Lago Maggiore, in un punto a circa 3 km da Stresa e da Pallanza. Ricerche più attuali hanno confermato sostanzialmente i valori dell'epoca (si veda alla pagina seguente).

La geografia dei laghi lombardi è una peculiarità della nostra regione: la loro presenza si ripercuote sull'articolazione dei microclimi locali.

Per tutti i grandi laghi lombardi si possono fare considerazioni simili sulle particolarità microclimatiche, tenendo conto poi della diversa estensione e collocazione da ovest verso est.

Rimandiamo al successivo capitolo la descrizione dei particolari regimi anemologici che caratterizzano i laghi, soffermandoci qui sull'azione termoregolatrice degli specchi d'acqua.

Si può notare, dalle cartine generali pubblicate nell'ultima parte di questo Atlante, che le sponde lacustre godono in tutti i mesi dell'anno di una temperatura nettamente differenziata da quella delle vicine aree geografiche, in particolare per quanto riguarda la media delle temperature minime.

Queste risultano normalmente più alte, a causa soprattutto del mancato irraggiamento notturno da parte della superficie dell'acqua. Le temperature minime infatti sono spesso molto simili a quelle rilevabili nelle maggiori aree urbane, dove l'"isola di calore" è dovuta soprattutto al minore irraggiamento notturno delle superfici urbanizzate (si veda il capitolo *Milano e il clima urbano*). Anche in estate, contrariamente a quanto ci si potrebbe aspettare, in riva al lago non si gode, nelle ore notturne, la stessa frescura delle località di campagna: il "mancato raffreddamento" è in genere meno accentuato rispetto al cuore delle grandi città, ma la sensazione di

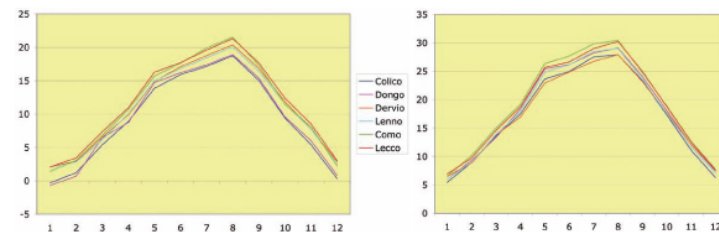
benessere è dovuta soprattutto alla costante ventilazione.

Durante il giorno, le differenze termiche, in media, non sono altrettanto significative.

La media delle temperature massime, anche in inverno, è abbastanza vicina a quella delle località di alta pianura; mancano, naturalmente, le grandi inversioni termiche che caratterizzano la bassa Padana, a causa del contributo del calore immagazzinato e rilasciato dal volume d'acqua: sono così assenti le nebbie che, anche in caso di avvezione per la spinta di leggere correnti provenienti dalla valle, vanno a esaurirsi rapidamente dopo aver investito al più il basso bacino lacustre.

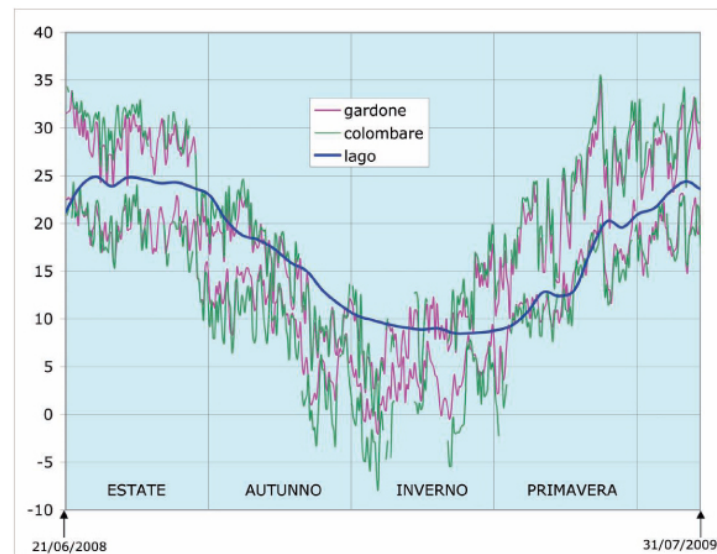
Nei mesi estivi l'azione mitigatrice dello specchio d'acqua si fa sentire in qualche misura sulle temperature diurne, che possono essere inferiori a quelle dell'alta pianura adiacente, sempre che non soffino brezze particolari dall'entroterra in grado di spingere fin sulle rive meridionali l'aria surriscaldata.

Attraverso i dati raccolti da specifiche campagne di studio (da cui abbiamo ricavato alcuni dei grafici riportati in queste pagine), è possibile osservare che le temperature dei corpi lacustri variano rapidamente nelle prime decine di metri di profondità, in particolare nella stagione estiva: in inverno la temperatura superficiale tende a uniformarsi a quella delle maggiori profondità, aggirandosi in genere, nei suoi valori minimi, intorno ai 6-7 gradi per il Lario e il Verbano, e intorno agli 8-9 gradi per il Lago di Garda.



Media delle temperature minime (a sinistra) e massime (a destra) nei dodici mesi del 2009 sulle sponde del Lago di Como.
Dati delle stazioni appartenenti alla rete CML.

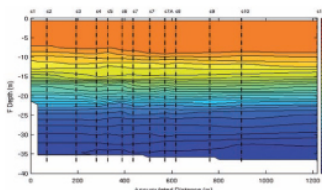




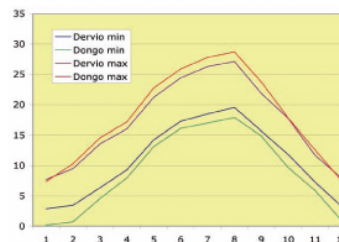
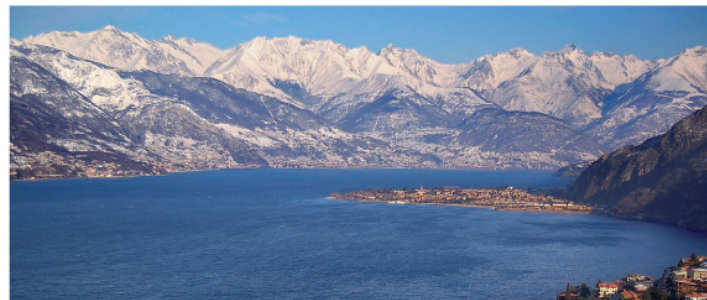
Raffronto fra la temperatura superficiale del Lago di Garda e le temperature minime e massime in due stazioni a terra, dal 21 giugno 2008 al 31 luglio 2009.

I dati del lago sono stati desunti dalle osservazioni pubblicate sul sito www.gardapanorama.it; il luogo di rilevazione è situato presso la spiaggia delle "Rivette" di Barbarano, nel comune di Salò, lungo la sponda occidentale del lago. Tramite imbarcazione la misurazione della temperatura dell'acqua viene effettuata a 50 metri dalla riva, in una zona d'acqua piuttosto tranquilla, poco esposta a venti, correnti e onde. Il fondale è a circa -20 metri. Il dato è rilevato a circa 30 cm di profondità. I dati delle stazioni di Gardone Riviera e Colombaro di Sirmione appartengono alla rete CML.

Grazie alle osservazioni di www.gardapanorama.it effettuate tra il 2008 e il 2009 nel bacino antistante il golfo di Salò, confrontate con alcune stazioni della rete CML, è possibile comprendere la reciproca influenza tra la temperatura superficiale del lago e quella dell'aria. Si osserverà subito l'inerzia termica del lago, per cui al termine dell'estate questo resta più caldo rispetto all'atmosfera soprastante, con il massimo divario all'inizio dell'inverno: da settembre a febbraio le temperature massime lungo le rive vanno a stento a raggiungere la temperatura dell'acqua; si nota anche come le minime restino in questi mesi molto più alte sulla riva (Gardone Riviera) rispetto all'immediata entroterra (Colombaro di Sirmione), grazie all'influenza della superficie lacustre che mitiga l'effetto dell'irraggiamento notturno. Con l'avvento della primavera, il lago resta più freddo, e la sua temperatura superficiale va quasi a coincidere con le temperature minime del-



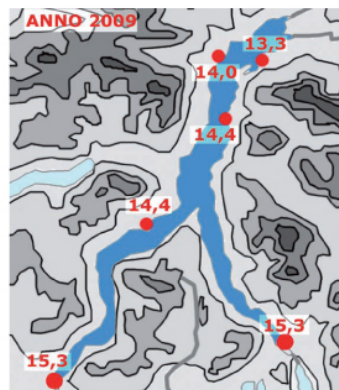
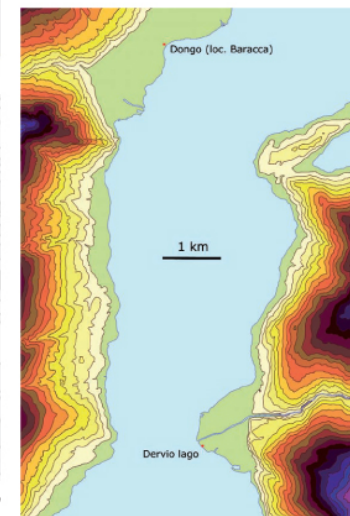
Sopra, un profilo termico del Lago di Como relativo al 9 ottobre 2008, ricavato dai dati del progetto "Plinius", finanziato da enti locali e dalla Fondazione Cariplo. Il progetto utilizza tre stazioni fluttuanti LDS (Lake Diagnostic System) - foto a sinistra - per la misura in tempo reale dei parametri meteorologici e del profilo termico lacustre dalla superficie al fondo, sviluppata dal Centre for Water Research (CWR) della University of Western Australia che li mette a disposizione on line sul proprio sito (www.cwr.uwa.edu.au).



A sinistra, temperature medie nel biennio 2008-2009 nelle stazioni di Dervio e Dongo della rete CML.

Sotto, l'orografia delle sponde lacustri nel tratto in cui si fronteggiano le due località; si osserva che la stazione di Dervio è posta all'estremità di un promontorio (creatosi dalla conoide di deiezione del torrente Varnone) che si protende verso il centro lago, mentre Dongo è posta lungo un lembo pianeggiante interno al profilo del lago e più facilmente soggetto all'irraggiamento notturno.

Nella foto in alto, ripresa il 29 dicembre 2005 da Bonzeno in una giornata di Föhn, è evidente la posizione centrolacuale di Dervio; Dongo è sull'altra riva, sullo sfondo. (Foto di Stefano Anghileri)



Temperature medie dell'anno 2009 in alcune stazioni della rete CML sul Lago di Garda.

Più di una volta, da ragazzo, gironzolando sul porto avevo notato che uno dei più seri frequentatori del Caffè Clerici, Amedeo Brovelli, (...) nelle giornate di tramontana stava fermo per ore intere sul molo, coi capelli grigi arruffati dal vento che lo prendeva di spalle. (...) Ma un giorno di vento che gli girava intorno sul molo mi chiamò a sé: "Mettili come me" disse "con le spalle al vento". Obbedii subito e stetti per un po' nelle raffiche. "Alza un po' più la testa. Respira lungo e adagio" mi diceva. "Senti niente?" "Niente". Lui invece sentiva, perché socchiudeva gli occhi estasiato e mormorava: "Le vacche, i boasc, i boasc". Riapriva gli occhi e dopo un po': "Il pane, il pane, a Cannobio! Il pane fresco. Non lo senti?". Cannobio era sull'altra sponda del lago a otto chilometri. Capii di colpo che il Brovelli sentiva l'odore del pane, nel vento. Del pane che usciva in quel momento da un forno a Cannobio: e subito mi parve di sentire anch'io quell'odore. (...) Il lago, mi spiegava, non ha odore sotto il vento e non turba quelli che gli passano sopra. Stando sul molo, dove arrivano le raffiche, si possono distinguere tutti i sentori che il vento, scendendo dalla Svizzera, raccoglie lungo le valli dell'altra sponda. (Piero Chiara, L'uovo al cianuro e altre storie, Milano, Mondadori, 1969)



Brezze e venti di lago

*Bréva e Tivàn, Bréva e Tivàn,
la vela la se sgünfia e'l timòn l'è in di mann,
Valteléna ciàra e Vatteléna scüra,
l'è una partida a dama cun't el cieel che fa pagüra...*

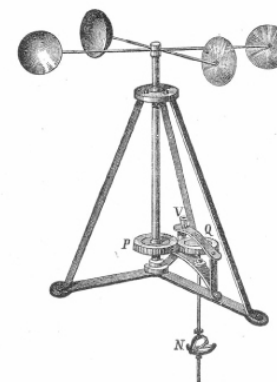
*Sòlt in sòe l'unda e pò se lassi nà...
el soo che fra un pezzètt el taca a tempesta,
el soo che in sòe la riva i henn là fucc a pregà,
me ciàpen per un mât che vòer dumà negà...*

*E la barca la dunda e la paar che la fûda,
che baraûnda vess che in mèzz al laagh...
El laagh che l'e' baloss, el laagh che'l tradiss,
el fulmin lûsiss e'l cieel el tusiss...*

*Bréva e Tivàn. Bréva e Tivàn,
i tren e i mòlen e i te pòrtan luntàn,
vârda de scià e vârda de là,
la spûnda la ciàma ma la barca la vâ...*

*Ma urmâi sun ché... in mèzz al tempuraal
tuivess fœ di bâl che a me me piaas inscè...
E urmâi sun ché... in mèzz al tempuraal
tuivess fœ di bâl che a me me piaas inscè...*

(Davide Van De Stroos, "Bréva e Tivàn", 1999)
Copyright Edizioni Tarantianus srl



Verbania, Lago Maggiore: 21 luglio 2007, ore 19:30. Sulla sponda opposta, Stresa e il Mottarone. (Foto di Bruno Grillini)
Sopra, anemometro basato sul "molinello di Robinson" (da Gerosa, 1923). Ogni braccio del molinello è lungo 0,535 m, così che a ogni rotazione completa ciascuna coppa avrà coperto 3,333 metri. Una serie di ruote dentate e nodi cardanici trasmette questa misura a un quadrante indicatore o a un apparecchio registratore.



Brezze e venti di lago

Menaggio e Acquasera, e non si spinge in profondità all'interno del lago.
Bellanasco: proviene da est scendendo dalla Val Maggia sopra Bellano.

Garzeno, o *Vent da Dong*: proviene dalla valle sovrastante Dongo nelle ore pomeridiane e serali, raggiungendo la sponda tra Domaso e Colico.
Borgognone: soffia forte dalla Valtellina verso Colico.



Dall'alto: il ramo di Lecco da Valnadrera in direzione di Abbazia Lariana: il 19 maggio 2010 alle ore 14, il Tivano non viene sostituito dalla Brega a causa di una componente sinottica da nord; calma di vento a Mandello Lario il 20 gennaio 2008 ore 17 (Foto di Bruno Grillini); burrasca sul Lario durante una giornata di forte favonio. Foto scattata da Moltrasio verso Como il 19 novembre 2004 (Foto di Renato Cittadino - archivio Meteovalmoresa.it).

Ventone, o San Vincenzo: scende dalla Valchiavenna attraverso il Pian di Spagna, e può coincidere con il Föhn di cui rispecchia l'intensità e la durata.

Il lago d'Iseo (o Sebino)

Nonostante la sua più limitata estensione, anche il Sebino è soggetto alle periodiche brezze con regime diurno: queste sono denominate rispettivamente *Vèt* e *Ora*. Il *Vèt* si alza nelle ore



Venti del Lago d'Iseo.

Sotto, vista del lago da Montisola verso nord, con un nucleo temporalesco in discesa dalla Valcamonica, il 1° maggio 2008 (Foto di Roberto Simonazzi); in basso, un'Ora tempestosa a Castro, in settembre. (Foto di Giorgio Galizzi)



Centro Meteorologico Lombardo

notturne, scendendo dalla Valcamonica verso sud, e cessa nella tarda mattinata; l'Ora compare nel primo pomeriggio, soffiando da sud verso nord, e si esaurisce in serata.
Qui di seguito, invece, una breve descrizione dei principali venti non periodici.

Mantoli: soffia dalle valli laterali ma si spinge solo poche centinaia di metri al largo; quello più ricorrente proviene da Predore e interessa la costa di Iseo, mentre non è più percepibile all'altezza di Montisola.

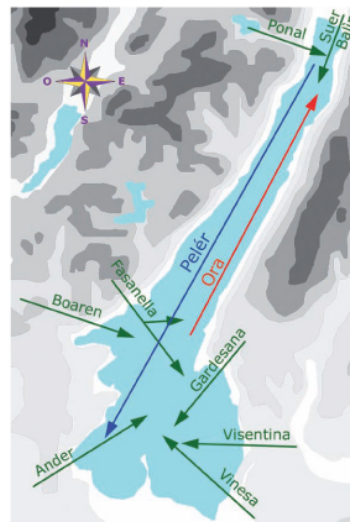
Sarneghera: si presenta improvvisa e violenta proveniente dalla direzione di Sarnico e investe in pieno Montisola e il basso lago in generale; è associata spesso ai fenomeni di instabilità estiva. *Vèt catir*: è la denominazione data al vento trasversale; in particolare è noto quello che proviene da Tavernola e si dirige verso nord-est in direzione della sponda di Marone.

Il Lago di Garda (o Benaco)

Le brezze costanti sono il *Pelér* e l'Ora. Il *Pelér* si attiva intorno alle 3 di notte a partire dall'alto lago, rinforzando dopo l'alba, e cessa entro mezzogiorno. Dopo circa un'ora sorge la brezza in direzione contraria, l'Ora, che a causa della conformazione del lago – aperto nel settore meridionale e molto più stretto nel medio e alto bacino – risulta più sensibile in quest'ultimo tratto, mentre nel basso lago è quasi inesistente. A differenza degli altri laghi, qui la brezza da sud è meno intensa di quella settentrionale, e in genere non supera i 15 km/h se non in occasione dei maggiori contrasti termici estivi.

Il basso lago è invece sede di diverse brezze provenienti dai rilievi e dalle valli circostanti: ne descriviamo le principali.

Ander: è un vento proveniente da sud-ovest che spira, sul basso lago, nel primo pomeriggio e che si protrae solo per poche ore;



lo stesso vento però può occasionalmente raggiungere l'alto lago, con velocità di 30-35 km/h e persistere anche fino a notte. *Vinesa*: è un vento proveniente da est sud-est, che soffia dalla sponda veronese verso quella bresciana; deriva in genere da correnti di bora.

Boaren: è una brezza di terra proveniente dalla Val Sabbia, che spira al mattino o alla sera uscendo dal Golfo di Salò e ponendosi in contrasto con il *Pelér*; raggiunge al più i 20 km/h e non arriva a toccare la sponda veneta del lago.

Gardesana: spira da Garda in direzione di Sirmione.

Visentina: scende da San Vigilio interessando il basso lago in condizioni di maltempo.

Fasanelle: è un vento debole che spira in estate nel primo pomeriggio dalla costa di Fasano verso est e cessa al tramonto; può deviare verso il basso lago o, talvolta, verso nord acquistando intensità per effetto Venturi.

Ecco infine alcuni dei venti locali nell'alto lago.

Suer: soffia dalla Valle del Sarca verso sud nelle prime ore del mattino.

Ponale: proviene in estate dalla Valle di Ledro e acquista una certa intensità sfociando sul lago lungo il solco del torrente Ponale.

Balin, *Balinot* o *Spisoca*: è un vento proveniente da nord tipicamente invernale, associato a condizioni di maltempo; può raggiungere i 70 km/h e dar luogo a un forte moto ondoso.

Venti del Lago di Garda.

In alto, vista da Toscolano verso nord, con i contrafforti del monte Baldo innervato sulla sponda veronese: il lago è increspato dal *Pelér*, alle 17 del 2 maggio 2009. (Foto di Bruno Grillini)

Sotto, una vista da Torbole verso sud: si indovina una componente sinottica settentrionale che modifica il normale regime di brezza. (Foto di Matteo Calza)

Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

203



Lecco e dintorni

di Mauro Corti e Matteo Dei Cas

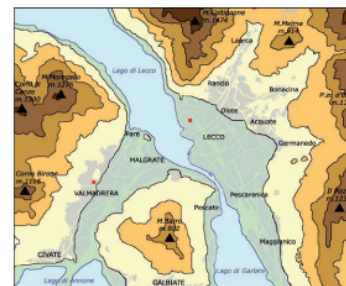


Panoramica della città di Lecco, ripresa il 14 luglio 2004 dal fianco del Monte Barro. Al centro dell'immagine si nota il quartiere di Laorca che si arrampica verso l'imbocco della Valsassina; a sinistra, la cima del Monte Coltignone (1.474 m); a destra il basso rilievo del Monte Melina (914 m) e, dietro, il Monte Due Mani (1.657 m). (Foto di Stefano Anghileri)



204

Centro Meteorologico Lombardo



Topografia dell'area urbana di Lecco e del varco di Valmadrera sulla opposta sponda del lago. Con i quadratini rossi è indicata la posizione delle stazioni CML di Lecco centro (www.meteo.lecco.it) e di Valmadrera.

sione presente sul Mar Ligure o sull'Alto Tirreno. Anche in questo caso i loro effetti sono ben più tangibili sulle sponde lariane che non all'interno, interessando in particolare Lecco con direttrice da nord-ovest.

I freddi venti orientali a Lecco provengono dai quadranti sud-orientali o sud-occidentali. Solitamente di moderata intensità possono soffiare in tutta la città, con raffiche questa volta piuttosto omogenee da zona a zona. Infine, a Lecco non esiste un vero e proprio vento da ovest: la ventilazione occidentale in città è sempre una ventilazione sud-occidentale o nord-occidentale a causa dell'orografia.

Temperature

Lecco naturalmente risente della presenza mitigatrice del lago, con particolare riferimento alla sua fascia rivierasca. Nello specifico le temperature minime risultano più alte rispetto alla vicina Brianza, in inverno anche nell'ordine dei 4-5 gradi.

Le temperature massime invece risultano leggermente più contenute di circa un paio di gradi rispetto alle vicine aree di pianura non influenzate dalle acque del Lago. Da notare come il Tirreno, d'estate e in condizioni di tempo stabile, contenga notevolmente la crescita delle temperature nelle prime ore del giorno e fin verso il mezzogiorno. Non è assolutamente infrequente a Lecco registrare, a metà mattina, temperature di 3-4 gradi più basse rispetto ad aree limitrofe non interessate dalle piacevoli brezze lacustri.

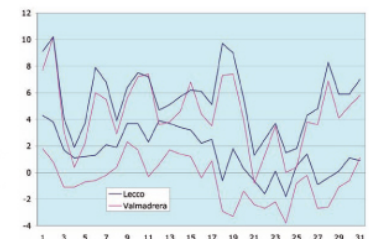
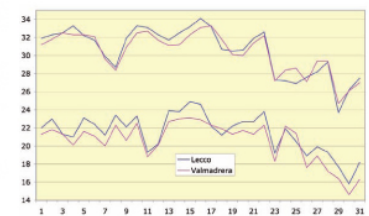
L'influenza del lago si spegne a mano a mano che ci si porta verso i "rioni alti". Le temperature, unitamente alla crescita della quota registrano minime leggermente più basse e massime di poco più alte (in genere comunque mai oltre i 2 gradi). Le escursioni termiche divergono, dunque, leggermente superiori. Da sottolineare infine come il Föhn possa creare situazioni bizzarre nei periodi invernali. Infatti la città può restare spaccata in due. Le zone nord-occidentali della città alle prese con il vento di caduta, più miti e secchi. Il resto della città, e in particolare la zona di sud-est con dense foschie o addirittura nebbie fitte. In questi casi, nel raggio davvero di pochissimi chilometri si possono osservare variazioni termiche clamorose, persino nell'ordine dei 10 gradi. Non è un'assurdità ad esempio che mezzo lungolago sia coperto dalla nebbia, e l'altra metà con aria limpida e secca.

Infine possiamo osservare che generalmente le temperature minime più basse si registrano nei rioni a ridosso delle montagne (ad esempio Bonacina e Laorca), mentre le massime più elevate nella fascia intermedia della città, nella parte distante dal lago (rioni di Olate e Germanedo).

Pioggia, neve, e altri fenomeni

Lecco è una città adagiata tra le Prealpi e la pedemontana centro-occidentale. I fenomeni più intensi e le precipitazioni più frequenti si verificano grazie alle umide e temperate correnti meridionali che impattano i rilievi e, generando sbarramento orografico, apportano quantitativi davvero considerevoli di pioggia. Le correnti in assoluto più propizie sono quelle di ovest, libeccio e scirocco. Da sottolineare come durante le sciocche più intense, i picchi massimi di precipitazione si registrino proprio a ridosso dei monti Resegone e Due Mani e nelle parti della città adagiata ai piedi delle stesse montagne. Leggermente più scarsi i quantitativi in centro città.

Talvolta, nel caso in cui sia presente un minimo depressionario piuttosto "basso" sui mari occidentali italiani, le correnti perturbatrici meridionali subiscono in corrispondenza delle zone prealpine centro-occidentali una spiccata tendenza a ruotare dal settore



Luglio 2010 (sopra) e gennaio 2010 (sotto): temperature minime e massime nelle stazioni CML di Lecco centro e Valmadrera.

Dall'andamento termico nei due mesi presi ad esempio, si può osservare come in gennaio la temperatura minima sia costantemente più elevata a Lecco rispetto a Valmadrera, con una differenza media di circa 2 gradi. L'effetto mitigatore del lago è evidente anche nelle massime, con un divario meno accentuato, salvo notare che la massima di Valmadrera può occasionalmente essere inferiore alla minima di Lecco, per l'influenza delle inversioni termiche persistenti sul versante brianzolo. Nel mese estivo, le differenze appaiono meno accentuate e talvolta la brezza di lago mitiga le temperature massime di Lecco rispetto a Valmadrera (si noti però che la scala delle ascisse è diversa nei due grafici).



206

Centro Meteorologico Lombardo

Como e dintorni

di Willy De Taddeo e Simone Rossetto



Vista della convalle dal Castello Baradello. (Foto di Stefano Anghileri)

Premessa

In questo capitolo viene descritta la complessità dei microclimi caratterizzanti la città di Como, spesso considerati in maniera approssimativa e liquidati sin troppo semplicisticamente associandoli alla sola presenza del lago. Essi influenzano notevolmente le abitudini dei comaschi, sia per quanto riguarda le temperature, sia per le precipitazioni, nevose e no. Molte volte infatti è possibile notare automobili gelate in una zona e asciutte in un'altra; o ancora, giungere in Como centro trovando pioggia o neve in quantità irrisoria, mentre verso i rioni dell'immediata periferia era stato necessario montare le catene...

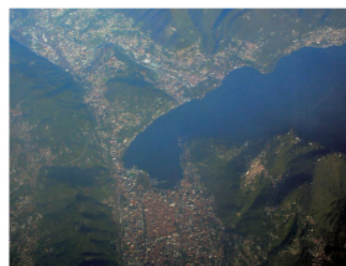
Brezze e temperature

Le brezze sono uno dei fattori più significativi del clima di Como in relazione alle temperature registrate.

Spesso si tende ad associare la mitezza delle rive del Lario solo all'effetto della sua presenza; questa è peraltro innegabile, sia chiaro, vista la profondità raggiunta dalle acque del lago. Nella stagione calda l'acqua riflette infatti in maggior misura la radiazione solare e si riscalda più lentamente rispetto alla terra. La radiazione però penetra molto in profondità nell'acqua, riscaldando quindi una massa più grande rispetto alla terraferma, dove penetra solo per pochi centimetri. Allo stesso modo, nella stagione

invernale, la terra si raffredda più rapidamente. Inoltre la capacità termica dell'acqua è maggiore di quella del suolo, in quanto il suo calore specifico (la quantità di calore che permette di far variare la sua temperatura di 1°C), superiore a quello della maggior parte delle altre sostanze, è molto elevato; occorre quindi una grande quantità di energia per far variare la temperatura dell'acqua e ciò rallenta tale variazione; per questo la presenza del lago tende a stabilizzare la temperatura dell'ambiente da cui è circondato. Tale conseguenza si limita alle fasce più prossime allo specchio d'acqua e su base stagionale tende a essere più marcata all'inizio delle stagioni piuttosto che alla fine: in inverno la mitigazione è più efficace a dicembre che a febbraio, d'estate il rinfrescamento si fa sentire più a giugno che ad agosto.

L'inibizione del calo delle temperature notturne in condizioni di tempo stabile è da ricercarsi in realtà nella costante presenza di brezze locali: laddove soffiano, esse impediscono all'aria fredda, più pesante, di depositarsi e ristagnare al suolo. Ma qual è la natura delle brezze che spirano a Como? In effetti ben poco hanno a che vedere con il lago. La particolarità del Lario, in paragone agli altri grandi laghi lombardi, è quella di essere assimilabile nella sua interezza a una valle (di fatto lo è, molto stretta e con alti versanti), mentre il Garda e il Verbano lo sono solo nelle rispettive parti centro-settentrionali. Di notte l'aria fredda scivola dai monti

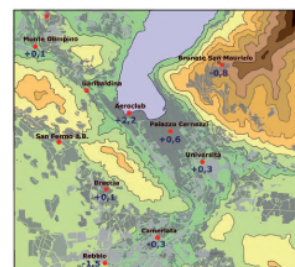


Vista aerea di Como, con il primo bacino del Lario e la zona di Cernobbio e Chiasso verso nord-ovest; ripresa effettuata dal volo di linea Milano-Colonia (Foto di Bruno Grillini)



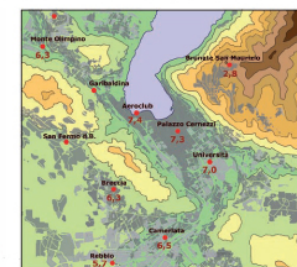
Giornata favonica invernale con le Prealpi innevate. (Foto di Toni Marcon, archivio MeteComo)

Inverno 2009/10 - Media temperature minime



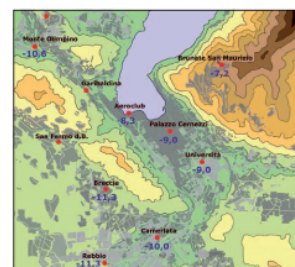
(Dati del trimestre 1 dicembre 2009 -28 febbraio 2010)

Inverno 2009/10 - Media temperature massime



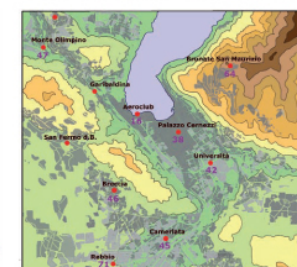
(Dati del trimestre 1 dicembre 2009 -28 febbraio 2010)

Inverno 2009/10 - Temperatura minima assoluta



Valori significativi della temperatura durante l'inverno 2009-2010 in diverse stazioni della rete CML nell'area urbana di Como.

Inverno 2009/10 - Giorni con Tmin<0°C



Le valli lariane



Una eccezionale ripresa dei laghi di Como e di Lugano, dall'altezza di 389 km, effettuata il 27 aprile 2002 dalla navicella ISS. (Fotogramma ISS004-E-10700 dal sito <http://eol.jsc.nasa.gov>. Image courtesy of the Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center).

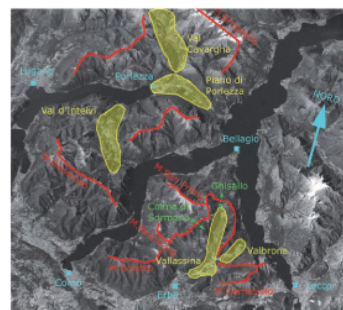
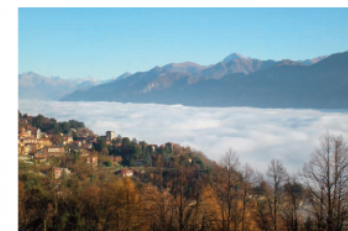
Le Prealpi comasche presentano, fra le loro pieghe, alcune valli per così dire "minori", almeno quanto a estensione, che si distinguono tuttavia per la specificità dei climi locali. È opportuno premettere che il monitoraggio della rete CML presenta, per questi territori più ristretti, delle osservazioni più discontinue e non vi sono dati sufficienti per prospettare analisi dettagliate. Si può tuttavia osservare dalla stessa geografia dei luoghi qualche caratteristica che non può non influire sul loro clima.

Il Triangolo Lariano

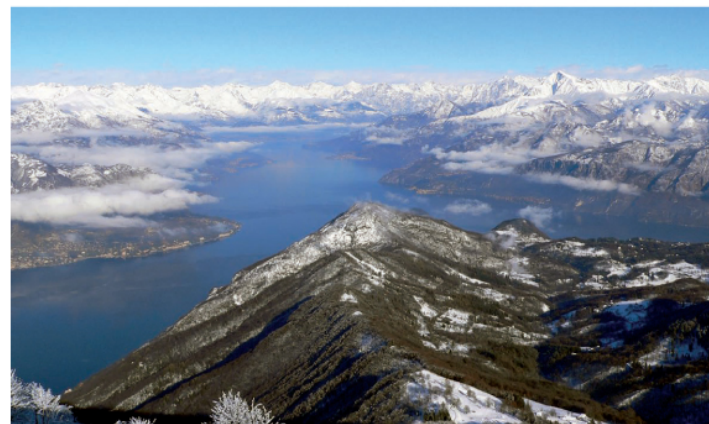
Il territorio montuoso abbracciato dai due rami meridionali del Lago di Como, antico luogo di villeggiatura e di escursioni "fuori porta" dei milanesi, è solcato dalla Vallassina, una valle stretta e piuttosto incassata, che da Erba sale fino al passo del Ghisallo (754 metri), toccando i centri di Canzo e Asso. Giova notare che la breve vallata, delimitata da cime non troppo elevate, è comunque allineata in direzione sud-nord, così da accogliere facilmente le correnti umide meridionali, che ne fanno uno dei siti più piovosi della re-

gione; per lo stesso motivo, l'innalzamento termico portato dallo scirocco si presenta qui, a parità di quota, prima che altrove, sostituendo a un buon innevamento durante le nevicate da addolcimento, una rapida trasformazione in pioggia. Ciò non esclude che, nei risvolti del rilievo – più articolato nella parte bassa a valle di Canzo – sacche fredde rimangano intrappolate dando luogo a locali aree di gelo più persistente come si può osservare al Lago del Segrino, che talvolta si presenta gelato essendo spesso ombreggiato dalle cime circostanti. Dalla Vallassina ci si può addentrare risalendo nella valle laterale della fonte Galium, che rimane però incassata tra il Cornizzolo - Sasso Malascarpa e i Corni di Canzo; oppure svalicare in Valbrona, breve solco in rapida discesa verso il ramo lecchese del Lario: in questi casi l'esposizione diretta a ovest e a est comporta probabilmente valori termici rispettivamente più miti e più freschi a parità di quota, e precipitazioni più o meno abbondanti a seconda della provenienza delle correnti. Nella parte occidentale del "triangolo", invece, una serie di creste

I climi della Lombardia



In senso orario: il San Primo visto da Brianno il 28 febbraio 2010 (foto di Stefano Pennini); Magreglio (737 m) sopra le nubi, il 25 novembre 2009 (foto di Cristina De Carl); il Lago del Segrino ghiacciato nel gennaio 2009 (foto di Ambrogio Meroni); il versante di Bellagio visto dal San Primo il 6 gennaio 2008 (foto di Livio Perego). La cartina a lato è ricavata dalla foto satellitare in apertura.



Le valli varesine



Il versante meridionale del Monte della Colonna (1.202 m), visto dalla Valcuvia (sopra), il 8 giugno 2008 alle 12:30; al centro emerge l'abitato di Duno. La cresta, insieme con quella del Monte Nudo, divide il versante della Valcuvia dal Lago Maggiore. In corrispondenza della cima sulla destra, il San Martino (1.087 m), è in atto una rapida cumulogenesi; nell'arco di due ore si svilupperà una cella temporalesca, quasi stazionaria, che interesserà con rovesci anche grandinigeni, l'alta Valcuvia e la Valganna. Nella foto a sinistra, un rovescio di grandine osservato dal Monte San Martino in direzione dei rilievi che orlano la Valganna, alle ore 15 dello stesso giorno. (Foto di Bruno Grillini)



Il territorio delle valli varesine, compreso tra il lago Maggiore e il Ceresio, divide sostanzialmente l'alta pianura occidentale dal Canton Ticino.

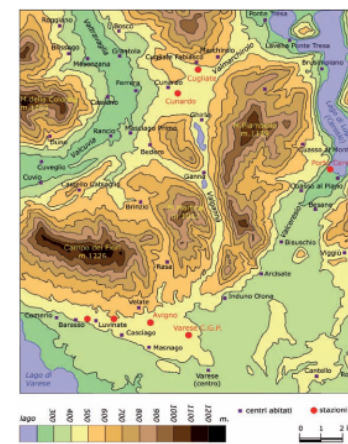
A differenza delle Prealpi bergamasche, che raggiungono quote di alta montagna, qui il rilievo è modesto, toccando solo localmente i 1.200 metri: il rilievo del Campo dei Fiori (1.226 m) costituisce l'avamposto prealpino dietro cui si articolano le valli. Il complesso del Monte Nudo, che si affaccia a ovest sul Lago Maggiore, delinea il tracciato della Valcuvia, la quale non prende mai quota: infatti, in località Canonica di Cuveglio, 281 m s.l.m., la pendenza della valle si inverte, e le acque sfociano, in entrambe le direzioni, nel Lago Maggiore, a Laveno verso sud e a Germignaga verso nord (in questa parte in realtà la Valcuvia confluisce nella Valtravaglia).

È pertanto evidente come percorrendo la Valcuvia potremo trovare un clima più fresco in estate ma non particolarmente rigido in inverno rispetto all'alta pianura varesina. La valle si presenta invece particolarmente soggetta ai massimi di precipitazione, sia per i fenomeni di Stau nelle fasi in cui le correnti sono favorevoli al nord-ovest lombardo, sia per quelli convettivi nella stagione calda.

Sono poi microclimi di transizione quelli delle più settentrionali valli del Tresa e Veduggia, che fanno geograficamente parte del sistema orografico del Malcantone. Qui, come per il Luganese, le alternanze delle valli sui diversi versanti dei poco elevati rilievi (culminanti con il Monte Lema, 1.621 m) determinano microclimi specifici, variamente influenzati dalla vicinanza dei due laghi – il Maggiore e il Ceresio. L'area rimane comunque fra quelle più piovose, come si potrà osservare nel capitolo dedicato specificamente all'analisi della pluviometria regionale.

Ancora "intermedio" è il clima dei rilievi e delle valli più orientali della provincia di Varese, che mettono in comunicazione il versante meridionale varesino con il Lago di Lugano all'altezza di Porto Ceresio, attraverso Induno Olona, Arcisate, Besano. Qui la valle è interna ma abbastanza ampia, i rilievi modesti, e facile il ricambio d'aria sia in caso di correnti settentrionali (Föhn) che si incanalano a partire dal lago, sia per quelle provenienti da scirocco e ovest, che non devono valicare ostacoli orografici importanti.

Più peculiare è invece il clima della Valganna e della Valmarchirolo, che merita un approfondimento.



La topografia del rilievo che comprende le valli varesine. La lettura delle quote mostra con tutta evidenza le diverse caratteristiche delle valli, che si collocano ad altitudini diverse, con le conseguenti differenze dal punto di vista termico. In più, si apprezza la condizione di apertura della Val Ceresio alle correnti meridionali e, viceversa, la conformazione stretta e incassata della Valganna e della Valmarchirolo il cui clima è particolarmente freddo e nevoso, come si vedrà in dettaglio nelle pagine seguenti.

Nella foto sottostante, lo scorcio terminale della Valceresio, osservata da Besano in direzione del Lago di Lugano: sulla riva italiana è Porto Ceresio, mentre l'altra sponda, con il Monte Arbostera (822 m) è già in territorio svizzero (comune di Morcote). (Foto di Bruno Grillini)



Valganna e Valmarchirolo

di Filippo Ricciardi e Roberto Meda



I laghi di Ganna (in primo piano) e Ghirla (a destra), il 21 luglio 2008, in fondo si intravede il Lago Maggiore a Luino. (Foto di Paolo Ricciardi)

Partendo da sud e percorrendo la strada che da Varese si dirige verso nord, la Valganna ha inizio una volta superate due gallerie tra le quali si situano le celebri "Grotte". Dopo un lungo rettilineo, percorrendo la valle circondata da contraforti calcarei e da prati e boschi, si raggiunge il Ponte Inverso, nei pressi dell'antica miniera Valvassera, a 473 m, punto massimo di fondovalle per la Valganna. Il nome del ponte indica una particolarità: da questo punto in poi, l'altimetria scende e le acque non si dirigono più verso sud, e quindi verso la pianura, ma si muovono verso nord, arrivando a sfociare nel laghetto di Ganna a 452 m.

Superato l'abitato di Ganna, che dà il nome alla valle, le acque escono dal laghetto e, attraverso il fiume Margorabbia, si gettano nel più esteso Lago di Ghirla, meta turistica estiva conosciuta. Il lago si trova a 442 m, da qui esce il Margorabbia che prosegue a quote sempre inferiori sino a scomparire nelle grotte nei pressi di Cunardo e riapparire, circa 200 metri più in basso,

nel fondo della Valtravaglia; nei pressi di Luino si unisce al fiume Tresa e infine si getta nel Verbano.

A Ghirla termina la Valganna. In direzione di Ponte Tresa, quindi verso il confine con la Svizzera, si entra nella Valmarchirolo. La strada sale da 435 ai 486 m del fondovalle, nei pressi di Marchirolo, passando prima per Cugliate, quindi con rapidi tornanti scende verso Ponte Tresa a 271 m, prospiciente il Lago di Luino, dopo un dislivello di oltre 200 m.

Se da Ghirla, invece, si percorre la strada per Luino, si passa dapprima Cunardo (450 m) per poi discendere decisamente verso la Valtravaglia, con un dislivello di circa 200 m.

Questa descrizione geografica e la particolare orografia che ci mostra la cartina (vedi alla pagina precedente) aiutano a capire come la conformazione e la consecutività di queste due valli e delle loro diramazioni giochino un ruolo fondamentale per la formazione di un vero topoclina.

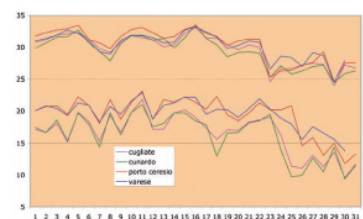
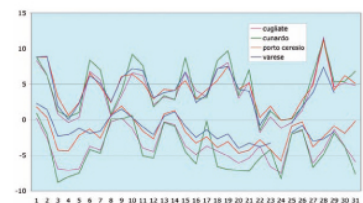
La Valganna inizia alle grotte ed è chiusa da queste a sud in modo piuttosto serrato e deciso. Verso nord è aperta e termina a Ghirla, dove inizia la Valmarchirolo che pone il suo asse in direzione sud-ovest – nord-est. Questa particolare disposizione orografica non consente alle correnti mitigatrici provenienti dai quadranti meridionali di penetrare all'interno con facilità.

In caso di irruzioni di aria fredda polare o artica, dai quadranti settentrionali, o irruzioni di aria continentale fredda da est, la particolare orografia delle due valli facilita l'ingresso di questo tipo di aria che poi tende a rimanere intrappolata al loro interno, in particolar modo nella stretta Valganna.

Se a irruzioni di aria fredda fanno seguito periodi di stabilità invernale, con notti serene, l'irraggiamento notturno contribuirà a far scendere ulteriormente le temperature.

I meteorologi dell'osservatorio di Meteo Svizzera Locarno Monti, qualche anno fa, si erano interessati all'argomento "clima" della Valganna e Valmarchirolo e avevano avanzato alcune ipotesi, tra le quali una molto interessante riguardante il regime di brezza. Secondo questa ipotesi, la limitata altitudine delle cime circostanti, di poco inferiori o superiori i mille metri, sommata alla particolare conformazione dei due sistemi vallivi, non favorirebbe l'innescio del regime di brezza, specie nella stagione fredda. Questo aspetto impedirebbe il naturale rimescolamento dell'aria e favorirebbe quindi il ristagno dell'aria fredda sull'altopiano della Valmarchirolo e sul fondovalle della Valganna.

Grazie al lavoro di soci e simpatizzanti del Centro Meteorolo-



Gennaio 2010 (sopra) e luglio 2010 (sotto): temperature minime e massime giornaliere in quattro stazioni della rete CML.

In entrambi i mesi presi ad esempio, le stazioni di Cunardo Valganna e Cugliate Fabiasco presentano un sensibile distacco nelle temperature minime, sia rispetto a Varese (che sconta la presenza dell'urbanizzazione) sia rispetto a Porto Ceresio, mitigata dalla presenza del lago; tale differenza è più costante in estate, quando minore è l'interferenza con episodi di tempo perturbato.

Nelle temperature massime si nota una maggiore uniformità fra le quattro stazioni, con valori maggiori a Cunardo nelle giornate invernali più soleggiate e a Porto Ceresio in estate.



Ortofotografia della Valganna, da Marchirolo (in alto a destra) al laghetto di Ganna (in basso). Fonte: Geoportale di Regione Lombardia, Unità Organizzativa Infrastruttura per l'Informazione Territoriale, Direzione Generale Territorio e Urbanistica (www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale)

Alta pianura e Brianza

di **B.G.** con il contributo di **Giuseppe Aceti**



Il Resegone fa da sfondo al panorama della Brianza monzese in una giornata di maltempo, il 5 maggio 2010. (Foto di Bruno Grillini)

Risalendo dalla pianura verso il piede delle Prealpi, a partire dai 200-250 metri di quota sul livello del mare, si entra in una fascia geografica – dove la pianura irrigua cede il passo all'alta pianura asciutta – che gode di condizioni microclimatiche particolari. Questa fascia ha maggiore profondità, e anche una maggiore articolazione, nella parte occidentale della regione, tra il Ticino e l'Adda, mentre a est si riduce di ampiezza, cioè la pianura si tramuta più rapidamente in pedemontana.

Dal punto di vista geografico, più che per la quota sul livello del mare, si può distinguere questo territorio "di transizione" per l'aspetto geomorfologico del terreno: a valle di questa linea, si estende la pianura solcata dai fiumi che scorrono a livello di campagna e dall'immensa rete di canali che, a partire dalle risorgive naturali o dai grandi navigli (soprattutto nel milanese) irrora i

campi. Qui i terreni sono sempre umidi e sono del tutto assenti le asperità del terreno: solo gli argini artificiali dei fiumi più importanti si alzano di qualche metro dal piano di campagna, proseguendo il tipo di paesaggio che vedremo nella bassa pianura. Va da sé che questo tipo di territorio sia caratterizzato dalla presenza delle nebbie e dal ristagno dell'aria nelle notti e nelle giornate prive di vento, con la conseguente formazione di importanti inversioni termiche: sono condizioni che ritroveremo come predominanti lungo il Po.

A monte di questa linea, invece, le falde acquifere sono più profonde e il terreno alluvionale è ricoperto da successivi strati di materiale proveniente dallo sfaldamento della struttura alpina e dalla spinta degli antichi ghiacciai. Qui i terreni sono più asciutti e i corsi d'acqua, fuoriusciti dalle vallate prealpine, corrono in-



La Brianza centrale ripresa sulla verticale di Besenà Brianza il 24 novembre 2010, al centro dell'immagine, la frazione Cortenuova di Monticello. Foto di Aerocentro Varesino, nell'ambito di una campagna promossa dalla Provincia di Monza e Brianza.

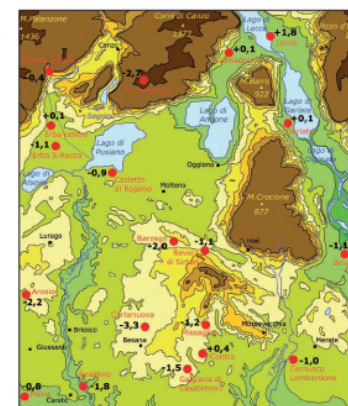
nord di queste, le ondulazioni fra Varese e Como, che delimitano il territorio dell'Olgiatese, per la loro posizione in comunicazione con le valli del Mendrisiotto presentano ulteriori particolarità, che vedremo nel capitolo successivo.

Dal Seveso all'Adda, il territorio può essere identificato geograficamente con la Brianza, divisa tra le province di Como, Lecco e Monza.

Il canturino (tra Seveso e Lambro) è spesso uno spartiacque tra condizioni termicamente favorevoli alla neve verso ovest e sfavorevoli verso est o, al contrario, di inibizione delle precipitazioni a occidente a causa dell'insorgere dei venti "di ritorno" in discesa dall'area pedemontana conseguenti al trasferimento di minimi depressionari padani dal Piemonte verso la Lombardia orientale. Praticamente ogni valle e rilievo delimita una regione microclimatica a sé stante, talché le osservazioni nelle varie località della Brianza (o delle Brianze) non sempre concordano simultaneamente, soprattutto in relazione alle condizioni al limite tra neve e pioggia.

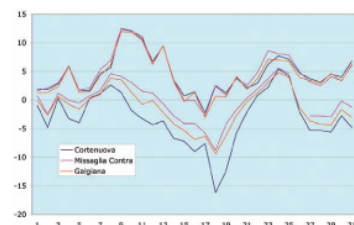
La conformazione altimetrica variegata, composta da alternanza di dossi e vallate, con qualche emergenza collinare più accentuata, è poi motivo di una ulteriore importante diversificazione dei microclimi locali, pur nell'ambito delle caratteristiche generali prima descritte.

In condizioni di scarsa ventilazione a scala sinottica, infatti, il raffreddamento superficiale che si attiva al calar del sole determina lo scivolamento, per gravità, dell'aria fredda lungo i pendii: questa si accumula nelle conche e nei fondovalle, dove genera locali "pozze" di inversione termica mentre i fianchi del rilievo sono costantemente accarezzati da brezze di monte, quasi impercettibili,

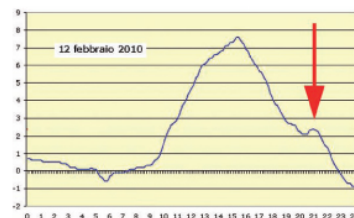


Dicembre 2010. Media delle temperature minime nelle stazioni della rete CML nell'area della Brianza centrale. Si osservano i valori più bassi in corrispondenza delle zone dove l'aria fredda ha modo di depositarsi senza essere rimossa dalle brezze di pendio.

I climi della Lombardia



Dicembre 2010. Temperature minime e massime giornaliere in tre stazioni della Brianza lecchese.



12 febbraio 2010. Andamento della temperatura nelle 24 ore a Gagliana di Casatenovo. Si osserva il caratteristico rialzo termico intorno alle ore 21, dovuto all'innescio della brezza di pendio serale per scivolamento dell'aria fredda verso valle.



Due immagini invernali tra l'alta pianura e la pedemontana bergamasca: in alto, Mapello (foto di Simone Beretta); sopra, Osio Sotto (foto di Andrea Ravasio).



228

Centro Meteorologico Lombardo

che mantengono comunque la temperatura più elevata.

Il fenomeno, comune a qualunque rilievo, è particolarmente osservabile nell'area della Brianza comasca e lecchese, dove in poche centinaia di metri nelle notti serene si possono rilevare differenze termiche di parecchi gradi, in funzione esclusivamente della conformazione topografica: i fondovalle interclusi sono soggetti a intense gelate, mentre sui dossi o sui loro fianchi privilegiati le temperature stentano, nelle notti invernali, a raggiungere lo zero.

Il fenomeno è rilevabile in molte località note a chi frequenta il territorio e, non a caso, storicamente prive di insediamenti abitati. La recente installazione di una stazione della rete CML in uno di questi ambienti ha dato un riscontro sorprendente a questa osservazione, come si può notare dai grafici.

La dinamica dell'aria fredda è osservabile anche dall'andamento termico nella singola stazione: per Gagliana, collocata in una posizione intermedia di pendio, si nota che sistematicamente, ad una prima fase di deciso raffreddamento dopo il tramonto, segue una pausa, identificabile con lo "scivolamento" verso valle dell'aria fredda accumulata sul posto, cui segue la ripresa del raffreddamento sino a tarda notte.

Queste osservazioni – valide in generale per qualunque situazione topograficamente simile a quella descritta – sono estendibili come si è detto a tutta la Brianza, e determinano ad esempio zone di inversione nei ripiani che circondano i laghi brianzoli di Annone, Pusiano e Alserio, e viceversa conche favorite dalle brezze di pendio come quella in cui si estende la città di Erba, ben esposta oltretutto verso sud.

Risalendo verso il ramo lecchese del Lario, il clima della Brianza termina improvvisamente alla stretta di Valmadrera, tra il Monte Barro e il Sasso Malascarpa: da qui in avanti il microclima è governato dal lago e dalle sue brezze, così che le osservazioni di Lecco non sono in alcun modo confrontabili con quelle delle località brianzole.

Un'ultima connotazione comune a tutta l'alta pianura e alla pedemontana tra il Ticino e l'Adda è la frequenza degli episodi di Föhn impetuoso: dopo aver attraversato i valichi alpini e spazzato le superfici dei laghi, accelerato come in un tubo di Pitot, il vento irrompe in pedemontana contribuendo, fra l'altro, ad aumentare ulteriormente la media delle temperature locali.

Rimandiamo allo specifico capitolo per altri approfondimenti sul comportamento del Föhn.

Superato l'Adda, come si è già anticipato, il territorio "tra alta pianura e pedemontana" va riducendosi di profondità: incalzata dalla quota dei 200 metri che si avvicina sempre più al piede delle Prealpi, la pedemontana tende a coincidere con i dintorni di Bergamo e con la Franciacorta, a sud del Lago d'Isèo.

Le caratteristiche generali che abbiamo descritto in precedenza, si riproducono anche in queste fasce, dove gradualmente però va aumentando la probabilità di una rapida erosione del cuscino freddo formatosi durante i grandi rigori invernali, e quindi si riduce la frequenza e la durata degli episodi nevosi. Non a caso, ci addentriamo in aree dove è pregiata la coltivazione della vite, che per avere risultati qualitativamente apprezzabili necessita di precipitazioni moderate e punte di freddo non persistenti. Particolarmente miti si presentano i rilievi pedemontani della provincia di Brescia, fino all'appendice morenica a ridosso del Mincio, che sconfina in provincia di Mantova.

Resta invece elevata la frequenza dei temporali estivi, in discesa dalle valli prealpine, che spesso insistono ripetendosi per più giorni favoriti da un'instabilità atmosferica che a ovest dell'Adda si esaurisce più rapidamente.

Proietti dalla cresta delle Orobie, le valli bergamasche sono infine più restie a convogliare i venti di Föhn fino alla pianura, sicché l'Adda è spesso anche una linea di demarcazione tra l'aria secca e ventilata e quella umida e stagnante nel catino padano.

I capoluoghi pedemontani: Varese, Bergamo, Brescia



Bergamo Alta ai piedi delle Prealpi vista da Laglio. (Foto di Bruno Grillini)

Prima di abbandonare l'alta pianura, è opportuno fare un accenno alle città pedemontane che – oltre a Como e Lecco, di cui si è già parlato – giacciono proprio "al piede" del rilievo prealpino.

È evidente che ciascun nucleo urbano (anche quelli di cui non parleremo esplicitamente in questa sede) avrà un clima, nelle sue linee generali, conforme a quello dell'area geografica cui appartiene: non è quindi il caso di ripetere quanto si è già detto nel relativo capitolo.

Se la conurbazione è sufficientemente estesa, alle condizioni climatiche generali vanno aggiunti i fenomeni dovuti all'utilizzo del suolo: quindi soprattutto il mancato irraggiamento notturno, (con le modalità descritte più avanti nel capitolo *Milano e il clima urbano*), oltre a quant'altro è possibile prevedere in funzione dell'ampiezza dell'abitato.

I tre capoluoghi di provincia pedemontani sommano quindi le caratteristiche della città a quelle dei luoghi di estrema transizione tra alta pianura e piede del rilievo. Anzi, in base alle peculiarità storiche dell'urbanizzazione, in tutti i casi troveremo un nucleo antico posto in posizione più elevata, distante da nebbie e ristagni di umidità, e un'espansione più recente che tende a dilagare verso la pianura, presentandosi con condizioni climatiche certo meno favorevoli.

Un altro fattore significativo è il gioco delle brezze: per i motivi già spiegati più volte, la vicinanza del rilievo innescava spostamenti dell'aria fredda da monte a valle, con conseguenze diverse a seconda della conformazione locale del terreno.

Tutte, infine, beneficiano dell'incremento pluviometrico dovuto alla vicinanza del rilievo, sia per l'effetto di Stau nel caso di correnti umide meridionali, sia perché meta dei temporali di ca-

Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

229



Varese, urbanisticamente parlando, nasce come un insieme di frazioni aggregate intorno a storiche ville: un tempo era anzi nota come "città giardino". Si estende quindi, in posizione rialzata rispetto al vicino lago, con un nucleo centrale introno a quota 380 metri, e diverse ramificazioni sia in alto che in basso; tutte dominate dal ripido pendio del Sacro Monte, propaggine poi del Campo dei Fiori.

L'ormai "storica" stazione varesina del Centro Geofisico Prealpino (che concorre anche al completamento della rete CML) non si trova in effetti nel centro della città, ma in un quartiere periferico a quasi 2 km verso nord. Nel corso dell'anno 2010 la rete ha acquisito una stazione posta presso l'Ospedale di Circolo, in zona sud, sempre leggermente rilevata, ma molto centrale rispetto all'urbanizzato.

Questo ci ha consentito di verificare la presenza dell' "isola di calore" urbana con le attese differenze termiche rispetto alla stazione del CGP. Per un confronto, abbiamo adoperato le temperature medie registrate nel mese di dicembre 2010. Si noterà come la nuova stazione segnali temperature nettamente superiori, sia nelle minime che nelle massime.

È opportuno osservare anche il comportamento della stazione, anzi qui periferica, di Avigno: collocata allo sbocco di una vallecchia del Campo dei Fiori, subisce sistematicamente l'effetto dell'aria fredda in discesa dal canale e, trovandosi al margine dell'area vegetata, l'abitato "fa diga" generando un ristagno che porta la temperatura a valori decisamente inferiori rispetto al resto della linea pedemontana circostante, vicina ai valori dell'aria posta parecchie centinaia di metri più a monte. Si noti anche la differenza rispetto a Luvinate, che occupa la stessa posizione (rispetto al pendio ma che non "strutta" il canale) e che, pur essendo in compagnia di ristagno, si mantiene scivolando lungo il pendio proseguendo il suo percorso mandando le temperature notturne sui valori addirittura più elevati rispetto alla zona, quasi pianeggiante, del Centro Geofisico Prealpino.

Più omogenee sono invece le temperature massime, determinate dal riscaldamento diurno del pendio.

[illegible]

Gennaio 2010: media delle temperature minime e massime nell'area urbana di Varese. La base sottostante, per tutte le aree, è tratta dalla Carta Tecnica Regionale (www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale).

Qui la linea di partenza del rilievo è assai netta, e attraversa il centro urbano al piede della Città Alta. Quest'ultima sovrasta con le sue mura oltre i 370 metri di quota, dominando le nebbie quando queste si spingono verso nord dalla pianura. Il resto della città storica (Borghì) si stende ai suoi piedi a una quota media di 250 metri; le periferie più recenti dilagano in tutte le direzioni occupando ogni residuo di area pianeggiante, salvaguardando solo il settore nord-ovest, occupato dal Parco dei Colli di Bergamo, di fatto una propaggine del rilievo che separa la Val Brembana dalla Val Seriana.

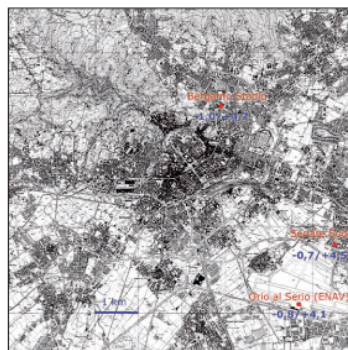
Nulla da aggiungere quindi alle osservazioni fatte nei precedenti capitoli e in queste stesse pagine.

La rete CML non contempla una stazione in Città Alta né nei Borghi, sicché non sono disponibili dati originali sulle differenze tra città e dintorni.

La stazione urbana in zona Stadio, in un ripiano vallivo posto a



Sopra, Bergamo il 28 febbraio 2005. (Foto di Pierpaolo Paldino)
A sinistra, Varese (tratta da F. Ricciardi, Varese sotto la neve. Foto di Carlo Meazza).



Gennaio 2010: media delle temperature minime e massime nell'area urbana di Bergamo.

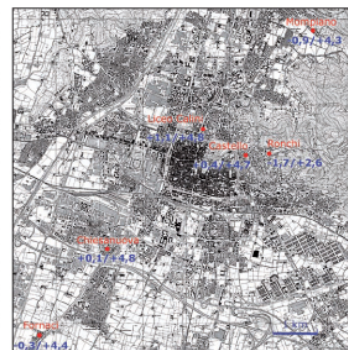
nord del centro storico, denota anzi temperature molto simili, se non inferiori, a quelle di Seriate (in zona periferica a sud) e dello stesso aeroporto di Orio al Serio (l'esempio adottato è riferito al mese di gennaio 2010).

Se però vogliamo – eccezionalmente – dar conto di rilevazioni effettuate da stazioni di reti "ufficiali", dobbiamo segnalare che l'osservatorio di Bergamo facente capo all'ex Servizio Idrografico, posizionato a una quota dichiarata di 366 metri (quindi nel cuore di Città Alta) segnalava, negli anni ottanta, temperature sistematicamente superiori di circa 1 °C rispetto a Orio al Serio nelle medie minime, e di oltre 2 °C nelle massime. Quest'ultimo dato tuttavia ci appare francamente esagerato, considerato anche che risulta da valori estremi spesso improbabili se confrontati ad altre stazioni regionali: non riteniamo opportuno quindi farne un uso puntuale.

Anche in questo caso il rilievo comincia proprio dalla città: il Castello, costruito a quota 222 m s.l.m., domina la città storica estesa in piano a circa 150 metri. Il rilievo, di cui il Castello è propaggine, si innalza, in questo caso, verso est, culminando con il colle della Maddalena (875 m). Questo influenza il microclima della città con i classici fenomeni di brezza, e anche deviando le correnti provenienti dai quadranti orientali: non è raro il presentarsi di locali venti a caduta simili al föhn, che determinano un sensibile rialzo termico.

La città moderna si estende in pianura e anche, verso l'interno, in direzione dell'imbocco della Valtrompia.

Alle spalle del Castello, nella salita verso la Maddalena, il fianco della montagna costituisce la zona dei Ronchi, ossia degli "orti" da cui un tempo provenivano frutta e verdura per la città.



Gennaio 2010: media delle temperature minime e massime nell'area urbana di Brescia.

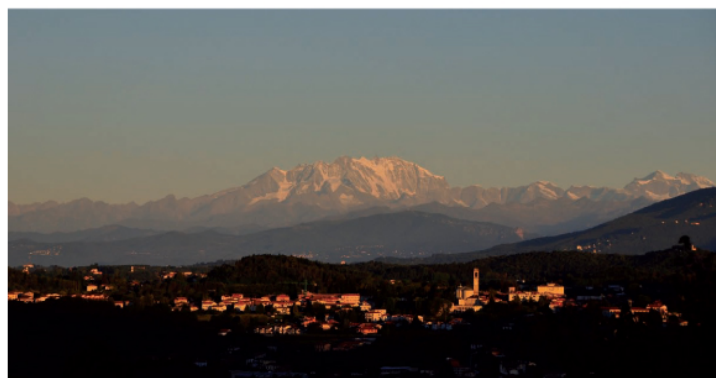
Il raffronto tra le diverse stazioni della rete CML installate intorno alla città di Brescia, mostra - nell'esempio riferito al gennaio 2010 - le evidenti caratteristiche della geografia locale: lungo il fianco della collina dei Ronchi le temperature sono decisamente inferiori, in ragione dell'altitudine crescente; in città, l'urbanizzazione fa sì che al Liceo Calini - in pieno centro storico - le minime siano sensibilmente più alte rispetto ai quartieri periferici, nei quali gioca la maggiore o minore densità edilizia; intermedie le condizioni della stazione posta alle spalle del Castello, che subisce l'influenza moderata del vento di valle; infine, la stazione di Salsomaggiore Omopenee invece sono le temperature massime, a parità di quota, in coerenza con quanto più volte osservato in queste pagine.



Brescia, nevicata del marzo 2005. (Foto di Riccardo Paroni)

L'Olgiatese

di Emilio Ghielmetti (Meteovalmorea.it)

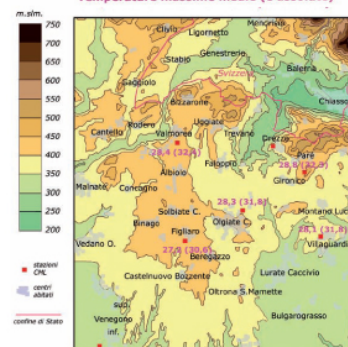


L'Olgiatese visto dal Santuario di Drezzo. (Foto di Renato Cittadino, archivio Meteovalmorea)

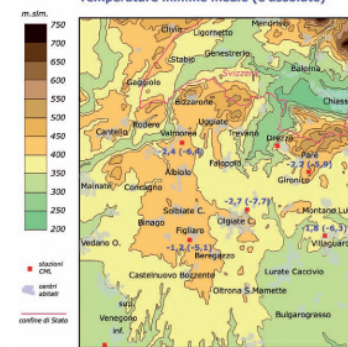
È importante prima di tutto definire cosa si intende per Olgiatese in correlazione a determinati eventi atmosferici e quali sono i fattori interagenti nel rendere particolare il microclima di questo territorio. A differenza dell'Olgiatese politico, l'area in considerazione è più ristretta, estendendosi su di una superficie di circa 40 km² comprendente i comuni a ovest di Olgiate Comasco, fino al confine con la provincia di Varese, e quelli situati a nord fino a quello con la Svizzera. Sotto il profilo morfologico il territorio è collinare, con un'altezza media di circa 400 m e un dislivello massimo di quasi 300 metri dal punto più basso, in località Mulini nella valle della Faloppia (250 m), al punto più alto, il Monte Prato sopra Trevano (535 m). Il comune di Solbiate con i suoi 445 m è il centro abitato più alto. Date queste premesse generali d'inquadramento territoriale, è possibile entrare nel dettaglio analitico per comprendere gli elementi che a volte consentono di vedere la neve nell'Olgiatese e la pioggia nelle località limitrofe, nonostante non si colgano differenze altimetriche così importanti. Procedendo con l'identificazione del perimetro di quest'ambito climatico, partendo in senso orario dalla città di Olgiate Comasco, si sale verso Bereggazzo con Figliaro e di seguito Binago, limite occidentale verso il confine con il Varesotto. Già su questo primo tratto di perimetro si può cogliere un elemento esterno piuttosto rilevante, il Parco Pineta di Appiano Gentile e Tradate, vasto polmone verde di 4.860 ettari che separa l'Olgiatese dalle aree altamente antropizzate e industrializzate dell'hinterland nord-occidentale milanese; esso condiziona il microclima dell'Olgiatese fungendo da filtro termoregolatore

naturale. Proseguendo sempre in senso orario sul nostro perimetro ideale, si ritrova il comune di Cagno, con due colli a gobba di cammello, il Monte Morone (498 m) e il Monte Gasetto (492 m); essi costituiscono di per sé una barriera morfologica di rilievo, favorendo il ristagno di aria più fredda al loro settentrione. Di seguito si attraversa la Val Morea trovando i paesi di Cantello e Roderò, quest'ultimo con il colle di San Maffeo (515 m). Questa valle costituisce un corridoio morfologico naturale con direttrice nord-sud, collegando la piana di Stabio (Svizzera) con la valle dell'Olona (Varese). Ruotando a est nord-est, si attraversa la Val Morea incontrando il Colle dell'Assunta (533 m), sopra Bizzarone e il Monte Prato (535 m), sopra Uggiate Trevano.

In situazioni particolari di cattivo tempo, il più delle volte con sinottiche contraddistinte da minimi depressionari sul Nord-ovest italiano, si innescano correnti dai quadranti meridionali in quota e di maestrale al suolo; l'aria fredda, incanalandosi lungo il Ceresio, trova una condotta preferenziale tra il Monte Generoso e il Monte San Giorgio, fino a sfociare nel Mendrisiotto. A questo punto trova strada facile tra il Colle dell'Assunta di Bizzarone e il Colle di Somazzo o località Catalfam adiacente al Monte Prato e in parte anche lungo la Val Morea; da qui essa si espande poi sull'Olgiatese, provocando episodi d'acqua mista a neve o rovesci nevosi, mentre altrove le precipitazioni rimangono sotto forma di pioggia. L'anello ideale si avvia verso la chiusura scendendo da Uggiate Trevano lungo la dorsale morenica verso Gaggino Faloppia, per poi ruotare attorno alla Valle della Faloppia, includendo Drezzo e Parè. La Valle della

Luglio 2009
Temperature massime medie (e assolute)

(La temperatura massima assoluta è stata rilevata il giorno 16)

Gennaio 2010
Temperature minime medie (e assolute)

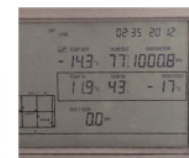
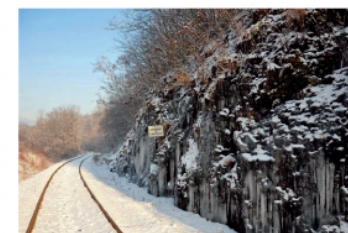
(La temperatura minima assoluta è stata rilevata il giorno 24)

Faloppia è esclusa in quanto oltre a scendere dal punto di vista altimetrico fino a circa 250 m sul confine svizzero, è parzialmente soggetta all'ingresso di correnti più miti dal Lario e da un certo riscaldamento indotto dalla forte urbanizzazione della città di Chiasso. Il perimetro si chiude con Gironico per ricollegarsi a Olgiate Comasco.

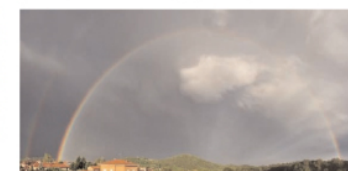
Potrebbe sembrare eccessivo, ma è opportuno evidenziare l'esistenza di un sub-ambito microclimatico concentrico a quello appena descritto, racchiuso in un anello di neppure 20 km² composto dai comuni di Solbiate, Cagno, Roderò, Bizzarone, la parte alta di Uggiate con l'esclusione di Trevano, Gaggino e Albiole. Principalmente si distingue dal punto di vista termico in seguito a un minimo effetto "catino"; i colli circostanti tale settore, consentono il ristagno di un sottile strato di aria più fredda rispetto alle adiacenti zone. Le temperature misurate durante precipitazioni estese e omogenee sono inequivocabili; infatti, i valori rilevati dalla stazione di Valmorea, situata al centro di tale area, rispetto alle corrispettive ubicate ad Olgiate Comasco o Figliaro, risultano quasi sempre inferiori di 0,2 - 0,5°C.



Vista da Drezzo verso Trevano: la neve non tocca il fondovalle della Faloppia, leggermente più mite rispetto al resto dell'Olgiatese.



Sopra, gelo e neve il 20 dicembre 2009 nella Valle del Lario. A sinistra, record di temperatura minima registrata presso la stazione meteorologica CML-MeteoComo di Olgiate Comasco: ben 14,3 gradi sottozero la mattina del 20 dicembre 2009. Sotto, arcobaleno a Olgiate Comasco. (Tutte le foto di Renato Cittadino, archivio Meteovalmorea)



La valle del Ticino

di **Andrea Bosoni** e **Davide Sironi**



La media valle del Ticino dal "balcone" di Tornavento; l'orizzonte nord-occidentale è contrassegnato dal profilo del Monte Rosa. (Foto di Davide Sironi)

La valle del Ticino si estende lungo l'omonimo fiume in territorio italiano, tracciando il confine tra la Lombardia e il Piemonte e ricomprendendo il territorio del Parco naturale del Ticino, primo parco regionale d'Italia istituito nel lontano 1974; longitudinalmente la valle del Ticino si estende da Sesto Calende, dove il Ticino esce dal Lago Maggiore, fino a Pavia, pochi chilometri prima che il fiume confluisca nelle acque del Po. L'importanza di questo lembo di terra posto tra due delle regioni più industrializzate d'Europa viene certificato anche dal riconoscimento rilasciato dall'UNESCO nel 2002, che include la valle del Ticino tra le riserve della biosfera.

Ma l'importanza di questa valle non è solo legata alla flora e alla fauna ma anche al particolare microclima che la contraddistingue rispetto ai territori circostanti. Due sono i principali aspetti legati al microclima della valle: le escursioni termiche tra giorno e notte e i valori notturni, particolarmente freddi non solo durante la stagione invernale. Partiamo col parlare del freddo notturno e delle sue differenze all'interno della valle. Da ricerche effettuate dislocando sensori di temperatura opportunamente schermati e secondo i dati delle stazioni della rete CML, le zone più fredde risultano essere comprese tra le bru-

ghiere di Vergiate, Somma Lombardo e Golasecca nelle vicinanze del torrente Strona in territorio Lombardo; in situazioni particolarmente fredde le brughiere di Varallo Pombia e Castelletto Ticino in territorio piemontese arrivano a registrare mediamente anche 8 °C in meno rispetto ai territori fuori dalla valle. Seguono la zona sud dell'aeroporto di Malpensa lungo la strada che porta a Ferno con circa 6 °C di differenza, la zona di Castelnovate di Vizzola Ticino e La Maddalena di Somma Lombardo, e la zona lungo il vecchio percorso del Naviglio tra Nosate e Turbigo in territorio della provincia di Milano con 4-6 °C.

Anche il resto della valle risulta più freddo dei territori circostanti, ma in misura minore rispetto a queste zone per alcuni aspetti peculiari delle aree citate.

Il primo aspetto riguarda le caratteristiche del terreno, costituito da depositi delle recenti glaciazioni rimaneggiati poi dalle piene del Ticino. Questo tipo di terreni, costituiti in prevalenza da ghiaie e ciottoli, sono molto permeabili e quindi secchi, di conseguenza hanno una capacità termica contenuta e tendono a raffreddarsi velocemente per irraggiamento nelle ore notturne e, di contro, a scaldarsi velocemente durante le ore diurne; infatti queste aree sono caratterizzate da una elevata escursione termica giornaliera.

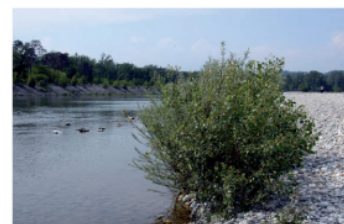
Un secondo aspetto riguarda la morfologia stessa del territorio: nel tratto compreso tra Somma Lombardo e Nosate la valle è incisa vistosamente e ribassata rispetto alle zone circostanti di 40-60 m (fino a 80 m sulla sponda piemontese), i limiti della valle sono delle ripide scarpate da cui tra l'altro si può godere di ottimi panorami (noto il "balcone" di Tornavento). Il fondovalle è costituito da un terrazzamento alluvionale occupato dal meandro di Castelnovate. Ciò favorisce l'insorgere dell'effetto conca, come accade nelle valli alpine e prealpine, l'aria fredda tende ad accumularsi e ristagnare nel fondovalle e ivi rimanere intrappolata; questo effetto è tipico della stagione invernale quando l'aria fredda tende a sedimentarsi maggiormente nei bassi strati. Più a sud il dislivello tra fondovalle e zone circostanti diminuisce e anche i margini diventano meno ripidi, per cui l'effetto conca viene meno. Le zone più a nord sono invece caratterizzate dalla comparsa delle prime colline tipiche della fascia pedemontana, il terrazzamento alluvionale sparisce e l'alveo del fiume è molto incassato (tratto tra Porto Torre e Golasecca); qui le aree più fredde sono gli avvallamenti tra una collina e l'altra, in particolare la piccola valle scavata dal torrente Strona; in queste zone inoltre acquista importanza anche la maggiore altitudine.

Altra nota morfologica è il terrazzamento dove sorge l'aeroporto di Malpensa, zona anch'essa notoriamente molto fredda; questa area è al di fuori della valle ma lievemente ribassata, e ciò fa in modo che l'aria fredda tenda ad accumularsi maggiormente specie nella parte meridionale dell'aeroporto (comuni di Ferno e Lo-

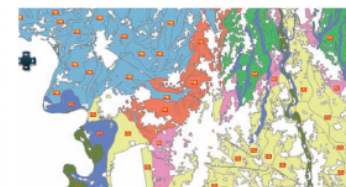


nate Pozzolo).

Infine un altro aspetto importante riguarda il regime di brezze dell'area. Durante il di insistono le classiche brezze da sud-sud-ovest come in gran parte dell'alta pianura ma dopo il tramonto si assiste a una repentina calma del vento che prosegue per l'intera nottata. La calma di vento favorisce il rafforzamento dell'inversione termica con l'accumulo di aria fredda in prossimità del suolo; in presenza di brezze sostenute infatti l'aria verrebbe continuamente rimescolata e quindi il calo termico disturbato. In situazioni di questo tipo (ad esempio in giornate post-favoniche



Il fondovalle del Ticino presso Castelnovate, il 30 aprile 2007. (Foto di Bruno Grillini)



In alto, topografia della media valle del Ticino.

Sopra, stralcio dalla carta pedologica della Lombardia (reperibile attraverso il Geoportale della Regione): la grande varietà dei suoli è rappresentativa di una corrispondente diversificazione della capacità termica delle superfici e quindi del potenziale irraggiamento notturno.

La media pianura tra Adda e Mincio

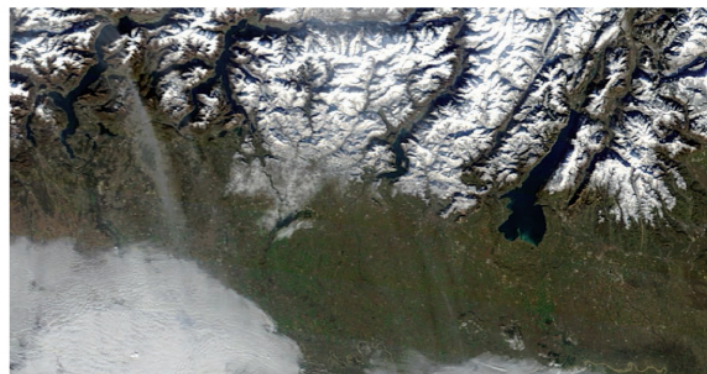
con il contributo di **Antonio Marioni**



Arcobaleno estivo nelle campagne di Castelnuovo. (Foto di Riccardo Paroni)

Tra la media valle del Ticino e l'alto Mincio si estende la fascia di pianura compresa fra l'isoipsa dei 100 e quella dei 200 metri sul livello del mare: se vogliamo dare un nome a questa striscia potremmo chiamarla media pianura, se non che man mano che ci si sposta verso il bresciano e il confine con il Veneto questo settore va assottigliandosi per la naturale diminuzione delle quote, fino a dissolversi incontrando i colli morenici del basso Garda. Anche in questo caso, non vi è una vera omogeneità climatica lungo tutta la sequenza di meridiani attraversati: situazione ulterior-

mente complicata dalla presenza della conurbazione milanese, una vera metastasi nel corpo della Pianura Padana. Dopo aver visto, nel capitolo precedente, le peculiarità della regione interessata dal Ticino, ci troviamo dunque ad attraversare il milanese, le cui caratteristiche climatiche "naturali" sono fortemente alterate dalla presenza della diffusa urbanizzazione: rimandiamo quindi al capitolo *Milano e il clima urbano* la lettura di ciò che avviene in questo settore, quasi fino all'Adda. Allontanandosi dalla metropoli, ricominciamo già a trovare un clima



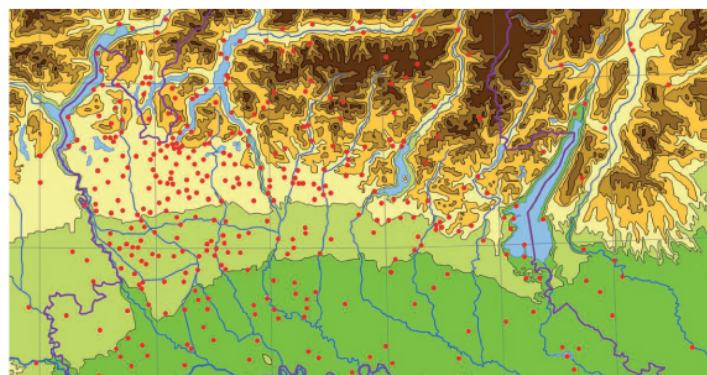
La media e alta Lombardia ripresa dal satellite Terra il 5 febbraio 2010 (Courtesy of MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC); è visibile l'innevamento che, eccezionalmente, ha interessato solo parte della pianura bergamasca e della Brianza lecchese, riproponendosi poi, più a nord, nella media Valtellina.

tipicamente "padano", non dissimile da quello della bassa pianura – trattato nel capitolo successivo –, così che le parti pianeggianti delle province di Bergamo e Brescia, e quelle più settentrionali delle province di Lodi e Cremona possono essere accomunate da una lettura climatica omogenea.

Possiamo ritenere emblematico per la descrizione della fascia di media-alta pianura quanto attiene in particolare alla bergamasca, tenendo conto che allontanandosi nelle diverse direzioni ci si avvia, con caratteristiche di transizione, rispettivamente verso i climi pe-

demontano a nord, metropolitano a ovest, basso-padano a sud e, in fin dei conti, anche a est.

Nel periodo estivo la bassa Bergamasca – e così il bresciano – riceve molti meno temporali e precipitazioni del resto della provincia a causa della lontananza dai monti; la pluviometria estiva è nettamente inferiore rispetto alla pedemontana e ai due capoluoghi di provincia. Tuttavia non mancano i passaggi temporaleschi intensi che in particolari condizioni possono portare a fenomeni di forte intensità, con accumuli di tutto rispetto nelle 24 ore. Una configura-



Altimetria della media e alta pianura lombarda e delle Prealpi, con l'individuazione delle stazioni della rete CML. L'area raffigurata coincide con quella inquadrata nella ripresa satellitare riprodotta in alto.



La bassa pianura da Lodi a Mantova



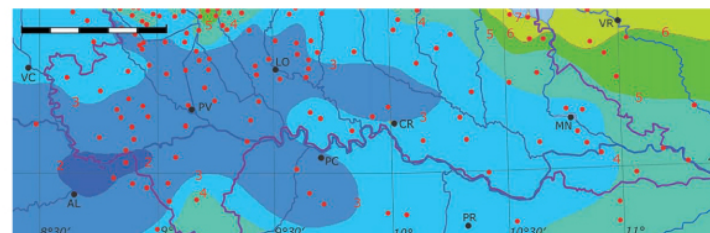
La confluenza tra il Po e il Ticino, presso il Ponte della Becca, il 15 maggio 2005. (Foto di Bruno Grillini)

Stamattina un velo nel cielo, altostrati un po' bluastri che ora si diradano. E ancora corti abbandonate, un cimitero di corti deserte. C'è quel vento che a tratti scuote gli arbusti sul ciglio della strada, arriva lì e disperde dei lucerini che volano via. Come la dimenticanza quando arriva con la sua onda, spazza la pianura in ogni angolo, e ti lascia lì dismemorato e intontito per le troppe cose che passano via.

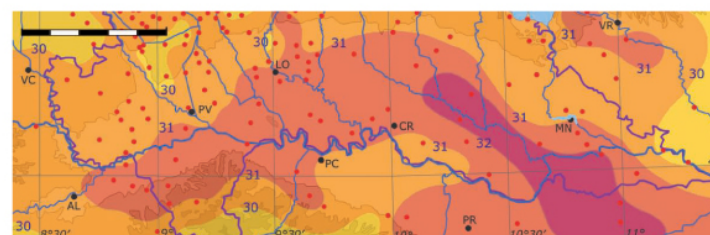
Sotto il cavalcavia della provinciale Casalmaggiore-Parma, e finalmente vedo il Po.

(...) Su un'ansa del fiume a occidente un'isola piena di pioppi sembra allagata, pochi uccelli volano a pelo d'acqua e forse sta per piovere. Nubi bianche e gonfie, coperte dalle cime dei pioppi cipressini in riva al fiume. Sull'altra sponda lontana si sente il canto del cuculo.

Adesso sta piovendo e sono tornato sull'argine, la luce è rifratta in toni rossastri e l'acqua del fiume sembra uno specchio immobile. Dall'asfalto salgono folate di vapore, e ad un tratto la pioggia è finita, passa un ragazzo in motorino. (Gianni Celati, Verso la foce, Milano, Feltrinelli, 1989)



Gennaio 2009, media delle temperature massime diurne nella bassa pianura lombarda. (Dati rete stazioni CML)



Luglio 2009, media delle temperature massime diurne nella bassa pianura lombarda. (Dati rete stazioni CML)



Sopra, la Cascina Ceroni, presso Corteolona, al tramonto del 25 settembre 2010. (Foto di Bruno Grillini)

Nella pagina a lato, in senso orario:

Lodi, 10 ottobre 2004, incudini di un tardivo temporale in esaurimento.

Tavazzano, 13 febbraio 2005: con forte vento di Föhn, sono nettamente visibili le Alpi innevate.

Sonaglia, 10 gennaio 2009: le rive del Po immerse nel gelo. (Le tre foto sono di Bruno Grillini)

Collecchio (Parma), 27 maggio 2009: il cumulonembo si espande sulla pianura lombarda. (Foto di Erik Concarini)



Il Pavese: dal sud Milano all'Oltrepò

di Tommaso Grieco (www.paviameteo.it)



Serra del Monte, frazione di Cecima a circa 500 metri slm, emerge oltre il limite superiore della nebbia, il 29 dicembre 2008. (Foto di Gino Minoli)

La provincia di Pavia mostra un'ampia varietà di differenti microclimi: a seconda della stagione, è facile trovare un tempo completamente diverso spostandosi anche di poche decine di chilometri: ciò accade sia in estate, a causa dei fenomeni temporaleschi, sia in inverno per merito delle nevicite. In linea generale, possiamo suddividere il territorio in tre grandi tronconi: il pavese e il sud milanese, la Lomellina e il Siccario, l'Oltrepò.

La stagione invernale nella provincia pavese: la nebbia e la neve
Tra novembre e marzo gran parte della provincia fa i conti con il classico freddo invernale padano: in condizioni anticicloniche, spesso ma con minore frequenza rispetto al passato, si affermano le nebbie. La Lomellina ed il pavese sono più soggette a fenomeni nebbiosi,

specie durante i mesi di novembre e dicembre, in gran parte per la composizione del suolo (per natura la Lomellina è stata per secoli una palude impraticabile, ma le comunità dei monaci nel Medioevo, che bonificarono la zona introducendo le marcite, la colonizzazione feudale nel duecento e le grandi riforme agricole introdotte dagli Sforza, che sperimentarono la coltivazione del riso, hanno fatto di questa zona un mosaico di ricchissimi campi di cereali). Anche il sud milanese è spesso avvolto dalla fitta nebbia che risale da Pavia, specie in un'area che spazia da Abbiategrasso a Linate, quando la disposizione dei venti al suolo risulta dai quadranti sud-occidentali. La Valle Staffora, la Val Tidone, la Valle Ardivestra, invece, presentano un numero di giorni nebbiosi assai più basso, e questo in gran parte per merito della quota: anche la Valle Scu-

pitazioni spingono l'aria fredda verso le quote più basse, permettendo alla neve di raggiungere l'area del Brallo (900-1000 m) e successivamente Romagnese, Zavattarello, Varzi. A seconda dell'entità dell'ingresso freddo, la neve potrà poi conquistare le colline dell'Oltrepò e le aree di pianura del vogherese. Generalmente, per la città di Pavia e il pavese in generale, non sono queste le occasioni per poter assistere a nevicite superiori ai 3-5 cm. Oltre alle configurazioni bariche che possono arrecare nevicite diffuse, molte volte basta un semplice alito umido dalla Liguria per poter vedere i bianchi fiocchi cadere in città.

Questa è un po' una peculiarità del microclima pavese: a differenza della stagione estiva, nella quale il territorio viene difficilmente interessato dai principali episodi temporaleschi, la stagione invernale presenta invece notevoli dinamicità, sia per la particolare orografia che permette potenziali, abbondanti nevicite, sia per la tendenza alla formazione di minimi depressionari piuttosto "bassi" sul Mediterraneo, che promuovono le precipitazioni sulle basse pianure.

La disposizione media del vento al suolo durante la stagione invernale, risulta essere da sud-ovest o ovest-sud-ovest un po' su tutta la provincia, e sono proprio questi i vettori capaci di estendere freddo, nebbia e neve fino al milanese meridionale.

La stagione estiva nella provincia pavese: il marino e i temporali
Le osservazioni delle ultime cinque o sei stagioni estive sulla provincia pavese, hanno delineato una tendenza a un incremento della ventilazione, in modo particolare sulla bassa Lomellina e la Valle Staffora.

Negli ultimi anni sta riscuotendo sempre maggiore interesse il vento Marino, quello atteso e sponsorizzato da una famosa pubblicità. Esso proviene dal Mar Ligure (da qui la denominazione "marino"), risale l'Appennino ligure e scende il versante pavese sotto forma di vento catabatico da sud-ovest. Con esso, i cieli tendono a divenire limpidi ad iniziare dall'Oltrepò, mentre le nubi cumuliformi vengono spazzate in direzione nord, fino a essere spinte nel milanese centro-settentrionale.

Il Marino si verifica quando la Pianura Padana comincia a scaldarsi più del Mar Ligure creando la condizione di pressione più elevata sul mare rispetto a quella sulla Pianura: ecco allora che si innesca un flusso di aria dal mare che tende a compensare questo dislivello barico.

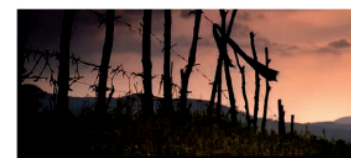
Se il più delle volte il Marino si presenta come un vento di brezza, in occasione di particolari situazioni bariche può innescarsi un vento catabatico di notevole intensità.

Il più noto episodio recente di sud-ovest catabatico risale a sabato 6 giugno 2008. In questa circostanza la saccatura in transito non riuscì a formare minimi depressionari a sud-ovest del Nord-Italia, e la presenza di due minimi oltralpe fu la base per l'attivazione dei venti di Marino particolarmente tempestosi.

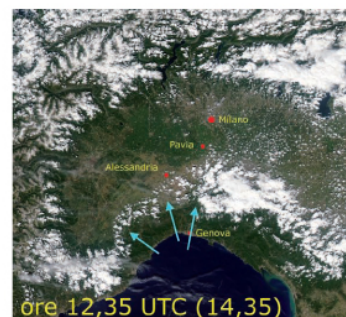
A Pavia le raffiche toccarono punte di 77 km/h, e furono responsabili della caduta di numerose piante.

L'aumento della cadenza di episodi di Marino è da collegare a un'ulteriore diminuzione della frequenza di episodi temporaleschi sulla provincia, data l'impossibilità di far partire la miccia della convezione.

Durante la stagione estiva, i temporali interessano in modo pri-



Due fotogrammi dello spot ufficiale 2010 per Prosciutto di Parma "È arrivato il marino...". Agenzia Ogilvy&Mather; regia di Owen Harris; produzione Acca Film.



9 luglio 2008: il fronte di avanzata del Marino è identificabile dalla formazione dei piccoli cumuli che si muovono sul basso Piemonte e l'Oltrepò pavese aprendosi a ventaglio sulla pianura; il raffronto tra l'immagine fornita dal satellite MODIS Aqua alle 14:35 e quella (a minore definizione) del satellite geostazionario fornita da www.sat24.com alle 17:15 mostrano lo spostamento dell'aria discendente dall'Appennino ligure.



Alessandrino e Lomellina

di Paolo Orsi



Gelo nella campagna di Pontecurone. (Foto di Umberto Franzosi)

Prolungando le nostre osservazioni a ovest del Pavese, entriamo nella conca di Alessandria che, pur essendo ormai esterna alla regione lombarda, è un'area microclimatica molto significativa soprattutto come avamposto delle nevicate "da cuscino" ed è quindi molto osservata dagli appassionati della Lombardia. La pianura alessandrina è caratterizzata da un suolo franco-limoso con falde tendenti ad affiorare durante i periodi più piovosi (autunno e primavera). Proprio per questo, con il contributo anche dell'orografia, vi si registrano le maggiori percentuali di umidità dell'aria di tutta la regione e il più alto numero di giorni di nebbia all'anno (113 in media i giorni di nebbia ad Alessandria, in diminuzione a partire dagli anni ottanta). La spiccata continentalità del clima di questa zona si evidenzia nell'escursione fra le temperature medie estive e quelle invernali nell'ordine di oltre 20°.

L'escursione termica maggiore (differenza fra temperatura media

dei due mesi estremi) è localizzata nella fascia di pianura a ridosso del Po. Qui in inverno predominano le inversioni termiche con uno strato freddo difficile da scalfire, mentre in estate si sentono maggiormente gli effetti di subsidenza dell'anticiclone e la ventilazione è minore.

In estate, complici anche i venti di caduta secchi e la maggiore insolazione, le temperature sulla pianura alessandrina oscillano frequentemente fra i 30° e i 35° mentre in Lomellina i valori sono di poco più bassi (grazie all'acqua presente nelle risaie che fa da volano termico).

Al contrario le serate estive sono più calde e afose nella Lomellina mentre sulla pianura alessandrina la temperatura riesce a calare di più e la sensazione di afa è minore. Nella stagione fredda la nebbia generalmente la fa da padrone, specie sulla pianura, mantenendo una temperatura media piuttosto bassa con escursione diurna spesso inesistente.

L'orografia gioca poi un ruolo importante nella definizione del



Arcobaleno in agosto a Mirabello Monferrato. (Foto di Carola Bollato)



Arcobaleno in settembre tra le colline del Monferrato. (Foto di Alessandro Amboldi)

clima; infatti la pianura alessandrina si trova circondata per due terzi da montagne e da colline: a est ci sono le ultime propaggini dell'Appennino pavese, a sud l'Appennino e a ovest le prime ondulazioni dei rilievi piemontesi che si identificano con le colline del Monferrato.

L'Alessandrino e la Lomellina Pavese sono separate dal fiume Po che fa da linea di demarcazione non solo dei confini regionali ma anche delle caratteristiche territoriali/agricole e microclimatiche.

Infatti, se a nord del Po (e a est nel tratto Monferrino) si pratica la coltura intensiva del riso, con conseguente allagamento estivo dei campi, a sud si coltivano ortaggi e graminacee con conseguente maggiore aridità estiva del territorio rispetto alla Lomellina.

La suddetta conformazione orografica fa sì che l'Alessandrino, in particolare la zona in cui è situata la città (che ha colline anche a nord), è una delle zone meno piovose del nord-ovest.

La piovosità media aumenta man mano che ci si allontana dal capoluogo, in maniera ancora più evidente quando si supera il Po e ci si addentra nella Lomellina.

Nella stagione estiva, quando l'anticiclone "spinge" da sud e le perturbazioni transitano spesso a nord dell'arco alpino, il territorio si viene a trovare, durante la maggior parte dei peggioramenti, in condizioni di venti di caduta catabatici che non solo inibiscono le precipitazioni, ma creano condizioni di elevata aridità.

Questi venti di caduta che accompagnano i fronti a nord delle Alpi scelgono la via più comoda per passare l'Appennino, via che si può ragionevolmente identificare nella Valle Scrivia e in misura minore nella Valle Bormida.

Questi canali preferenziali si evidenziano soprattutto durante la fase del passaggio fra la primavera e la prima fase dell'estate quando si verifica il fenomeno del Marino, di cui abbiamo parlato nella descrizione del clima pavese: questo, superato l'Appennino ligure, passando per l'Alessandrino arriva a lambire anche parte della Lomellina.

Generalmente il Marino conquista il territorio alessandrino nel primo pomeriggio, preceduto dalla formazione di innocui cumulus humilis, contenendo l'aumento termico pomeridiano e soffia fino a metà serata momento in cui, complice anche la mancanza del sole, provoca a volte una vera e propria sensazione di freddo.

Man mano che la stagione estiva prosegue e il gradiente termico Mar Ligure - Pianura Padana diminuisce gli episodi di Marino rimangono relegati al passaggio di saccature alte.

In quei casi gli episodi assumono vere e proprie caratteristiche favoniche che spesso inibiscono i fenomeni convettivi a sud del Po.

Nel caso di passaggi di profonde saccature a nord delle Alpi, in concomitanza del forte richiamo di correnti da sud-sud-ovest, si possono innescare vere e proprie tempeste di Föhn appenninico con massima intensità nelle vallate appenniniche di Vogherese, Tortonese e Novese con raffiche che possono superare anche i 100 km/h (si veda il capitolo precedente).

I fenomeni convettivi invece vengono agevolati dalla media Lomellina verso nord ove l'aria secca proveniente dall'Appennino trova al suolo l'aria molto umida delle risaie e a volte riesce a innescare cellule temporalesche.

Solo raramente le correnti secche provenienti dall'Appennino riescono a innescare temporali anche a sud del Po, specie quando sono deboli e in condizioni di instabilità con geopotenziali in calo che precedono il passaggio di un fronte. In questo caso i temporali che scaturiscono dal contrasto tra l'aria secca appenninica e quella umida presente al suolo raramente riescono a raggiungere la Lomellina: generalmente quando arrivano sul Po perdono energia e dopo alcuni chilometri si esauriscono.

I fenomeni convettivi legati al passaggio di fronti invece rimangono molto meno influenzati dal fiume ma, in ogni caso, spesso il corso del Po fa da linea di demarcazione fra due zone con precipitazioni di intensità differente.

Le zone più interessate dai fenomeni convettivi sono le zone appenniniche e quelle collinari del Monferrato, segue la Lomellina e in ultimo la piana alessandrina che è abbastanza riparata dai fenomeni in spostamento dal Monferrato verso est.

I temporali che si innescano per l'entrata di Föhn da nord-ovest o per l'entrata di aria fredda in quota da nord-ovest generalmente sfilano a nord-est il capoluogo (che è riparato dalle colline del Monferrato e che risente in maniera più diretta dei venti di caduta provocati dal richiamo dei cumulonembi temporaleschi che passano a nord) mentre possono interessare la Lomellina, la Valle Scrivia e l'Oltrepò, andandosi a intensificare per Stau sulle prime colline dell'Oltrepò pavese.

I temporali da ingresso di aria fredda da sud-ovest sono i più estesi e interessano tutto il territorio anche perché, a differenza dei temporali che passano a nord e generano richiamo secco sull'Alessandrino, quelli provenienti da sud-ovest si alimentano con l'aria calda e umida che proviene da nord nord-est quindi dalla pianura e non presenta effetti inibenti.

Generalmente scarsi sono gli effetti delle irruzioni da est nella stagione estiva. Questi si riducono quasi sempre a temporali da Stau sull'Oltrepò pavese e sul Monferrato.

Le condizioni migliori per le precipitazioni su Alessandrino e Lomellina sono quelle con flusso umido da sud in quanto la direzione delle correnti umide e piovose è la più favorevole per

L'Appennino



Lungo il percorso che dal Passo del Penice (1.149 m) porta alla vetta omonima (1.460 m), il panorama si apre verso la valle del Trebbia, con i rilievi dell'Appennino Piacentino; sui fianchi, poche chiazze di neve il giorno 27 del mitissimo gennaio 2007. (Foto di Bruno Grillini)

Quella modesta porzione di Appennino che rientra nei confini regionali della Lombardia merita un breve accenno, anche se direttamente o indirettamente se ne è già parlato nei capitoli precedenti.

Va osservato innanzitutto che non ci troviamo ancora lungo lo spartiacque dell'Appennino ligure: né il monte Penice (il quale divide semplicemente la Valle Staffora, lombarda, dalla Val Trebbia, piacentina), né la cima più alta, il monte Lesima (1.724 m) offrono versanti ai bacini liguri.

Per arrivare allo spartiacque occorre spingersi molto più a sud: ancora a Torriglia, in piena Liguria, a 18 km dal mare, troviamo le sorgenti del Trebbia e dello Scrivia, che scendono entrambi verso il Po.

Per una singolare articolazione del rilievo, benché le cime più alte siano effettivamente distanti dal mare, il vero spartiacque lo troviamo al Passo della Scoffera, e siamo già a 25 km, in linea d'aria, dal confine della nostra regione.

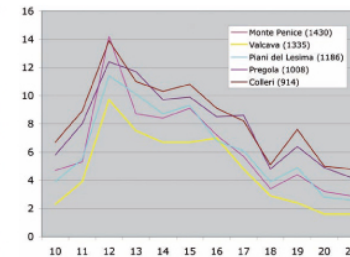


I climi locali



Geografia dell'Appennino Pavese: lo spartiacque tra bacino padano e versante ligure passa molto più a sud dei rilievi più elevati, che culminano col Lesima. In alto a destra, le temperature massime rilevate dal 10 al 21 novembre 2010 nelle stazioni CML dell'Appennino, confrontate con Valcava.

Sotto, tra Bobbio e il Penice, a quota 1.000 dopo la nevicata del 9 gennaio 2010, in contrasto con la stagione vista nell'immagine di apertura. (Foto di Bruno Grillini)



presenta mediamente più mite rispetto alle quote analoghe delle Prealpi.

Ne verifichiamo l'assunto analizzando le temperature massime di un breve periodo del novembre 2010 in diverse stazioni dell'alta Valle Staffora, confrontandole con la stazione di Valcava. Quest'ultima risulta sempre sensibilmente più fredda anche rispetto alla vetta del Penice, posta a quota oltre 100 metri più elevata.

Dal punto di vista precipitativo, le peculiarità della zona appenninica sono già state delineate descrivendo i microclimi del pavese e dell'alessandrino; riassumendo, possiamo ricordare che spesso la propagine appenninica delinea dei massimi di precipitazione conseguenti allo "sfondamento" degli accumuli che si producono sul versante ligure, oppure beneficia della formazione di temporali di calore in regimi che viceversa sono sfavorevoli all'instabilità in area alpina.

Per altre particolarità si rimanda ai precedenti capitoli dedicati all'Oltrepò.





Peppino: Intanto, Mezzacapa disse che a Milano faceva freddo, che c'era la nebbia.
 Totò: Embè?
 Peppino: E dove sta questa nebbia?
 Totò: Ma scusa, come disse Mezzacapa: quando c'è la nebbia, non si vede. La nebbia c'è, e non si vede.
 Peppino: E non si tocca. Intanto io sento caldo.
 Totò: A Milano fa freddo.
 Peppino: Eppure io sento caldo.
 Totò: E sarà un freddo caldo (...) A Milano non può fare caldo...

(Totò, Peppino e la malafemmina, di Camillo Mastrocinque, 1956)

Milano e il clima urbano

In qualunque zona geografica ci troviamo, la presenza di aree urbanizzate costituisce una ulteriore variazione al microclima locale.

Va premesso che un'alterazione delle caratteristiche della superficie del suolo, per quanto limitata in estensione, produce sempre una modifica dei principali parametri microclimatici: sicché ogni singolo edificio, anche isolato, posto in mezzo alla campagna, costituirà, nel suo immediato intorno, una piccola enclave di "clima urbano".

Tuttavia, considerati gli scambi reciproci, soprattutto in termini di calore, tra suolo e aria, e l'avvezione di questa da luogo a luogo, il fenomeno diventa significativo – ai fini della caratterizzazione del microclima locale – solo quando l'agglomerato urbano raggiunge una sufficiente estensione.

Le rappresentazioni cartografiche che corredano in appendice questa pubblicazione, essendo calibrate sulla scala regionale, non possono dar conto di ogni singola isola microclimatica urbana, né sarebbe possibile farlo anche a scala più ravvicinata non avendo di fatto una stazione di rilevamento all'interno di ogni centro abitato.

Sono però già evidenti alcune alterazioni del campo termico, soprattutto nelle temperature minime notturne, in corrispondenza dei centri abitati più estesi, e in particolare laddove sono presenti stazioni di rilevamento della rete CML.

La periferia nord di Milano, con gli agglomerati edilizi del quartiere di Niguarda. All'orizzonte si distinguono, da sinistra a destra, le sagome del grattacielo Pirelli, del Duomo, della Torre Velasca, e dei due grattacieli della Stazione Garibaldi. La ripresa aerea è stata effettuata nell'agosto 2006: oggi nuovi grattacieli sono in costruzione tra il Pirelli e Garibaldi. (Foto di Sergio Foroni)



Milano e il clima urbano

L'isola di calore: premesse teoriche

Le ricerche sul clima urbano, e anche le istruzioni contenute nella guida della WMO (vedi bibliografia), fanno riferimento ad uno schema della struttura dell'atmosfera suddiviso in *layers*. Per semplificare al massimo il concetto, diremo che al di sopra della città, lo strato d'aria entro il quale si può considerare vi sia un'influenza da parte della superficie urbana sul flusso e sulle caratteristiche dell'atmosfera, è definito come *boundary layer* (strato limite urbano). Questo delimita una "cupola", che può risultare deformata nel senso delle correnti aeree (spingendosi sottovento verso la campagna).

All'interno del *boundary layer*, viene individuato, a partire dal suolo, uno strato che delimita la "volta urbana" (*urban canopy layer*): stendendo un ideale lenzuolo sui tetti delle case, il *canopy layer* è quello che rimane al di sotto, ed è caratterizzato dalla "rugosità" (alternanza di spazi - le strade e le piazze - e di ostacoli - le costruzioni - è uno strato analogo a quello che si crea sotto gli alberi di una foresta).

Al livello dei tetti, si hanno delle condizioni ibride, tra i microclimi

Ad esempio, la bassa albedo di molti materiali urbani si traduce in maggior assorbimento della radiazione solare durante il giorno; riflessioni multiple all'interno del *canopy layer* abbassano ulteriormente l'albedo della "superficie" urbana (intesa come la superficie "vista" dall'alto al di sopra dei tetti). La minore velocità media dei venti all'interno del *canopy layer* riduce gli scambi turbolenti mentre l'assenza di vegetazione impedisce il raffreddamento evaporativo.

Osservando però che la differenza termica città/campagna è manifestamente più significativa durante la notte, con cielo sereno e calma di vento, si può ragionevolmente analizzare l'isola di calore come il risultato del differente raffreddamento superficiale governato dalle quote di scambio radiativo e di accumulo di calore.

Benché i materiali urbani sia noto abbiano un'elevata capacità di immagazzinare e rilasciare calore, non sembra sufficiente fare appello alle proprietà termiche delle superfici. I materiali di rivestimento stradale (asfalto) sono sottili e in contatto diretto con il suolo naturale. I materiali da costruzione degli edifici, a



indotti dalle caratteristiche dei tetti stessi, e l'influenza del *canopy layer*, ovvero dei microclimi "specializzati" presenti nelle strade e nelle piazze sottostanti. Si può poi individuare un ulteriore livello, che è delimitato dalla quota alla quale il mix di questi ultimi "microclimi" è completato: questo strato (*roughness sublayer*) ha uno spessore variabile, che dipende dalla "rugosità" della superficie sottostante, ossia dalle caratteristiche urbane (rapporto tra vuoti e pieni, altezza degli edifici, larghezza delle strade, ecc): il limite del *roughness sublayer* in caso di urbanizzazione compatta è stimabile in una volta e mezza il *canopy layer*, ma può arrivare a quattro volte il "canopy" in aree molto irregolari e aperte.

Lo strato superiore del *boundary layer* è denominato *inertial sublayer*.

Il Bilancio energetico dell'"isola di calore" urbana

Il bilancio energetico di una superficie è la risultante di tutti gli scambi di energia, che includono i flussi radiativi (onda corta e onda lunga), il flusso turbolento di calore sensibile e di calore latente nei confronti dell'atmosfera, e l'energia immagazzinata o prelevata dal substrato. Un termine aggiuntivo che deve essere considerato nei sistemi urbani è il calore aggiunto dalle attività umane: questo, però, con poche eccezioni, costituisce una componente estremamente piccola del bilancio energetico.

La radiazione netta è composta dalla radiazione in arrivo e da quella in uscita dalla superficie. La radiazione in arrivo, a sua volta, comprende quella derivata dal cielo e quella proveniente dalle superfici circostanti. Il contributo di queste sorgenti dipenderà sia dalla loro emittenza che dalla proporzione "vista" della superficie di ciascuna sorgente.

Nell'ambiente urbano ogni termine del bilancio energetico risulterà alterato e contribuirà alla formazione dell'"isola di calore".

Sopra, uno schema esemplificativo degli strati atmosferici che caratterizzano l'area urbana secondo la teoria dei "layers".

Sotto, il fattore di cielo "visto" da un punto posto al suolo in una strada urbana: in questo caso l'angolo visuale è di 40°, pari quindi al 22% della volta celeste visibile.

Nella foto adiacente, pagina a fronte, sono rappresentati tre punti di possibile posizionamento di un sensore termometrico: A) alla classica quota di 2 metri dal suolo; B) al livello dei tetti; C) al di sopra del *canopy layer*. Le due foto sono riprese in zona Sempione/Cadorna a Milano.



Centro Meteorologico Lombardo

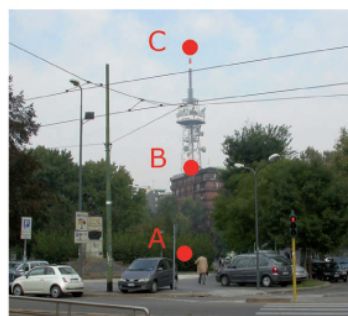


Il profilo di Milano visto dalle colline della Brianza lechese: al centro, il nuovo grattacielo della Regione. 31 luglio 2010. (Foto di Bruno Gnlini)

loro volta, costituiscono un involucro relativamente sottile che separa l'aria interna da quella esterna: molto dello scambio di calore diurno è limitato a questo strato, che ha un'ampia capacità di calore specifico ma un limitato volume. Ne consegue che la semplice sostituzione della copertura del suolo naturale con materiali urbani non è una sufficiente spiegazione per la formazione dell'isola di calore.

Sotto i cieli sereni notturni, la quota di raffreddamento superficiale è determinata dalla perdita netta di radiazione a onda lunga. L'entità di questa perdita è proporzionale alla sua esposizione al cielo, che può essere misurata come la proporzione di emisfero visibile, sopra l'orizzonte, che è occupata dal cielo, denominata *sky view factor*. In un punto di una superficie orizzontale priva di ostacoli, questo fattore sarà massimo; viceversa, in presenza di elementi che ostacolano la vista del cielo, il fattore si riduce. Ne consegue che la geometria tridimensionale dell'area urbana potrà essere una buona misura della perdita radiativa notturna. Oke (vedi bibliografia) ha mostrato che in condizioni ideali il massimo valore dell'isola di calore osservata si trova nelle dense parti centrali dell'insediamento urbano e che è fortemente correlato con il fattore di cielo; questo può essere considerato approssimativamente come proporzionale al rapporto tra l'altezza degli edifici e l'ampiezza stradale.

Partendo dalla campagna, ai confini urbani i cambiamenti di temperatura sono rapidi, dopo di che la differenza aumenta più lentamente, fino alle aree centrali; la presenza di parchi e aree verdi determina una relativa riduzione dell'isola di calore.



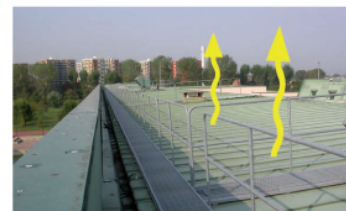
Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

Questa schematizzazione, ampiamente dimostrata in letteratura, è applicabile a condizioni ideali e a centri urbani dove le superfici sono asciutte e i materiali possono essere considerati generalmente omogenei, e può presentare specifiche varianti in funzione di fattori particolari, quali la topografia, l'altimetria, la presenza di ampie superfici d'acqua.

Il posizionamento dei sensori

Non è facile individuare qual è la collocazione ottimale di una stazione meteo in area urbana: all'argomento è dedicato un lungo capitolo nelle norme internazionali della OMM (vedi bibliografia), ma è lo stesso organismo unificatore che precisa (al capitolo 11.1 della guida prima citata):

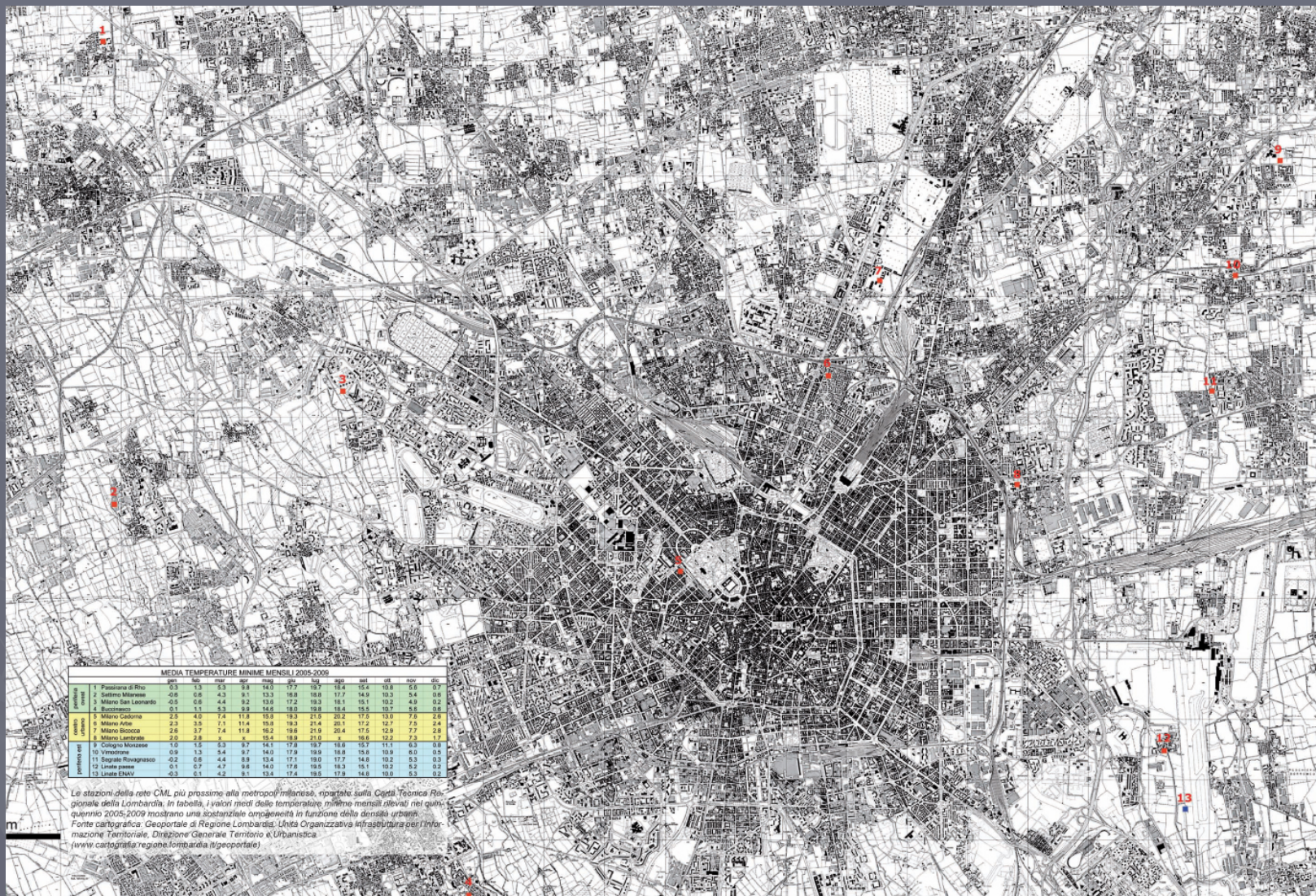
"I servizi meteorologici hanno difficoltà nel raccogliere osserva-



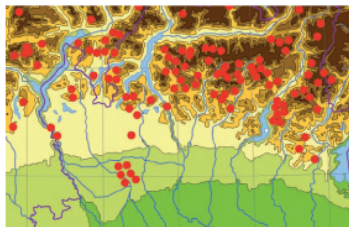
Sopra, due esempi di tetti la cui superficie può influenzare negativamente l'eventuale rilevazione termometrica per il surriscaldamento dei materiali: l'eventuale sensore va posto a congrua distanza (pallino rosso).

263





Milano e il clima urbano



Sopra, innesci di precipitazioni convettive in aria stagnante nella stagione estiva 2008.
A destra, sequenza di immagini satellitari tratte dal sito www.sat24.com il 26 luglio 2008 ogni mezz'ora dalle 16:45 alle 18:15.

tati delle ricerche di cui sopra.

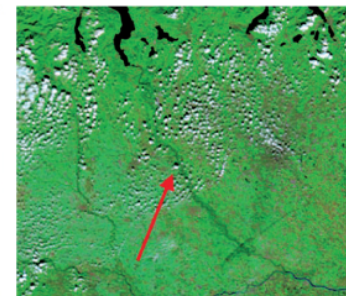
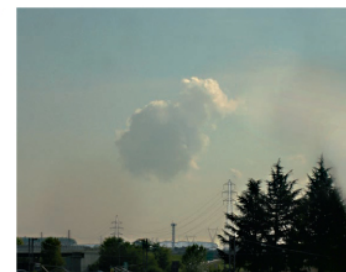
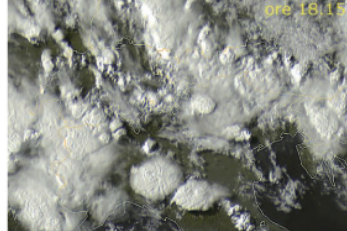
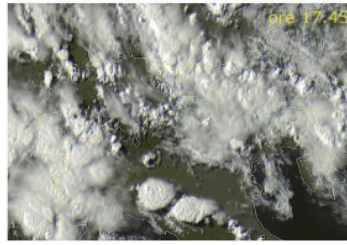
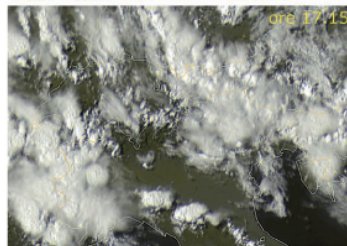
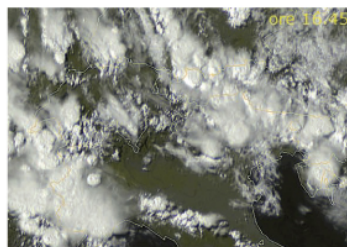
Esaminando singoli eventi, ma anche nelle somme pluviometriche di mesi particolarmente caratterizzati da attività convettiva, alcune aree di maggior piovosità vengono a propagarsi, dai massimi pedemontani, verso i settori periferici della città, come a denotare una persistenza locale, o un'accentuazione, di fenomeni temporaleschi in transito, nel momento in cui vengono a contatto con la superficie urbana.

Una possibile riprova viene dall'esame degli "innesci" di precipitazioni convettive in aria stagnante (escludendo cioè le situazioni di linee temporalesche in transito): dalla mappa riportata in alto, relativa ai mesi estivi del 2008, si osserva che, oltre ai consueti luoghi geografici di maggior innescio convettivo (costituiti dalle pendici montane, soprattutto nelle valli bergamasche), le precipitazioni hanno inizio, in un numero non irrilevante di casi, alla periferia della città, con preferenza per le zone a nord (Cinisello) e a est (Linate). Non necessariamente questi "innesci" danno origine poi a precipitazioni di entità significativa, anzi a volte si "spengono" precocemente, cosa che però non fa che avallare l'ipotesi di un "disturbo" causato localmente proprio dalla presenza dell'agglomerato urbano che funge da "molla" per innescare una iniziale convezione.

Si veda ad esempio - qui a lato - la sequenza di un evento temporalesco, in aria molto instabile ma priva di correnti aeree significative, dove molti temporali si innescano sulle aree montane e pedemontane, ma non in pianura: eppure localmente, alla periferia di Milano, si sviluppa un isolato cumulonembo che esaurisce in loco la sua energia, apportando una quarantina di mm solo sui quartieri est della città, e lasciando all'asciutto tutto il resto. L'ipotesi che può essere formulata - sulla scorta anche delle ricerche di oltreoceano - è che la "rugosità" della superficie urbanizzata (alternanza di alti edifici e strade), unitamente al "salto" igrotermico che essa costituisce rispetto alla campagna, assuma lo stesso ruolo di un ostacolo orografico, obbligando l'aria, in atmosfera instabile, a innalzarsi.

Una serie limitata di osservazioni non dà la certezza statistica del rapporto causa/effetto; tuttavia si è potuto osservare che, in presenza di aria leggermente instabile, anche senza l'innescio di temporali, sul limite settentrionale dell'area metropolitana, si verifica talvolta la formazione di nubi cumuliformi altrimenti assenti nel resto dell'area geografica.

Fenomeni analoghi sono riconoscibili in corrispondenza di aree industriali dove le torri di raffreddamento o gli scarichi di prodotti della combustione introducono in atmosfera un apporto umido e un incremento termico in grado di provocare la formazione di piccole nubi cumuliformi (pyrocumulis), simili a quelle che si gene-



Immagini relative alla formazione di nubi cumuliformi locali dovute all'urbanizzazione o alle attività umane.

In alto a sinistra, sollevamento di un cumulo su Cinisello (15 luglio 2008). In questa colonna, cumulo isolato stazionario sull'area industriale di Galliate (Novara), in riva al Ticino, il 6 ottobre 2010, nel corso della mattinata, pur formandosi altri cumulus humilis sull'alta pianura, quello di Galliate è ben identificabile dalla immagine satellitare in falso colore (satellite MODIS Terra).

A sinistra, pirocumulo in formazione su un'area industriale presso Casalpusterleno il 4 dicembre 2010: i fumi della combustione hanno una direzione diversa rispetto alla nube generata. Schema esplicativo alla pagina seguente.
(Tutte le foto sono di Bruno Grillini)



Carte tematiche

La temperatura



L'obiettivo di questa sezione dell'Atlante non può essere quello di definire le temperature "normali" nelle diverse località della regione (che richiederebbe una lunga serie storica), bensì quello di individuare le differenze locali nel campo termometrico e la loro evoluzione tipica nell'arco dell'anno (obiettivo perseguibile anche con un numero più limitato di osservazioni).

La rappresentazione della distribuzione media delle temperature, minime e massime, nei singoli mesi dell'anno, rappresenta quindi il valore osservato nel quinquennio 2005-2009, e si può ritenere che con buona approssimazione la distribuzione relativa, se non il valore assoluto, sia rappresentativa del suo andamento medio effettivo anche sulla lunga distanza.

Si è voluto dare comunque anche uno strumento che consenta di trasferire i valori locali del quinquennio in un contesto trentennale: ogni tavola riporta infatti una tabella che contiene i dati CLINO trentennali di alcune stazioni della rete appartenente al Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, nonché i dati, relativi alle stesse stazioni, calcolati per il quinquennio 2005-2009. È così possibile rendersi conto di quanto il quinquennio adoperato per delineare la carta si sia discostato dalla media trentennale "normale", ed eventualmente, per interpolazione, risalire al probabile valore medio "normale" per qualunque area geografica locale.

È opportuno tener presente anche un'ulteriore approssimazione presente nell'elaborazione dei dati. Solo un numero relativamente esiguo di stazioni della rete CML ha funzionato continuamente per tutto il quinquennio: in ciascun mese, queste stazioni "complete" sono state adoperate come stazioni "capofila". Le stazioni che presentavano una quantità di dati insufficiente per un singolo mese di una specifica annata sono state ugualmente adoperate, inserendo, per il mese mancante, un valore calcolato in base alla differenza mediamente riscontrata, rispetto alla stazione "capofila", nel mese corrispondente delle

altre annate. Il dato risultante – tanto meno preciso quante più sono le annate "interpolate" – è stato considerato come valore-guida ma non vincolante nel tracciamento delle curve; si consideri comunque che, con un'equidistanza tra le isoterme pari a 1 grado, l'eventuale errore nel calcolo dei dati mancanti è sicuramente inferiore all'approssimazione stessa del disegno.

Infine, un'ultima precisazione circa le modalità di tracciamento delle curve. I classici metodi matematici che adoperano interpolazioni lineari o pesate tra i singoli valori noti, come il metodo Kriging, presentano una eccessiva banalizzazione del risultato finale, con effetti spesso risibili, come dimostrano i tentativi di cartografia "automatica" presenti in rete. D'altra parte, l'introduzione di parametri correttivi – quali altitudine, esposizione, prossimità degli specchi d'acqua, urbanizzazione – richiederebbe una complessità di calcolo per il momento sproporzionata ai nostri obiettivi. Le curve sono quindi state tracciate manualmente – come era d'uso nella cartografia fino a pochi anni fa – , avendo così la possibilità di tener conto delle caratteristiche morfologiche locali, anche in assenza di dati, nonché del diverso grado di accuratezza dei dati provenienti dalle singole stazioni.

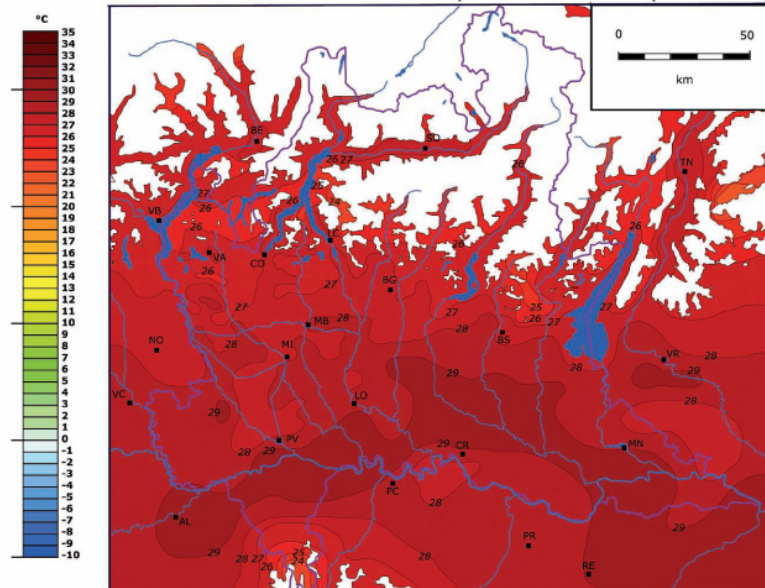
Le tavole grafiche limitano la rappresentazione alle aree poste a quota inferiore ai 1.000 metri: le stazioni di montagna, infatti, non hanno una distribuzione tale da garantire una corretta rappresentazione delle isoterme in relazione all'altitudine, e queste risulterebbero comunque troppo fitte rispetto alla scala di rappresentazione. Per ogni mese, è presente comunque una tabella che riporta i valori calcolati per le località della rete CML, atta a integrare la lettura del quadro termometrico regionale anche in quota.

In appendice viene infine effettuata un'analisi statistica più approfondita dei dati adoperati per la realizzazione delle mappe che seguono.

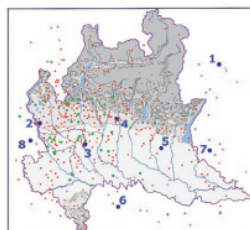
Albero di roce in Valle Nave, Comune di Castenovo (Lecco). Immagini dei giorni: 18 settembre 2004; 27 novembre 2004; 15 gennaio 2005; 20 febbraio 2005; 30 aprile 2005; 22 maggio 2005. (Foto di Bruno Grillini)



GIUGNO media temperature massime (2005-2009)



Nel mese in cui l'insolazione raggiunge la maggior durata, il "polo" del caldo si estende a tutto l'asse padano da Alessandria a Mantova. Si è ridotta comunque la differenza con le aree pedemontane, e solo le valli interne evidenziano valori leggermente inferiori. Anche lungo i laghi le temperature risultano leggermente più miti rispetto alla pianura centrale. Nelle minime si accentua il fenomeno già visto in maggio, e solo l'oltrepò rimane più fresco: la pianura centrale è ormai l'area più calda anche di notte. Naturalmente Milano con tutta la sua conurbazione metropolitana fa registrare valori ancora più elevati, mentre le rive dei laghi denunciano una condizione termica intermedia, con un'azione temperata rispetto alla perdita di calore che si osserva nelle valli interne, ma senza l'aspirazione delle grandi città. In questo mese torna evidente una certa differenza termica nell'area della brughiera tra Varese e il Ticino.



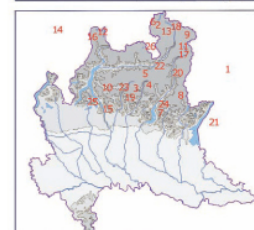
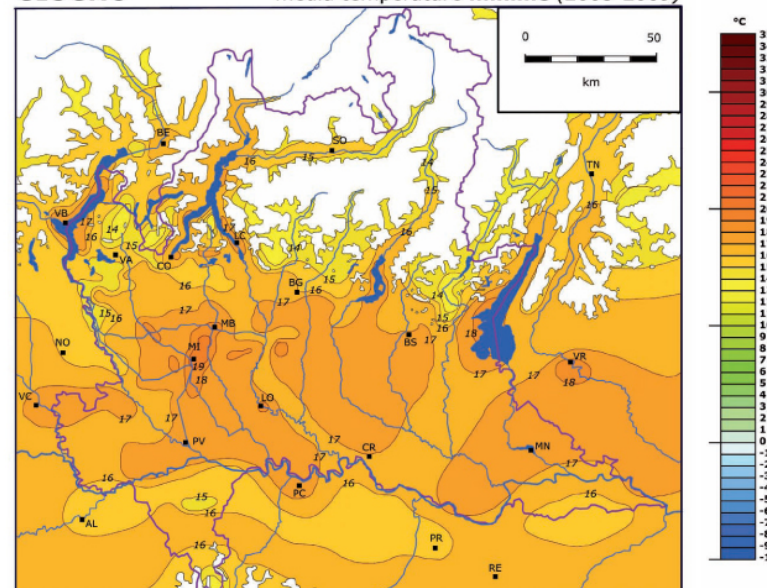
GIUGNO	Media temperature minime			Media temperature massime		
	2005-09	1971-00	1961-90	2005-09	1971-00	1961-90
1 Monte Paganella	6.2	4.5	4.1	13.1	11.2	11.0
2 Malpensa	14.6	12.4	12.6	26.7	25.5	25.5
3 Milano Linate (*)	17.5	15.4	15.0	28.9	26.2	26.1
4 Bergamo Orio al Serio	17.6	14.5	14.4	28.2	25.3	25.0
5 Brescia Ghedi	17.0	15.4	15.3	28.4	26.4	26.1
6 Piacenza San Damiano	15.7	13.6	13.3	28.3	26.2	25.9
7 Verona Villafranca	17.1	15.4	15.2	29.1	26.3	26.2

differenza rispetto al trentennio 71-00



(*) Nota: le rilevazioni di Linate comprendenti gli anni successivi al 1990 sono di minore attendibilità

GIUGNO media temperature minime (2005-2009)



stazioni di montagna

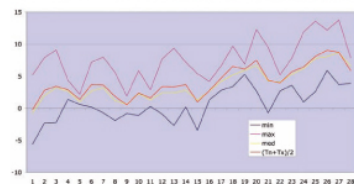
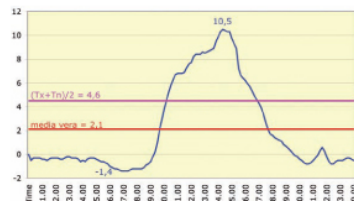
m.	nr.	stazione	quota	Tmin	Tmax
2000	1	Paganella AM	2125	6.2	13.1
	3	Alpe Arera	1970	7.9	13.4
1800	6	Livigno	1891	4.9	16.1
	9	Santa Caterina Valfurva	1738	5.2	16.9
1600	10	Piani di Bobbio	1650	9.9	16.4
	12	Madesimo	1545	8.5	17.3
	13	Oga	1484	9.0	18.5
1400	14	Nara Cancori	1466	10.3	18.7
	15	Valcava	1335	11.5	17.8
	16	Campodolcino Fraciscio	1319	10.5	18.8
	17	Ponte di Legno	1280	9.6	20.0
	18	Bormio Funivia	1225	10.4	20.3
	19	Zambra alta	1215	11.6	19.2
	20	Saviore dell'Adamello	1209	12.0	20.4
	21	Ferrara di Monte Baldo	1208	10.9	17.9
1200	22	Aprica	1180	10.9	20.5
	23	Roncobello Capovalle	1154	11.0	20.9
	24	Montecampione	1152	11.6	18.8
1000	25	Monte Cornizzolo	1110	12.9	18.6

Solo Livigno e Santa Caterina mostrano temperature minime dal sapore quasi invernale; altrove, compresi i 2.000 metri dell'Alpe Arera, le temperature notturne sono comprese tra gli 8 e i 12 °C. Le massime raggiungono ormai i 20 °C fino a quota 1.300 (Bormio, Ponte di Legno), anche se come si è visto in maggio – in vetta la ventilazione consente qualche grado in meno. A 2.000 metri le temperature massime superano i 13 °C.

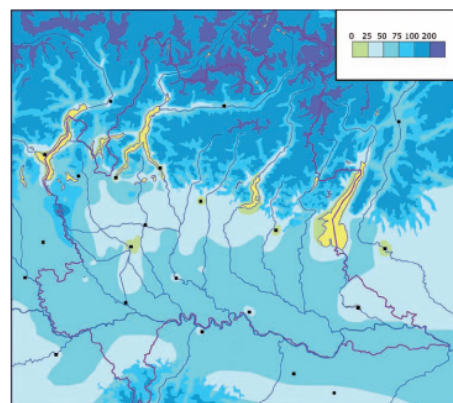


Temperature medie

Nelle tavole precedenti si è sempre rappresentato – sia nelle carte tematiche che nelle tabelle – il dato corrispondente alla media delle temperature minime o delle temperature massime. Ma qual è la "temperatura media" giornaliera, mensile, stagionale? Poiché fino a pochi lustri fa le temperature venivano rilevate principalmente con strumenti "a massima" o "a minima", o con



Galgiana di Casatenovo, temperatura del 1° febbraio 2011 (in alto); temperature del mese di febbraio 2010 (sopra). In entrambi i grafici sono tracciate la temperatura media vera e la temperatura media ottenuta dalla semisomma dei valori minimo e massimo.



300

apparecchi registratori meccanici, i dati che si trovano nelle serie storiche sono quasi sempre ottenuti attraverso la media aritmetica della massima e della minima giornaliera. Questo valore è però fuorviante in quanto esso non coincide affatto con quella che è stata la temperatura media "vera" della giornata (e quindi del mese, della stagione, dell'anno). Con l'avvento delle registrazioni tramite datalogger, possiamo ottenere immediatamente il valore mediato in base alle rilevazioni in continuo che ci danno gli strumenti elettronici. Siamo in grado quindi di osservare come nella maggior parte dei casi la temperatura media quotidiana è di diversi decimi inferiore a quella ricavabile dalla semisomma degli estremi giornalieri. In alcune giornate la differenza è notevole, ad esempio quando una breve schiarita si presenta nelle ore centrali durante una fase di pioggia o di nebbia.

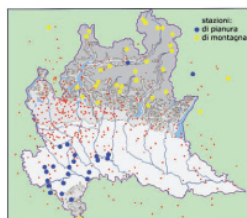
Nel confrontare i "valori medi" di diverse località o di diversi periodi, è quindi opportuno fare riferimento sempre alla media dei due estremi, per non incorrere in errori dovuti ai due diversi metodi di calcolo.

Giorri di gelo e giorni di ghiaccio

L'insieme dei dati raccolti dalla rete CML nel corso degli anni non è sufficientemente completa da poter dare un valore medio dei giorni di gelo (con temperatura minima uguale o inferiore allo zero) e dei giorni di ghiaccio (con temperatura massima uguale o inferiore allo zero).

Questi, d'altra parte, sono assai variabili da un anno all'altro, come vedremo per le nevicate, e in soli cinque anni possono verificarsi stagioni invernali con caratteristiche estremamente diversificate. Per avere un orientamento sulla distribuzione dei giorni di gelo nella regione, abbiamo preso comunemente l'anno solare 2009 - che comprende quindi la fine di un inverno e l'inizio di quello successivo - in cui il numero di stazioni funzionanti è stato sufficientemente elevato.

La carta che se ne ricava, mostra in pianura una frequenza che si aggira mediamente sui 50 giorni di gelo; leggermente inferiore è la frequenza delle gelate lungo la fascia prealpina, a eccezione del varesotto che è invece, con la valle del Ticino, sede della maggior frequenza, superando nella brughiera di



Stazioni con almeno 10 giorni con temperatura massima inferiore o uguale a zero (giorni di ghiaccio) - anno 2009 (sopra).

Numero di giorni con temperatura minima inferiore o uguale a zero - anno 2009 (a sinistra).

Centro Meteorologico Lombardo

Malpensa i 100 giorni.

Scendono invece sotto i 25 giorni le sponde dei laghi e i grandi agglomerati urbani, in coerenza con quanto si è osservato nelle carte delle temperature minime mensili.

Per le località di collina e di montagna, abbiamo incrociato i dati rilevati dalle nostre stazioni con l'altimetria, per dare una distribuzione indicativa del fenomeno anche in quota. Dai dati della rete CML risulta comunque che fino a 1.000 metri di quota non si raggiungono i 100 giorni di gelo, in coerenza con il fatto che vengono meno le inversioni termiche caratteristiche della bassa pianura (100 giorni si registrano a Zamballo Alta, quota 1.200; 106 a Valcava, 125 all'Aprica). Si toccano i 200 giorni solo nelle conche dell'alta Valtellina (206 a Livigno, 205 a Santa Caterina Valfurva); nel resto della regione alpina abbiamo stimato che tale valore si raggiunga solo alle quote più alte.

I giorni in cui anche la temperatura massima rimane inferiore allo zero sono ancora più imprevedibili, soprattutto per la pianura: questi si verificano infatti o durante la sedimentazione di aria fredda accompagnata da nebbie persistenti, o in occasione di irruzioni di aria molto fredda, soprattutto quando questa, in presenza di scorrimento umido in quota, dà luogo a precipitazioni nevose con temperature che si mantengono costanti durante tutta la giornata. Si tratta quindi di fenomeni episodici, che possono presentarsi occasionalmente o non presentarsi affatto da un inverno all'altro.

Nell'anno solare preso in esame, le "giornate di ghiaccio" si sono verificate, in pianura, con una frequenza che va da uno a 13 giorni. Dalla distribuzione delle località che hanno rilevato più di 10 giornate con temperatura massima inferiore a zero, si nota che queste sono quasi tutte collocate nel sud Milano e nel Pavese, zona già nota per la maggior persistenza del noto "cuscino" padano. Le stazioni con 3 giornate o meno sono quelle poste sulla riva dei laghi o nei grandi centri urbani. Tutte le stazioni di montagna, naturalmente, registrano oltre 10 giorni di ghiaccio, con una corrispondenza più lineare tra frequenza e altitudine, così come si era già rilevato a proposito delle temperature massime nel capitolo descrittivo delle Alpi e Prealpi.

Brina e altri fenomeni

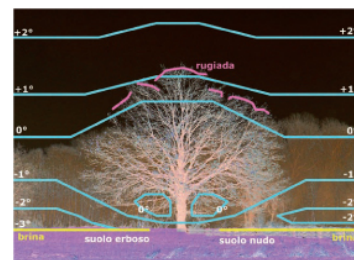
Collegati con la frequenza delle basse temperature sono certamente i fenomeni della rugiada, della brina, della galaverna. I dati disponibili, trattandosi di osservazioni "sogettive" e non strumentali, sono incompleti e non consentono di redigere una mappa in proposito.

Giova ricordare che la rugiada si forma quando le superfici si raffreddano fino a raggiungere la temperatura di saturazione dell'aria sovrastante, causando la condensazione dell'umidità su di esse; quando questa temperatura è inferiore allo zero, sulle superfici si forma direttamente la brina. Questa può essere osservata anche con temperature dell'aria, alla quota dello schermo, di 3 o 4 gradi sopra zero: questo perché sono le superfici - la lamiera delle auto, o il suolo, nudo o erboso - a perdere calore e raffreddarsi al di sotto dello zero. Gradualmente, ne verrà raffreddato anche lo strato d'aria sovrastante, ma non è detto né che questo raggiunga a sua volta lo zero, né che lo zero arrivi fino alla quota dello strumento di rilevazione (180-200 cm dal suolo).

La presenza della brina dipenderà quindi, oltre che dalla temperatura, dall'umidità dell'aria, e dalla assenza di ventilazione, che disturberebbe l'intero processo.

Può anche avvenire che il livello di condensazione sia al di sopra dello zero, e che si formi quindi innanzitutto la rugiada; continuando l'irraggiamento, la temperatura della superficie può scendere ulteriormente, causando il congelamento della rugiada, che si presenterà quindi come ghiaccio trasparente in vece dei cristalli bianchi che costituiscono la brina.

La brina si può presentare quindi ovunque, e la sua distribu-



Schema della temperatura dell'aria in una notte serena e senza vento, con formazione di brina e di rugiada. La superficie del suolo cede calore, mentre la chioma degli alberi ha un effetto schermante. (Ridsegnato a partire da uno schema di Mezzetti-Veronesi, vedi bibliografia)

zione si può considerare direttamente proporzionale alla frequenza dei giorni con basse temperature invernali.

Tutt'altro processo è dato dalla galaverna: in questo caso sono le gocce di nebbia, sospese nell'aria in stato di sovrassaturazione con temperatura inferiore allo zero, che si depositano congelando nel momento in cui incontrano un ostacolo, tipicamente i rami degli alberi. In una situazione di questo tipo è proprio la corrente d'aria che favorisce la formazione della galaverna, e la forma degli accumuli di ghiaccio consente di capire in quale direzione e con quale velocità la nebbia si è spostata. La distribuzione geografica del fenomeno è quindi legata alla possibilità che, insieme a temperature inferiori allo zero, vi sia la presenza di nebbia o - come accade in montagna - il transito di nubi a bassa quota.

La presenza di particelle solide (nuclei di coalescenza) nell'aria può dar luogo a un processo analogo all'interno del banco di nebbia, dove le goccioline sopraffuse si aggregano in fiocchi e cadono al suolo come neve, anche in uno spessore molto sottile della nube (quella che viene impropriamente chiamata "neve chimica"); il fenomeno è tipico di zone industriali o di periferie urbane dove cambiano improvvisamente le condizioni igrotermiche e di concentrazione delle polveri sospese.



Milano (zona Niguarda), 5 gennaio 2009, ore 9:45 del mattino, temperatura di -3°C. Eccezionale galaverna e accumulo di neve da nebbia al suolo, per uno spessore di circa 5 cm. Non vi era al suolo alcun accumulo da precedenti nevicate. (Foto di Bruno Grillini)

Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

301





A metà aprile, quando Caterina tornò a casa, tutta la zona prealpina era da parecchi giorni investita da un nubifragio. Pioveva a dirotto e i torrenti erano diventati fiumare impetuose. Il lago era in piena. Le sue onde, che lambivano il piano dei viali, si erano affacciate alla piazza dell'imbarcadere e si tenevano aggrappate al bordo di granito del terrapieno, aspettando una spinta per scavalcarlo e dilagare dentro le case. L'acqua del nostro fiume, giunta alla foce, tornava indietro, fino al primo ponte, risospinta dal lago in burrasca.
(Piero Chiara, Una spina nel cuore, Milano, Mondadori, 1979)

Briaco, 19 settembre 2010. (Foto di Bruno Grillini)

Carte tematiche Piogge e temporali

La distribuzione delle stazioni appartenenti alla rete del CML è divenuta via via più fitta nel corso degli ultimi anni. Per poter tracciare con una certa attendibilità le isotele relative a ciascun anno, è però necessario poter contare su una densità minima che non sempre, nelle prime annate, era garantita.

Le carte che seguono sono quindi riferite agli anni 2006-2009, e presentano alcune aree non mappate; inoltre, il dettaglio delle curve aumenta nelle annate più recenti in funzione dell'incremento delle stazioni di osservazione.

L'approssimazione è però sufficiente per delineare un andamento tipico della distribuzione pluviometrica, con un asse di minimo lungo l'asta del Po, ed un massimo, orientato sempre nel verso dei paralleli, lungo le Prealpi.

E' invece molto variabile il valore assoluto delle precipitazioni, che fino al 2007 sono state decisamente deficitarie aumentando invece decisamente nel biennio successivo.

Dal raffronto fra le diverse carte, si osserva anche qualche altra particolarità in comune fra le annate: un canale di "minimo" lungo la valcamonica, un relativo aumento delle precipitazioni tra pavese e lodigiano rispetto al resto della bassa padana, una nuova diminuzione nel cuore delle Alpi centrali.

Non è facile, data la variabilità del fenomeno pluviometrico, stabilire quale sia il valore "normale" della distribuzione annuale delle precipitazioni. Per singole località le serie storiche possono essere anche molto lunghe, ma la costruzione di una carta richiede che i dati raccolti dal maggior numero possibile di località siano omogenei e confrontabili fra loro.

Il lavoro di maggiore accuratezza a scala nazionale che abbiamo a disposizione è oggi la "Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-50", pubblicata nel 1961 dal Servizio Idrografico del Ministero Lavori Pubblici, e che utilizza i dati di 2.372 stazioni (su tutta l'Italia) di cui 937 complete e 1.435 con poche carenze che sono state completate mediante opportune interpolazioni. Il metodo adottato per la realizzazione di questa carta è estremamente rigoroso, per questo è da tenere presente pur non essendo un prodotto recente.

Inquadrando la Lombardia dalla suddetta carta, otteniamo una mappa di riferimento, che abbiamo adattato con gli stessi intervalli e colori di quella redatta per le singole annate, e che riportiamo al termine della serie.

Esistono naturalmente raccolte di dati più recenti. Il programma

Scia (www.scia.sinanet.apat.it) si è dato la missione di mettere insieme i valori rilevati dalle diverse reti regionali e nazionali che oggi operano sul territorio, non essendo più funzionante la rete centralizzata del Servizio Idrografico. Per quanto riguarda le precipitazioni, il programma ha elaborato le medie di riferimento calcolate sul trentennio 1961-90, che mostra un andamento generale coerente con quello illustrato sul trentennio 1921-50; si deve tener conto però che il numero di stazioni utilizzate è molto minore (appena 17 in Lombardia), e che le reti di riferimento (Enav, Ucea, Arpa) non sono del tutto omogenee né la loro distribuzione sul territorio è costante.

Un lavoro minuzioso di raccolta dei dati pluviometrici esistenti dal 1891 al 1990 è stato effettuato negli anni scorsi dalla Struttura Rischio Idrogeologici e Sismici della Regione Lombardia (carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della regione Lombardia).

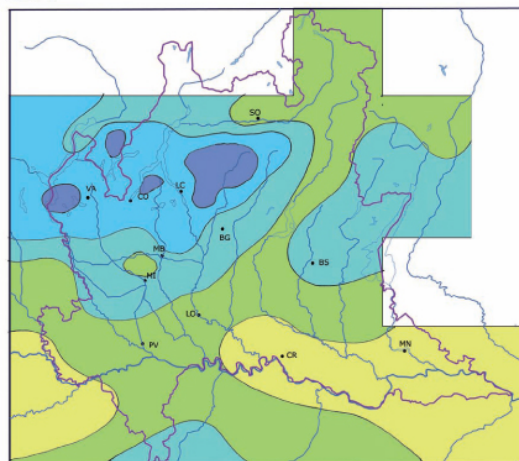
Questo lavoro, se è utile per conoscere, di ciascuna località, la precipitazione media, minima e massima nel maggior arco di anni possibile, è inesatto invece nella sua riproduzione cartografica; vengono infatti cartografati e messi a confronto valori di precipitazione rilevati in periodi molto diversi fra loro, talvolta per pochi anni (anche 10) a fianco a stazioni con serie secolari. Si notano infatti frequenti "massimi" e "minimi" locali che non sono dovuti a peculiarità del luogo ma a disparità dei periodi di rilevazione.

Guardando la carta a grande scala (reperibile sul sito ufficiale della regione Lombardia) l'andamento è comunque abbastanza simile a quello presente nella nostra carta di riferimento preferita: d'altra parte non c'è da meravigliarsene, in quanto quella, relativa al periodo 1891-1990 contiene al suo interno il periodo 1921-1950 che è, come abbiamo detto prima, anche il più ricco di dati, e quindi riesce ad influire sul disegno generale della mappa.

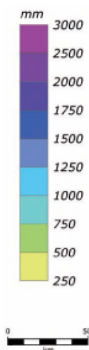
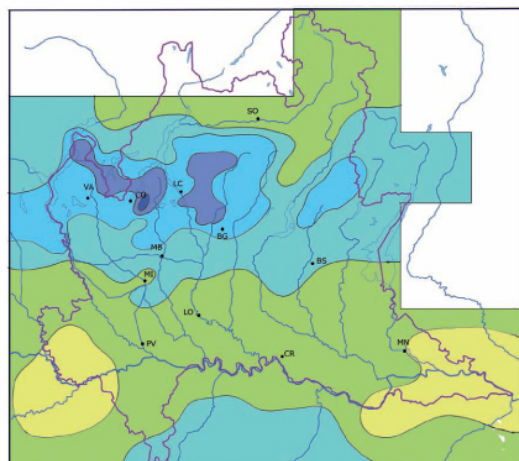
I dati raccolti con quest'ultimo lavoro, sono stati però migliorati dalla Direzione Generale Reti e Servizi di Pubblica Utilità della stessa Regione Lombardia, con un'ulteriore elaborazione che ha eliminato i difetti sopra accennati, escludendo stazioni sospette e ridisegnando le curve con un'opportuna scelta dei parametri matematici da applicare al programma di kriging. Ne è risultata la "Carta delle piogge medie annue", interessante da consultare anche per conoscere la metodologia adottata.



2006



2007

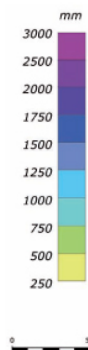
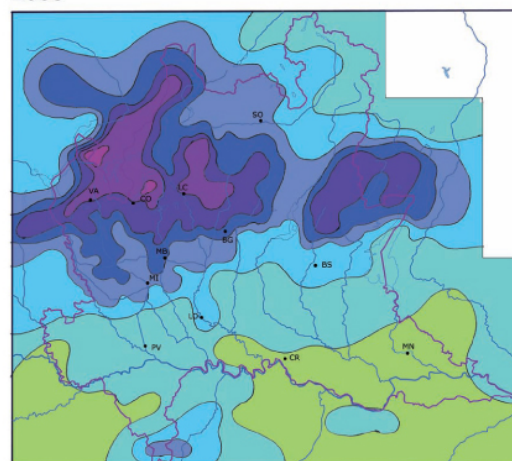


2006
Fra le annate prese in considerazione, questa risulta la più deficitaria: lungo l'asta del Po i valori sono spesso inferiori ai 500 mm annui, ed i massimi – posizionati come è da attendersi nella Prealpi bergamasche – sono sempre inferiori a 1.500 mm. Pur nella minore attendibilità dei dettagli, a causa del limitato numero di stazioni adoperate, è evidente il "canale" di minimo relativo lungo la Valcamonica.

2007
Anche questa annata presenta valori pluviometrici dello stesso ordine di grandezza dell'anno precedente, con lievi miglioramenti in alcune aree e qualche ulteriore arretramento in altre. Rimane costante invece la distribuzione per fasce zonali con il massimo lungo l'asse delle Prealpi. Il quantitativo di 1.500 mm viene in questo caso appena superato ai piedi del triangolo lariano.

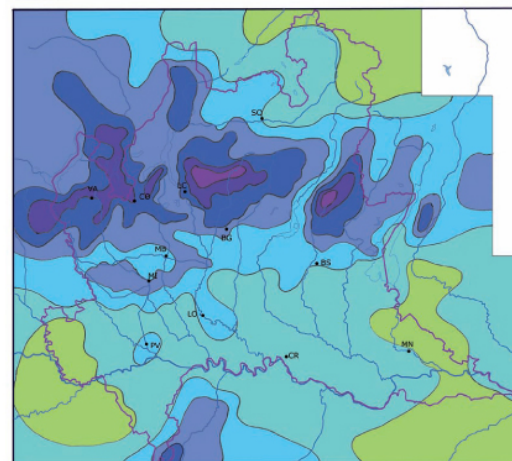


2008

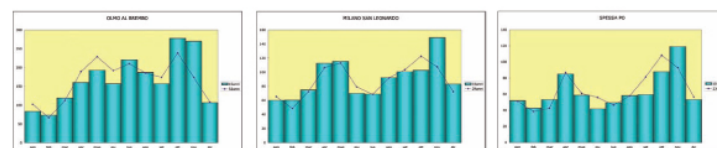
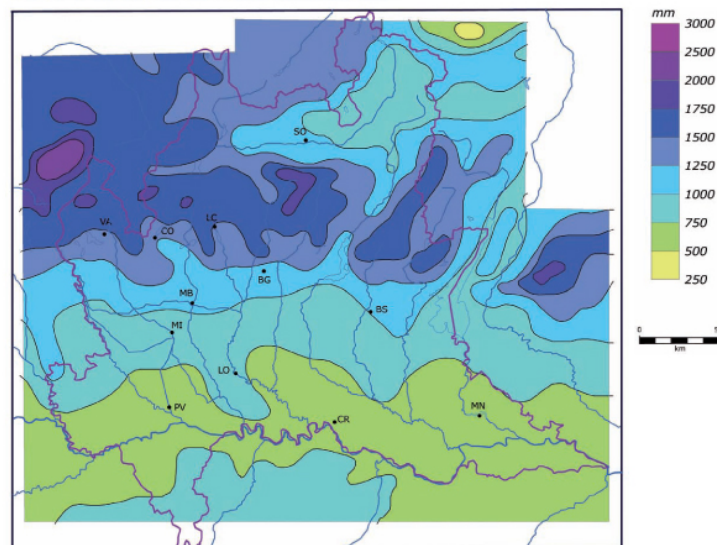


2008
La situazione muta radicalmente, e le precipitazioni aumentano mediamente del 50% rispetto all'anno precedente. I valori massimi, dislocati lungo le Prealpi ma con una decisa insistenza anche verso il Canton Ticino, superano localmente i 2.500 mm. Dal confronto con la carta della media trentennale (alla pagina seguente), si noterà che i valori sono questa volta superiori al normale. Nella bassa ci si avvicina largamente alla linea dei 750 mm.

2009
L'anno è anch'esso oggetto di precipitazioni abbondanti, meglio distribuite rispetto al 2008. Infatti, nelle Prealpi i massimi sono più ridotti, portandosi vicino ai valori medi trentennali, mentre lungo il Po i quantitativi sono quasi sempre superiori a 750 mm, un valore che nella media non verrebbe invece raggiunto. Si osserva la permanenza del minimo relativo lungo la Valcamonica e la decisa riduzione nelle Alpi, ove la Valtellina vede sempre decrescere i totali risalendo dal Lago di Como all'alta valle.



MEDIA TRENTENNALE SERVIZIO IDROGRAFICO



Regimi pluviometrici in tre stazioni della rete CML.

I regimi pluviometrici

Se è estremamente variabile l'entità delle precipitazioni da un anno all'altro, si presenta invece con maggiore regolarità la distribuzione di queste nelle diverse stagioni.

Per mettere in evidenza i diversi regimi pluviometrici che caratterizzano la nostra regione, abbiamo scelto tre stazioni della rete CML che dispongono di una serie di osservazioni lunga almeno dieci anni, calcolandone per ciascuna la piovosità media mensile.

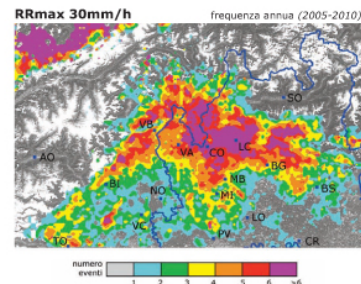
Oltre alla media calcolata sul decennio 2000-2009, abbiamo sovrapposto, nei grafici, la media relativa al più lungo periodo (differente a seconda della stazione), per verificare la persistenza, anche oltre il decennio, dell'andamento osservato.

Nell'area prealpina (stazione di Olmo al Brembo) la distribuzione

delle piogge è piuttosto omogenea in tutti i mesi ad eccezione di quelli invernali: il picco che si osserva tra ottobre e novembre – lo stesso in tutte le località – è dovuto all'incidenza dell'autunno 2002, che va ad alterare le medie anche su una lunga serie di anni.

Nell'alta e nella bassa pianura i regimi sono fra loro simili, con un evidente massimo primaverile che fa da contrappeso al massimo autunnale. In effetti i mesi di aprile e maggio, a dispetto di quanto si attende il cittadino distratto, manifestano spesso piogge abbondanti e frequenti.

L'inverno è sempre la stagione più asciutta: l'estate risulta altrettanto povera di precipitazioni soprattutto nella bassa, mentre avvicinandosi all'alta pianura aumenta la frequenza delle manifestazioni convettive che, dall'area prealpina, influenzano le zone pedemontane nei mesi caldi.



Pioggie intense, temporeli e grandinate

Le osservazioni relative ai fenomeni, come vedremo ancor più in dettaglio per le nebbie, sono molto difficili da rendere oggettive per tutte le località di osservazione, essendo dipendenti dall'attenzione, e dalla disponibilità, del singolo operatore.

La rete del CML non garantisce l'omogeneità delle rilevazioni "a vista", e pertanto il tentativo di mappare la frequenza dei temporeli e delle grandinate nel quinquennio in esame viene riportato a puro titolo indicativo.

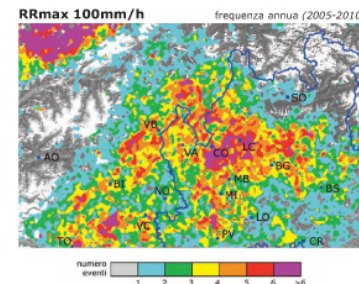
Sia per quanto riguarda i temporeli che le grandinate, la maggior frequenza sembra osservarsi nelle aree prealpine e pedemontane, mentre l'asse del Po risulta meno influenzato da tali fenomeni, coerentemente con la distribuzione della pluviometria annua.

E' tuttavia doveroso ribadire che la diversa densità delle stazioni di osservazione, ed in particolare di quelle direttamente presidiate da un curatore che riferisca puntualmente i fenomeni rilevati, molto fitte nell'alta pianura occidentale e scarse nella bassa centro-orientale, possono incidere sensibilmente sul valore assoluto dei dati statistici.

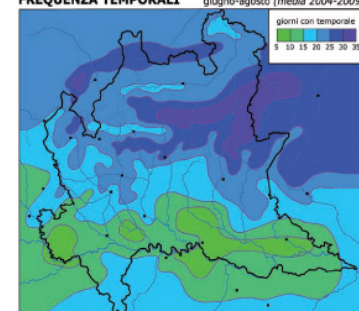
Per ottenere un risultato più oggettivo circa la frequenza degli episodi di precipitazioni di maggiore intensità, abbiamo effettuato un'elaborazione delle scansioni radar provenienti dalla postazione del Monte Lema (<http://www.sf.tv>), raccolte dalla stazione CML di Lecco dal 2005 al 2010, nell'area centro-occidentale della regione. La prima mappa rappresenta la frequenza di tutti gli episodi che hanno presentato un picco di rain rate superiore a 30 mm/h; il secondo ha come riferimento un picco di rain rate superiore a 100 mm/h.

Se si considera che una riflettività superiore a 100 mm/h indica molto spesso la presenza di grandine, questa seconda mappa è senz'altro indicativa della frequenza di episodi grandinigeni. Va tenuto presente che il radar meteorologico presenta alcuni limiti, fra cui la difficoltà di "leggere" il territorio alpino a monte della postazione (così appaiono poco rappresentate le Alpi occidentali e quelle grigionesi oltre all'alta Valtellina); è pertanto opportuno non considerare il valore assoluto del dato riportato, quanto la dinamica che la mappa mostra specialmente in pianura.

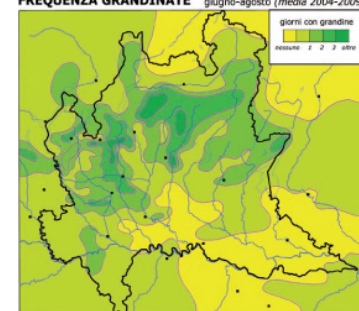
Si notano in particolare i massimi di frequenza, in entrambe le mappe, lungo le pedemontane, con le punte più alte a est di Como e nel cuore del triangolo lariano; risulta poi singolare il massimo relativo tra Milano e Pavia, dovuto probabilmente alla frequenza, in quell'area, dei fenomeni di convergenza tra correnti di diversa natura (come illustrato nel capitolo I temporeli). Facciamo notare, infine, l'area pedemontana tra Torino e Biella, che risulta interessata con notevole frequenza da innesci temporaleschi che procedono poi verso levante in direzione della nostra regione.



FREQUENZA TEMPORALI giugno-agosto (media 2004-2009)



FREQUENZA GRANDINATE giugno-agosto (media 2004-2009)





La neve, cadendo folta e repentina per tutta la notte, ha arrestato il traffico e restituita all'aria, sopra i soffici tetti, la voce delle campane, alla strada le voci umane. E continua a falde larghe in aria senza rigore, neve umida e pesante, sulla città fumosa. Nera fra tanto bianco, l'acqua del Tombone la riceve. L'occhio cerca sull'acqua, abituato colla pioggia, il segno della neve che vi cade. Non fa segno, non orma, non la più lieve, nemmeno un brivido. Sull'acqua si sguaglia, anzi pare che la lisci, come una carezza. Immobile sotto la pioggia silenziosissima della neve, l'acqua diventa col venir della sera sempre più cupa; e già pareva nera a mezzogiorno, che all'ora del tramonto non ha ancor finito d'incupire. Allora la neve ha smesso, e come s'è aperto qualche lembo di cielo, una fosca dolcezza azzurra s'è addensata sul candore della terra nella notte imminente.
(Riccardo Bacchelli, *Il Tombone di San Marco*, in "Pegaso", 1929)

Carte tematiche

La neve

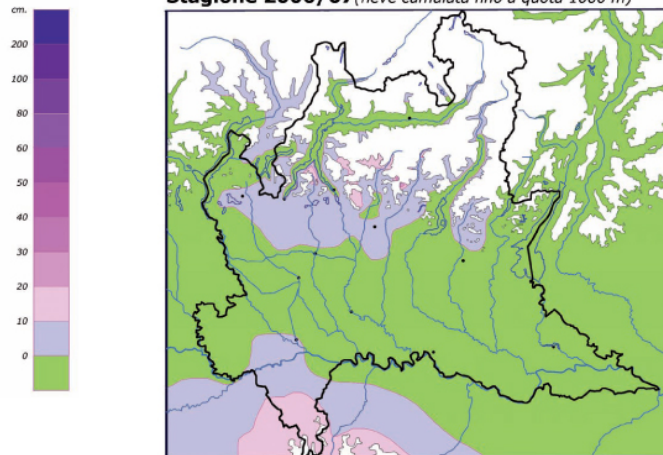
Lo studio della "nevosità" è stato trattato dalla statistica ufficiale prevalentemente come un fattore di carattere idrologico, e quindi spesso trascurato alle quote di pianura. L'unica carta "ufficiale" riportante l'altezza media della neve in Italia è stata pubblicata dal Ministero dei Lavori Pubblici in base ai dati tratti dagli Annali Idrologici per il quarantennio 1921-60 (ne riproduciamo uno stralcio al termine delle nostre carte tematiche), e sconta quindi le approssimazioni e i difetti di tale raccolta. La rete CML, che si è andata ampliando progressivamente dalle poche stazioni iniziali, non consente di avere valori attendibili dell'altezza neve cumulata su tutto il territorio lombardo se non nelle ultimissime annate; d'altra parte ogni inverno è notevolmente diverso dall'altro, e la "nevosità media" è quindi un dato assolutamente teorico e non rispondente a una realtà ricorrente. Si pensi che, solo negli ultimi cinque anni, località di pianura hanno visto inverni con 1 metro di accumulo e inverni totalmente senza neve.

Abbiamo quindi ritenuto più opportuno riportare singolarmente la distribuzione della neve cumulata in ciascuna stagione invernale a partire dal 2004/2005 e fino al 2009/2010: fornendo così, di fatto, cinque possibili ipotesi di distribuzione delle nevicate in un inverno-tipo. Laddove le osservazioni della nostra rete erano carenti non abbiamo riportato i valori; non abbiamo nemmeno riportato le quantità di neve caduta al di sopra dei 1000 metri, sia perché sono poche le osservazioni di cui disponiamo, sia perché essa aumenta esponenzialmente con la quota, e varia notevolmente a seconda dei versanti. Ciò non toglie che una media dei cinque inverni possa essere tentata: e così l'ultima carta tematica presenta i "valori medi", dove abbiamo interpolato le aree carenti e anche, valendoci dei valori relativi all'ultimo anno di osservazioni (in cui la rete si è dotata di diverse stazioni montane) nonché delle osservazioni dirette dei nostri collaboratori "escursionisti", stimato a grandi linee quella che può essere la distribuzione in quota.

Monza, 27 gennaio 2006. (Foto di Bruno Grillini)



Stagione 2006/07 (neve cumulata fino a quota 1000 m)



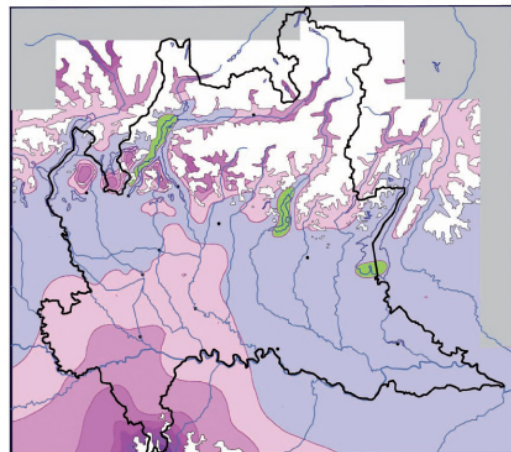
2006/2007

La stagione è stata caratterizzata da temperature decisamente sopra la media sia a livello lombardo, che a scala europea: per molte stazioni si tratta dell'inverno più caldo da oltre due secoli. Ciò ha coinciso anche con una notevole forza del vortice polare e una situazione sinottica a scala continentale, dominata da correnti miti di origine oceanica. Le precipitazioni sono state quasi sempre a carattere piovoso in pianura, e solo intorno al 25-26 gennaio la pedemontana ha registrato qualche centimetro di accumulo.

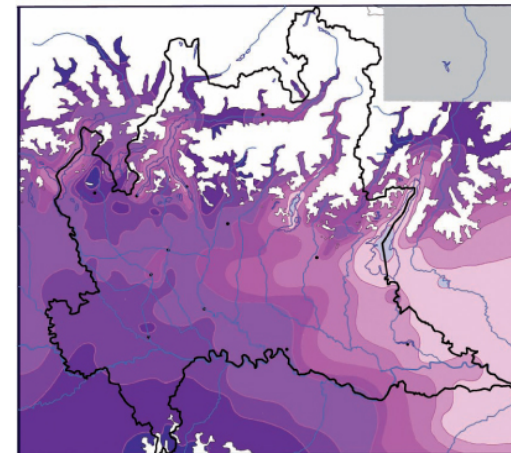
2007/2008

Anche questo inverno è caratterizzato dalla presenza di anticicloni a matrice atlantica che hanno mantenuto le temperature al di sopra della norma, anche se non con il carattere di eccezionalità dell'anno precedente. Gli episodi nevosi si sono concentrati nella prima decade di gennaio, ma spesso non hanno consentito accumuli superiori ai 10 cm complessivi; è risultata relativamente più favorita la parte centrale e meridionale della pianura, e l'Oltrepò pavese in particolare, grazie alla maggior persistenza del "cuscinetto freddo" presto eroso altrove. Alcune costiere lacuali non hanno registrato nessun accumulo in tutta la stagione.

Stagione 2007/08 (neve cumulata fino a quota 1000 m)



Stagione 2008/09 (neve cumulata fino a quota 1000 m)



2008/2009

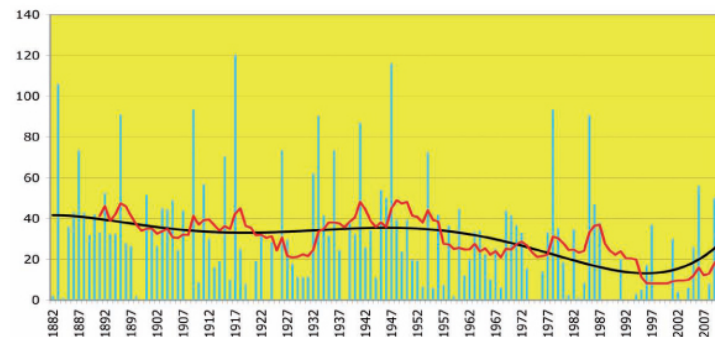
Decisa inversione di rotta in questo inverno in cui, a ovest della linea Bergamo-Cremona, si tornano a superare in pianura i 60 cm di neve cumulata, e localmente anche i 100.

Le nevicate si sono presentate sin dal 24 novembre, e per tutto dicembre alternate a cospicui periodi di piogge dovute all'entrata dello scirocco. Lo stesso nella prima decade di gennaio e nei primissimi giorni di febbraio. Abbondanti, di conseguenza, gli accumuli in montagna; drastica riduzione dei totali, invece, nella pianura orientale battuta dai venti tiepidi in risalita dall'Adriatico.

2009/2010

Inverno anch'esso notevole per le precipitazioni in montagna, ha interessato con nevicate significative anche la pianura, con una distribuzione più omogenea rispetto al solito. L'episodio più importante è da riferirsi alla seconda metà di dicembre, con la nevicate successiva a una notevole irruzione artica, ma seguita da un altrettanto repentino rialzo termico e da diffusi episodi di pioggia congelantesi. A occasioni meno nevanti nei mesi di gennaio e febbraio, è seguita una fase invernale conclusiva tra il 9 e l'11 marzo, con nevicate che hanno lasciato più in ombra la parte occidentale della pianura e favorito invece l'Emilia e le zone lungo il Po: ciò ha determinato totali superiori ai 40 cm anche nel mantovano.



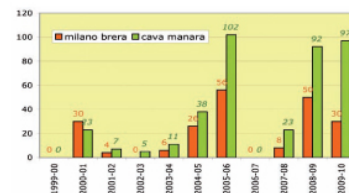
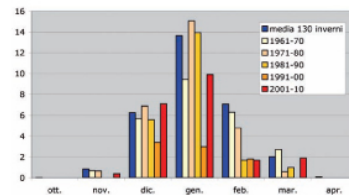


STAGIONE	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	TOT
1882 - 1883	0.2	11.8				12.0
1883 - 1884	4.6	2.8	11.0	1.5		19.9
1884 - 1885	9.3	10.5	13.7	0.0		33.5
1885 - 1886	17.1	9.0	1.5	6.5		34.1
1886 - 1887	10.1	5.0		7.2		22.3
1887 - 1888	1.7	8.5				10.2
1888 - 1889	2.8	4.6	17.8			25.2
1889 - 1890	2.2	4.0	0.0			6.2
1890 - 1891	1.6	4.0	22.0	16.2		43.8
1891 - 1892	2.4	3.2	21.0	3.0	12.0	41.6
1892 - 1893			29.8	7.0		36.8
1893 - 1894			2.8	30.2		33.0
1894 - 1895			15.5			15.5
1895 - 1896						0.0
1896 - 1897						0.0
1897 - 1898						0.0
1898 - 1899						0.0
1899 - 1900						0.0
1900 - 1901						0.0
1901 - 1902						0.0
1902 - 1903						0.0
1903 - 1904						0.0
1904 - 1905						0.0
1905 - 1906						0.0
1906 - 1907						0.0
1907 - 1908						0.0
1908 - 1909						0.0
1909 - 1910						0.0
1910 - 1911						0.0
1911 - 1912						0.0
1912 - 1913						0.0
1913 - 1914						0.0
1914 - 1915						0.0
1915 - 1916						0.0
1916 - 1917						0.0
1917 - 1918						0.0
1918 - 1919						0.0
1919 - 1920						0.0
1920 - 1921						0.0
1921 - 1922						0.0
1922 - 1923						0.0
1923 - 1924						0.0
1924 - 1925						0.0
1925 - 1926						0.0
1926 - 1927						0.0
1927 - 1928						0.0
1928 - 1929						0.0
1929 - 1930						0.0
1930 - 1931						0.0
1931 - 1932						0.0
1932 - 1933						0.0
1933 - 1934						0.0
1934 - 1935						0.0
1935 - 1936						0.0
1936 - 1937						0.0
1937 - 1938						0.0
1938 - 1939						0.0
1939 - 1940						0.0
1940 - 1941						0.0
1941 - 1942						0.0
1942 - 1943						0.0
1943 - 1944						0.0
1944 - 1945						0.0
1945 - 1946						0.0
1946 - 1947						0.0
1947 - 1948						0.0
1948 - 1949						0.0
1949 - 1950						0.0
1950 - 1951						0.0
1951 - 1952						0.0
1952 - 1953						0.0
1953 - 1954						0.0
1954 - 1955						0.0
1955 - 1956						0.0
1956 - 1957						0.0
1957 - 1958						0.0
1958 - 1959						0.0
1959 - 1960						0.0
1960 - 1961						0.0
1961 - 1962						0.0
1962 - 1963						0.0
1963 - 1964						0.0
1964 - 1965						0.0
1965 - 1966						0.0
1966 - 1967						0.0
1967 - 1968						0.0
1968 - 1969						0.0
1969 - 1970						0.0
1970 - 1971						0.0
1971 - 1972						0.0
1972 - 1973						0.0
1973 - 1974						0.0
1974 - 1975						0.0
1975 - 1976						0.0
1976 - 1977						0.0
1977 - 1978						0.0
1978 - 1979						0.0
1979 - 1980						0.0
1980 - 1981						0.0
1981 - 1982						0.0
1982 - 1983						0.0
1983 - 1984						0.0
1984 - 1985						0.0
1985 - 1986						0.0
1986 - 1987						0.0
1987 - 1988						0.0
1988 - 1989						0.0
1989 - 1990						0.0
1990 - 1991						0.0
1991 - 1992						0.0
1992 - 1993						0.0
1993 - 1994						0.0
1994 - 1995						0.0
1995 - 1996						0.0
1996 - 1997						0.0
1997 - 1998						0.0
1998 - 1999						0.0
1999 - 2000						0.0
2000 - 2001						0.0
2001 - 2002						0.0
2002 - 2003						0.0
2003 - 2004						0.0
2004 - 2005						0.0
2005 - 2006						0.0
2006 - 2007						0.0
2007 - 2008						0.0
2008 - 2009						0.0
2009 - 2010						0.0

Milano Brera*: neve cumulata per inverno dal 1882 al 2010 (sopra).
 Ogni stagione è considerata, ai fini del conteggio della neve caduta, da ottobre ad aprile; in rosso è tracciata la media mobile su 10 anni.

Milano Brera*: neve cumulata per mese dal novembre 1960 (a lato).
 Nella tabella, sono messi in evidenza i quantitativi superiori a 20 cm.

Milano Brera*: neve cumulata per mese e per periodi (sotto).
 Il grafico mette a confronto gli accumuli medi mensili per gruppi di annate. (*) In tutti i grafici, i dati dal 1988 sono forniti da Milano Duomo.



Milano Duomo: neve cumulata per inverno confrontata con i valori di Cava Manara (CML) dal 1999-2000 al 2009-2010.
 Si osserva come i valori rilevati nell'Oltrepò Pavese siano di norma proporzionalmente più elevati rispetto a quelli registrati a Milano; fa eccezione l'inverno 2000-2001 grazie alla nevicata del Natale 2000, che fu particolarmente favorevole all'alta pianura.

La neve a Milano nella serie storica di Brera

(a cura di Roberto Meda)

La serie nivometrica di Milano è costituita dai dati di 129 stagioni nevose (ottobre-aprile) di osservazioni: dal 1881-82 al 2009-10. La quantità media stagionale di tutta la serie storica è di circa 30 cm, valore coerente con le medie di altre località della pianura padana centro-occidentale. La carta della nevosità in Italia del periodo 1921-60, l'unica di questo genere mai pubblicata, ci mostra per il capoluogo lombardo una media di circa 35 cm, e infatti il dato ufficiale di quel quarantennio è di 33,7 cm.

Se osserviamo l'andamento delle quantità stagionali dal 1881 a oggi si nota una progressiva tendenza alla riduzione delle cadute di neve a partire dagli anni cinquanta, più evidente dalla fine degli anni ottanta in poi. I periodi più nevosi si collocano tra l'inizio della serie e gli anni dieci, e poi negli anni trenta e quaranta. Nei due decenni successivi inizia la progressiva diminuzione, con un periodo di stabilità negli anni settanta e ottanta. In seguito, si registra un netto calo degli accumuli negli anni novanta, seguito da una significativa ripresa nell'ultimo decennio. La nevosità degli anni 2000 (media cm 21) infatti è aumentata nettamente rispetto agli anni novanta (cm 8,2), tornando quasi al livello di quella degli anni ottanta (cm 24), mentre siamo ancora piuttosto distanti dagli anni settanta (cm 28). La media annuale del trentennio di riferimento OMM (1961-90) è di 25 cm, mentre quella del nuovo trentennio di riferimento 1971-2000 scende a 19,5 cm. E' significativo il dato medio di nevosità dell'ultimo decennio pari a 21 cm e superiore cioè alla media del trentennio 1971-2000.

Se esaminiamo la tabella che riporta la neve cumulata per decennio e per mese degli ultimi 50 anni, osserviamo che:

- la media di dicembre degli anni '00 è superiore sia alla media secolare, sia alla media dei 4 decenni precedenti;
- al contrario la media di febbraio è la più bassa (meno di 2 cm contro una media secolare di 7). Da notare che un tempo il mese di febbraio era molto più nevoso visto che anche il ventennio 1961-80 fa registrare una media più bassa di quella "storica";
- la media di gennaio degli anni settanta-ottanta è superiore alla media secolare;
- la nevosità di marzo degli anni duemila, in media con l'andamento secolare, è addirittura superiore a quella di febbraio dello stesso periodo ed è la più alta degli ultimi 4 decenni.



RACCONTI III. - Lombardia.

8. Pavia. — Sereni il 9 e 10; coperto il 8; nevosi tutti gli altri giorni. Neve dalle ore 8 alle ore 21 del 1° (cm. 17); dalle ore 21 dell'1 a giorno del 2° (cm. 8); dalle ore 5 alle ore 11 poi ad intervalli fino alle ore 20, indi di seguito il 4 (cm. 5); notte e mattina del 5 (cm. 8); dalle ore 8.00 alle ore 14.00 del 7 (cm. 2); e dalle ore 21 del 17 ad intervalli fino alle ore 11 dell'8 (cm. 5); poi poca pioggia a sera. Gelo e brina tutte le mattine. Dominarono venti debolissimi del 4° quadrante. — La campagna è coperta di neve e il ghiaccio si è molto approfondito e tranne i lavori di interramento e costruzione che si fanno sopra la neve, ogni altro lavoro è sceso.

VIGEVANO. — Temperatura media — 0,6. Nebulosità 7,8. Con neve l'1, 2, 4, 5, 7 e 8 (mm. 40,5). Temperatura notevolmente abbassata; frequenti nevicate (cm. 39). Venti del 4° quadrante. — Nessun lavoro in campagna, essendo questa tutta coperta di neve.

VERCELLI. — Temperatura media — 0,5. Nebulosità 7,8. Giorni con neve 5 (mm. 31,0). — In campagna i lavori sono sospesi.

8. Milano. — Venti deboli del 3° e 4° quadrante; cielo sereno il 10, coperto e nebbioso il resto; neve l'1, 2, 4, 5, 7 e 8 (cm. 34,5). — Clima assai umido e freddo (sotto la normale 1,55), quanto mi propizio alle campagne, tutte coperte da uno strato sensibile di neve, da tempo invecchiato dagli Agricoltori.

Stralcio della Rivista Meteorico-Agraria pubblicata dall'Ufficio Centrale di Meteorologia e di Geodinamica al Collegio Romano, anno XXII n. 1; fascicolo relativo alla prima decade di febbraio 1901. La pagina riporta in sintesi il tempo in alcune località della Lombardia: a Milano sono segnalati 6 giorni di neve su 10, con altezza totale di 34,5 cm. Dal grafico della pagina precedente si può vedere che corrispondono quasi al totale dell'intero anno 1901.

In alto: Milano, 28 novembre 2008. (Foto di Alessio Mesiano)



*La riva d'autùn
quand 'gh'è namò al gel
l'è un'acqua sùtila
clà spóngia i pumét.*

*La fa' gni sghient i cùp, la risà
la lùetra l'asfalt, la fa' masarà
i fòj bét 'e sèch
chi vegnan tüt mol
l'insupa la tèra
e i prim ciapa-pòl.*

*E quänd in si cùp
sa stenda 'me un vel
ad grisa fuschia
scarnebia dal ciel
In si tèt ad Pavia*

Scarnebia (1999), i Fiò dia nebia

Carte tematiche

Le nebbie

Premessa

Non è facile elaborare una statistica del fenomeno nebbia quando la sua segnalazione è affidata alla valutazione soggettiva dell'osservatore.

Secondo le convenzioni internazionali, la nebbia è presente quando la visibilità in almeno una direzione dal punto di osservazione è inferiore a 1.000 metri.

È evidente che questa norma, utile ai fini aeroportuali, non corrisponde necessariamente a quello che un comune osservatore può considerare come nebbia; è per questo che nelle statistiche aeroportuali i "giorni con nebbia" sono molti di più rispetto a quelli segnalati dalle nostre stazioni. Va anche detto che non tutti gli osservatori della nostra rete si attengono a regole precise: il fenomeno nebbia, anche se si verifica per pochi minuti in un giorno, andrebbe sempre segnalato. Ricordiamo anche che la nebbia può essere un fenomeno

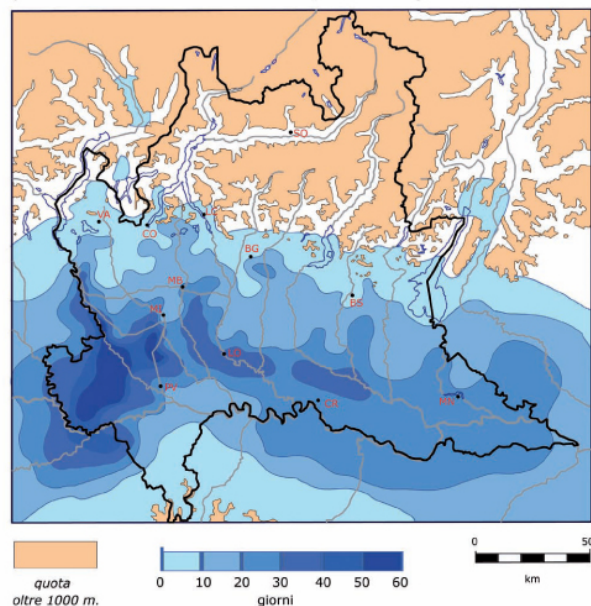
molto localizzato; in particolare ci sono avvallamenti del terreno o zone particolarmente umide dove l'aria fredda ristagna e si condensa facilmente al primo raffreddamento notturno, mentre a pochi metri di distanza l'aria rimane limpida: ciò rende molto incerta la delimitazione statistica del fenomeno. Lo spessore della nebbia è anch'esso un dato che rende incerta la sua segnalazione: se una nebbia, pur con cielo visibile, riduce la visibilità ad altezza d'uomo sarà senz'altro segnalata; ma i banchi di nebbia alti uno o due metri dal suolo ("shallow fog"), che nelle osservazioni dell'Aeronautica valgono come nebbia, spesso non sono rilevati dai collaboratori della rete.

Nelle statistiche "ufficiali", i giorni con nebbia rilevati dalle stazioni aeroportuali saranno quindi sempre molto superiori a quelli rilevati dalla rete amatoriale.

Oltrepò pavese, 9 dicembre 1984. (Foto di Bruno Grillini)



Frequenza giorni con segnalazione di nebbia (media semestre freddo 2008-2009/2009-2010)



La mappa è ricavata dalle segnalazioni di "giorni con nebbia" effettuate dai collaboratori della rete CML: sono stati esaminati solo gli ultimi due semestri freddi (2008-2009 e 2009-2010), in quanto la rete di stazioni risultava più completa (con oltre 300 località). La comparsa di nebbie nel semestre caldo (aprile-settembre) non è infrequente, ma ai fini della distribuzione geografica relativa il dato sarebbe risultato pressoché ininfluenza.

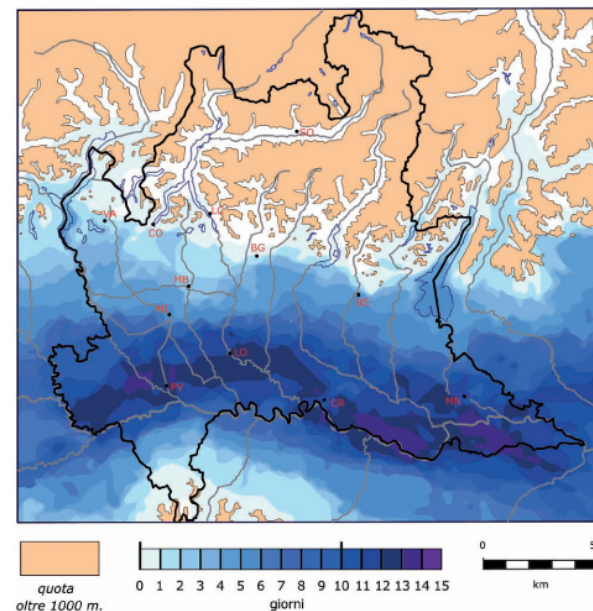
Il valore assoluto (numero dei giorni per semestre), d'altra parte, deve essere considerato puramente indicativo, tenuto conto della soggettività di giudizio dell'osservatore (soprattutto in caso di nebbie poco dense, della durata spesso breve del fenomeno, della sua comparsa anche in ore notturne senza che l'osservatore lo possa rilevare).

Si è cercato comunque di limitare l'errore escludendo stazioni con valori palesemente incongrui con quelle limitrofe, e stazioni con dati giornalieri incompleti per oltre il 10%.

Dalla distribuzione geografica che ne risulta, è evidente la frequenza delle nebbie per oltre 20 giorni l'anno su tutta la bassa pianura, con il limite superiore segnato dalla "linea dei fontanili" e quello inferiore dal piede delle prime ondulazioni preappenniniche, con asse poco a nord dell'asta del fiume Po. La mappa mostra, inoltre, dei vistosi massimi con una frequenza più che doppia nell'area del pavese e dell'Abbiadense; è bene però avvertire che il dato, pur significativo in termini relativi, potrebbe essere falsato, nel confronto con le aree del cremonese e del mantovano, dalla maggiore presenza di stazioni direttamente presidiate da osservatori più attenti all'individuazione del fenomeno.



Frequenza relativa nebbie diurne (inverno 2007-2008)



Le nebbie persistenti, estese a un'ampia superficie della regione e che permangono anche durante il giorno, sono facilmente osservabili dai satelliti meteorologici. Osservando tutte le riprese effettuate dai satelliti Modis della Nasa (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/>), si può rilevare l'estensione geografica delle nebbie persistenti nei vari giorni dell'anno. Si noti che in corrispondenza dei grandi centri urbani la nebbia "scavalca" il cosiddetto canopy layer, ossia la bolla di calore della città, in cui non vi è inversione termica, e lo strato nebbioso si presenta qui spesso come cielo coperto: dal satellite non vi è invece distinzione fra le aree urbane e quelle rurali in cui la nebbia tocca il suolo.

Questa mappa è stata ricavata dalla sovrapposizione delle immagini satellitari diurne con nebbia nel bacino padano, riferite al trimestre invernale 2007-2008. La stagione è stata scelta a scopo esemplificativo per individuare la distribuzione tendenziale del fenomeno.

Questo tipo di lettura si dimostra sostanzialmente coerente con i risultati della mappa precedente: la distribuzione geografica delle nebbie "diurne", presenta un massimo lungo il corso del Po per tutta la sua lunghezza dal pavese all'estremo mantovano, e queste vanno diradandosi in prossimità dei rilievi. Decisa la diminuzione anche nelle aree collinari della Brianza, in coerenza con le osservazioni delle nostre stazioni.

Singolare invece appare la recrudescenza sui bacini meridionali dei laghi, in particolare quelli più ampi di Garda e Maggiore: è possibile tuttavia che dall'osservazione satellitare il banco di nebbia vada talvolta a confondersi con basse stratificazioni che, dal punto di vista dell'osservatore a terra, non danno luogo alla segnalazione di nebbia.



A metà lago ci aveva colto di sorpresa un vento raro, il "munscendrìn", che scavalca una volta ogni due o tre anni le pendici del Monte Ceneri, scaricando verso sud l'alto dei ghiacciai nascosti dietro al valle Leventina. L'Oribelli, che si sentiva già un esperto di venti, metteva in dubbio la mia identificazione. "E' tramontana – diceva – niente altro che tramontana". (Piero Chiara, La stanza del Vescovo, Milano, Mondadori, 1974)



Carte tematiche

Il vento

Il regime anemologico tipico di una singola località è determinato, nella nostra regione, prevalentemente dall'alternarsi delle brezze; abbiamo già visto, infatti, che i venti per così dire "sinottici", ossia quelli determinati dalle configurazioni bariche, sono relativamente poco frequenti, a causa dell'isolamento che subisce la Pianura Padana da parte delle Alpi e degli Appennini. E quando anche la direzione di provenienza dei venti sia determinata dall'influenza dei grandi sistemi barici, la loro intensità è, di norma, piuttosto debole.

S'intende che ciò è vero in pianura, mentre alzandosi di quota si resta sempre più facilmente esposti alle correnti che si muovono in libera atmosfera.

Nella regione alpina, è la conformazione delle valli che determina l'andamento dei venti: le brezze locali soffiano da monte a valle, e viceversa, secondo un meccanismo che abbiamo più volte descritto nei capitoli precedenti; e anche i venti "sinottici" risultano deviati dal rilievo e assumono direzioni obbligate, spesso diverse da quelle originarie.

Lungo i grandi laghi, si verifica in modo ancor più evidente il fenomeno dei venti periodici con direzione obbligata.

Nelle carte tematiche che seguono, abbiamo focalizzato l'attenzione, invece, sul regime dei venti riscontrabile nelle località della Pianura Padana, tradizionale regno delle calme invernali ed estive. Cui, infatti, è meno evidente quale possa essere l'andamento tipico delle brezze, se non analizzando una serie significativa di osservazioni.

Ricordiamo anche che vi sono alcune eccezioni alla regola delle giornate con regime di brezza; i venti che raggiungono, occasionalmente, velocità ragguardevoli sono innanzitutto quelli dai quadranti settentrionali, che assumono caratteristiche di Föhn soprattutto nella parte nord-occidentale della pianura (si veda il capitolo descrittivo nella prima parte dell'Atlante); ma anche, talvolta, quelli orientali, come propaggini della bora o dello scirocco provenienti dall'Adriatico. Infine, le raffiche di outflow provenienti dalle celle temporalesche, che possono assumere qualunque direzione.

La sommatoria di questi episodi, unita alle brezze quotidiane degli altri giorni dell'anno determina la "rosa dei venti".

Fra le stazioni della rete CML abbiamo scelto alcune località dislocate in diversi punti della pianura; nella parte nord-occidentale abbiamo infittito le stazioni di riferimento, per osservare l'in-

fluenza del Föhn e anche della conurbazione milanese. Le osservazioni si riferiscono alla sommatoria delle rilevazioni di 12 mesi registrate con cadenza di 5 minuti, (salvo alcune eccezioni che hanno registrato ogni 10 minuti oppure ogni minuto); l'anno esaminato è il 2009.

Dalla prima tavola si può osservare come in quasi tutte le località della Pianura Padana le direzioni prevalenti sono nettamente due, con componente rispettivamente occidentale e orientale; vedremo più avanti che il vento da ovest è presente nelle ore diurne e il vento da est in quelle notturne. Non sono quasi mai prevalenti altre direzioni. La componente est-ovest è alterata dalla posizione locale delle singole stazioni: nel mantovano, lungo il Po, vediamo una componente leggermente ruotata verso sud-ovest e nord-est (San Benedetto Po); in prossimità delle prime ondulazioni orografiche, le diverse rose dei venti assumono una componente parallela al rilievo stesso.

In Brianza (stazione di Galgiana) si nota la comparsa di una significativa componente settentrionale: questa è dovuta non tanto alla frequenza del Föhn, quanto alla componente di brezza locale dovuta al rilievo, come si è già rilevato nel capitolo descrittivo dedicato all'alta pianura. Ma mentre qui la componente da nord si aggiunge al regime generale est-ovest, spostandosi verso la valle del Ticino si vedrà come la conformazione del terreno renda nettamente prevalente l'asse nord-sud (stazione di Castelnuovo).

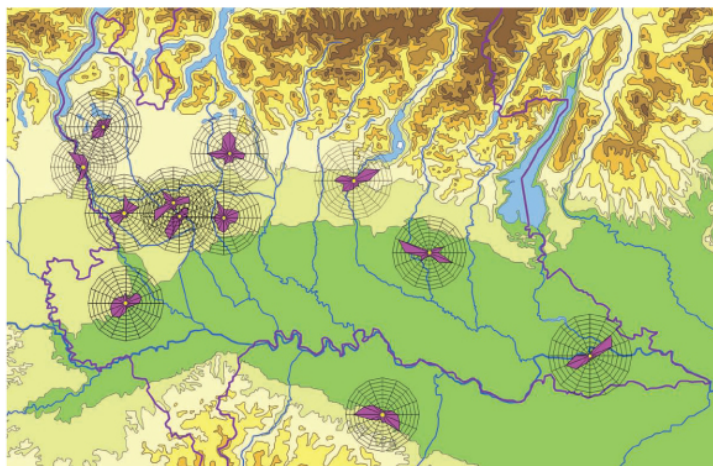
Evidente, infine, la deformazione dei regimi di brezza in prossimità della città di Milano, dove sembra quasi formarsi un'area depressionaria che tende ad attrarre le brezze, riducendo o annullando quelle che dovrebbero soffiare dall'interno verso l'esterno: si vedano in particolare San Leonardo a ovest e Segrate a est della città.

Ma poiché le rilevazioni anemometriche sono particolarmente difficili da ottenere con postazioni realmente a norma, tra ostacoli e interferenze di ogni tipo, abbiamo fatto un riscontro anche con le osservazioni effettuate da Arpa Lombardia nello stesso periodo di un anno (2009): queste sono riportate nella seconda tavola. Si tenga conto che il metodo di creazione della "rosa" è diverso: per le stazioni CML la direzione media è rilevata, come si è detto, ogni 5 minuti, e il quadrante è diviso in 16 spicchi o direzioni; qui invece le direzioni sono suddivise in 360 spicchi, ma le rilevazioni sono medie orarie.

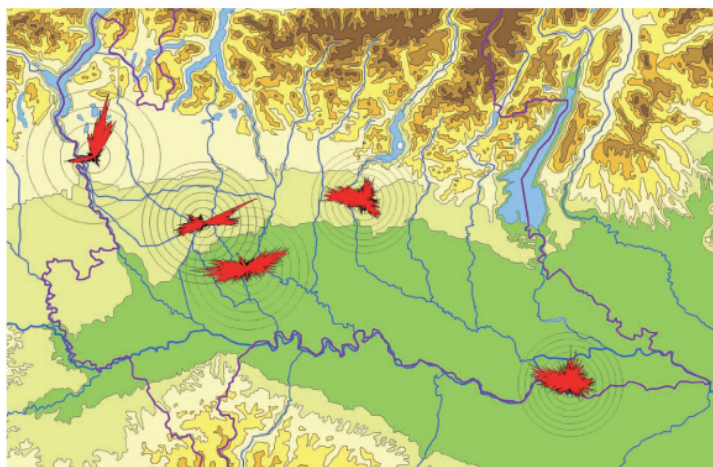
Resta comunque confermata l'esistenza di due direzioni preva-

Casalpusterlengo, 21 febbraio 2010. (Foto di Bruno Grillini)

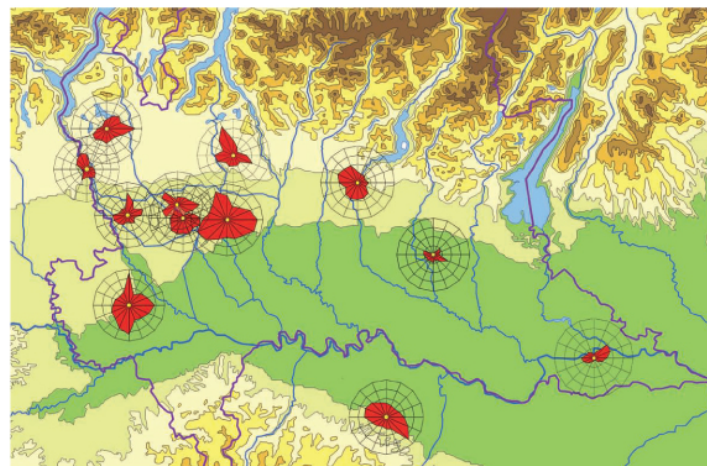




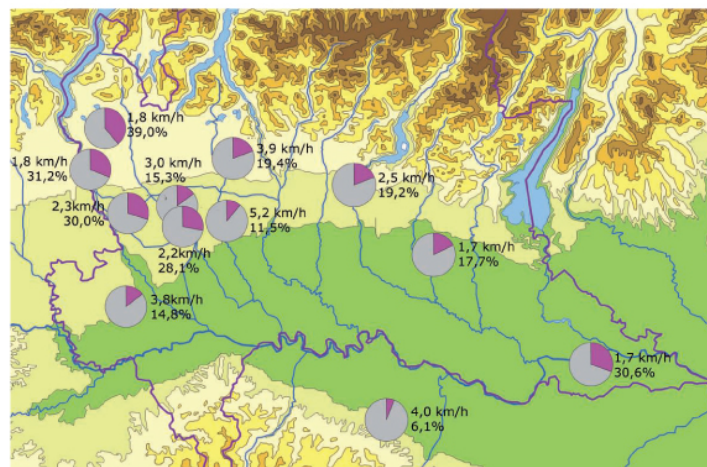
Sopra: frequenza percentuale dei venti in funzione della direzione, nell'anno 2009: stazioni della rete CML. Suddivisione in 16 settori di provenienza.



Sotto: frequenza percentuale dei venti in funzione della direzione, nell'anno 2009: stazioni Arpa. Suddivisione in 360 settori di provenienza.



Sopra: velocità media dei venti in funzione della direzione, nell'anno 2009: stazioni della rete CML. Suddivisione in 16 settori di provenienza.



Sotto: frequenza percentuale delle calme di vento e velocità media su 5 minuti, nell'anno 2009: stazioni della rete CML.



Analisi statistica dei dati

a cura di **Stefano Anghileri**



Il campione utilizzato è composto da 254 stazioni cioè quelle la cui serie storica dal 2005 al 2009 presenti più del 90% dei dati giornali e di un mese per ogni mese dell'anno per almeno uno dei cinque anni presi in considerazione.

Come precedentemente spiegato, per ogni mese, nel caso si avessero a disposizione un numero inferiore al 100%, ma superiore o uguale al 90% dei dati giornalieri, si è proceduto a stimare le medie mensili comunque, ritenendo l'eventuale effetto dei dati mancanti sempre all'interno della tolleranza. Nel caso non fosse stato possibile per alcuno degli anni considerati calcolare una media relativa anche a un solo specifico mese, la stazione corrispondente a quei dati è stata esclusa dall'analisi seguente. Se invece non si fossero posseduti i dati relativi a uno o più anni (con un massimo di quattro) completi o parziali, si è proceduto, come spiegato precedentemente, alla loro interpolazione. Questa scelta è stata resa necessaria vista la breve storia della nostra rete. Nei passaggi successivi suddivideremo spesso il campione in due categorie: - stazioni di pianura (poste al di sotto dei 500 metri di altitudine); - stazioni di collina o montagna (sopra i 500 metri di altitudine).

È chiaro che questa è una distinzione che può essere per certi versi considerata arbitraria, ma si vuole puntare l'attenzione sul fatto che sia possibile trarre interessanti informazioni microclimatiche e generalizzare comparando i valori di stazioni di pianura, considerando quindi allo stesso livello. Questa strada è molto meno praticabile con le stazioni di collina e montagna perché si dovrà sempre tener conto della loro altitudine e posizione.

Verranno mostrati i dati più estremi per ciascuna statistica calcolata. In particolare verranno considerate le prime 15 stazioni "montane" e le prime 50 di pianura per una questione di dimensionamento del campione totale delle due categorie.

I dati e tutte le statistiche calcolate per ciascuna delle 254 stazioni verranno pubblicati in fondo come appendice.

Cominciamo quindi con le medie aritmetiche annuali dei dati mensili. Queste sono le minime montane:

MEDIE MINIME ANNUALI MONTAGNA			
Stazione	°C	Stazione	°C
1 Lugno	-2,1	9 Nara - Garsolo	3,8
2 Santa Caterina Valfurva	-1,8	10 Aprica	3,9
3 Pagnanella	-0,1	11 Lanzo	4,0
4 Pizzo Arera - Rif. Capanna 2000	1,5	12 Campodolcedo - Fracasso	4,2
5 Oga	2,5	13 Roncole del Canavale	4,7
6 Borno	3,3	14 Borno (TN)	4,7
7 Piani di Bobbio	3,3	15 Badoglio Int. Canobbio	5,0
8 Ponte di Legno	3,3		

È facile constatare come la posizione sul fondo, o in prossimità del fondo di una valle, faccia perdere anche 5 gradi centigradi medi annuali sulla minima a parità di quota rispetto a installazioni che possono essere considerate in libera atmosfera per la loro posizione di vetta o, comunque, libera da ostacoli e molto ben ventilata. Si confrontino, ad esempio, i valori di Livigno (1.891m) e Santa Caterina Valfurva (1.738m) con quelli di Pagnanella (a oltre 2.200m), Pizzo Arera (2.000m) e Piani di Bobbio (1.850m). È notevole il valore di Saone (TN) - a soli 510 m sul fondo di una valle che d'inverno prende poca luce - la quale batte località poste molto più in alto come Valcava (1.340m; +5,1 °C) e il Rifugio Consiglieri del Monte Cornizzolo (1.110m; +6,7 °C).

Per quanto riguarda le stazioni al di sotto dei 500 metri di altitudine (tabella successiva), le conche, gli avvallamenti e le sottovalle della parte pedemontana e prealpina della regione registrano le minime più basse, talvolta scendendo anche di parecchio rispetto alle stazioni limitrofe e creando così microclimi particolari a volte di estensione estremamente contenuta. Fattori secondari che sembrano contribuire alla creazione

MEDIE MINIME ANNUALI PIANURA (VALORI PIÙ BASSI)			
Stazione	°C	Stazione	°C
1 Sabbio Chiese	5,3	20 Ottobiano: G. na Rotonda	7,8
2 Casale - Valgrana	5,5	21 San Donato (PC) - AM	7,8
3 Casale	6,1	22 San Donato (NO)	7,8
4 Malpensa - ENAV	6,3	23 Isola S. Antonio (AL)	7,9
5 San Giovanni Bianco	6,4	24 S. M. di S. Maria	8,0
6 Casalmonte di Vizzola Ticino	6,5	25 Casale Primo	8,0
7 Locarno-Magadino-Aeroporto	6,6	26 Casale con Bernate	8,0
8 Fabbio di Albino	6,6	27 Alate S. Maria	8,0
9 Varese-Angelo	6,6	28 Gussato	8,0
10 Pavia	6,8	29 Casalmonte Sciro (As)	8,1
11 Villa di Treme	6,9	30 Villa Gualtiera	8,1
12 Cinisello di Vergiate	7,0	31 Casale Primo	8,1
13 Cinisello della Valle	7,0	32 Bresso	8,1
14 Olginetta Comasco	7,1	33 Battaglia	8,1
15 Trento - Inaz. Garsolo	7,2	34 Gussato Capello	8,1
16 Monteggio	7,3	35 Monteggio - Lugano Nord	8,1
17 San Pellegrino Terme	7,3	36 Cinisello - Rubbiano	8,2
18 Mantova	7,4	37 Mazzinico	8,2
19 Borgomasero (NO)	7,5	38 Casalmonte di Branzueto	8,2
20 Valmorea	7,5	39 Bolzano	8,2
21 Vercelli Inferiore Prato Castello	7,6	40 Pontenave di Boffalora Ticino	8,2
22 Igara	7,7	41 Spessa Po	8,2
23 Mori (TN)	7,7	42 Casale Sagra	8,2
24 Como-Salino-Luchini	7,7	43 Parma Est	8,2
25 Andalo Valsabbia	7,8	44 Milano	8,3

del freddo notturno sono anche: una certa elevazione rispetto alla pianura prospiciente e una posizione occidentale.

In certi casi si ottengono valori medi annuali addirittura comparabili con quelli di stazioni poste 1.000 metri più in alto. Si consideri di nuovo come esempio il valore di Valcava.

Il primo valore della Bassa padana lombarda che compare è quello di Ottobiano. Questo significa che le temperature minime anche molto basse registrate d'inverno soprattutto a causa della nebbia, vengono bilanciate da valori più alti rispetto alla pedemontana in estate, rendendo quindi complessivamente quell'area non tra le più fredde per quanto riguarda le temperature notturne.

Ecco ora i valori più alti tra le minime:

MEDIE MINIME ANNUALI PIANURA (VALORI PIÙ ALTI)			
Stazione	°C	Stazione	°C
200 Mantova Pagnanella	9,8	230 Calogno Monzese	10,1
201 Bresso	9,8	231 Lanzo	10,2
202 Casale	9,8	232 Trezzano Rosa	10,2
203 Bresso	9,8	233 Casale	10,2
204 Lomello	9,9	234 Boffalora	10,3
205 Pavia di Rho	9,9	235 Pavia	10,3
211 Casale	9,9	236 Lodi	10,4
212 Bresso	9,9	237 Bresso	10,4
213 Porto Mantovano	9,9	238 Monza Est	10,5
214 Sesto	9,9	239 Monteggio	10,5
215 Vico di Perledo	9,9	240 S. Giovanni Lupatoto (VR)	10,8
216 Alghetto-Casale	9,9	241 Corno di Lario	10,8
217 Bresso	10,0	242 Casale	10,7
218 Cortina	10,0	243 San Felice del Benaco	10,7
219 Casalmonte	10,0	244 Pagnanella	10,7
220 Casale di Treme	10,0	245 Casale	10,7
221 Casale Mella	10,0	246 Corno Auro Cio Lago	10,8
222 Casale	10,0	247 S. Maria Int. Canobbio	10,8
223 Casale d'Adda (VR)	10,0	248 Bresso Casale	11,0
224 Valgrana	10,0	249 Lodi	11,1
225 Casalmonte Sciro	10,1	250 Varese centro	11,3
226 Bresso Farnesi	10,1	251 Gardone Riviera	11,4
227 Monteggio Int. Contre	10,1	252 Milano nord - via Arve	11,7
228 Vercelli	10,1	253 Milano Casale	11,8
229 Mantova del Garda	10,1	254 Milano Nord - Bresso	12,0

L'isola di calore in primo luogo e, secondariamente, l'effetto mitigatore di qualche bacino lacuale sono i fattori principali di influenza per le minime più alte. È significativo che le tre stazioni meteorologiche della nostra rete poste nella zona nord-occidentale di Milano siano agli ultimi tre posti della classifica ben distanziate da tutte le altre, marchiando quindi con sicurezza il capoluogo come sito più miti in Lombardia la notte. Ed è tutto "merito" dell'uomo perché, se non ci fosse stato tale insediamento, niente avrebbe potuto spiegare un simile risultato e le aree più miti sarebbero state quelle lacuali. Tra queste spicca Lecco, che di notte è molto spesso sotto brezze catabatiche settentrionali che potenziano l'effetto dovuto alla maggiore capacità e inerzia termica di un bacino d'acqua rispetto al terreno. Tra i luoghi più caldi, anche diverse città e oltutto del bresciano e dal veronese che individuano il fattore secondario della posizione orientale come contributo a minime alte. Passiamo ora alle temperature massime, in questo caso dalle più alte alle più basse.

un ruolo fondamentale in questo comportamento: non è solo questione di inerzia termica.

Ai primi posti della nostra classifica ci sono quelle stazioni che hanno una traiettoria delle temperature spostata verso gli ultimi mesi dell'anno, quindi con un aumento e un calo termico in ritardo rispetto a quelle delle altre stazioni. Si parla quindi di luoghi che hanno una crescita termica lenta in primavera e/o che abbandonano temperature vicino a quelle estive più tardi. Le prime cinque località presentano valori di asimmetria negativa significativamente più alti (in valore assoluto) di tutte le altre e quattro di queste sono insediamenti di valle valtellinesi. Ora, la Valtellina in primavera ha abbondanza di qualcosa che le altre località di Lombardia non hanno o hanno meno e cioè la neve sulle montagne, che giocherebbe un ruolo importante quindi nell'irraggiamento notturno (si sta parlando di minime) e nell'albedo. Questo sembra avvenire anche se il luogo dell'installazione non ha più copertura nevosa al suolo, ma essa è presente abbondante sulle cime attorno da cui potrebbero partire brezze notturne discendenti, il calo "asimmetrico" delle temperature mensili in autunno si spiegherebbe nello stesso modo: nei primi mesi autunnali non c'è ancora la neve sulle cime e quindi il calo notturno sarebbe più contenuto rispetto alla situazione con neve.

Nelle prime posizioni abbiamo anche molte stazioni in conche o valli strette dove probabilmente, soprattutto nella prima parte della primavera, si hanno ancora piccole inversioni e foschie notturne che, grazie al suolo ancora freddo, fanno scendere di parecchio le minime. Questo non può avvenire in autunno.

Gli altri valori sono talmente vicini che piccoli particolari nell'installazione potrebbero far salire o scendere le stazioni di parecchi posti, quindi la nostra indagine si fermerà qui. Vediamo ora le stazioni che registrano valori maggiori dell'asimmetria di Fisher.

ASIMMETRIA DI FISHER - TEMPERATURE MINIME (VALORI PIÙ ELEVATI)			
Stazione	Indice	Stazione	Indice
240 Pescantina Int. Bettino (VR)	0,0135	247 San Felice del Benaco	0,0385
241 Piani di Bobbio	0,0137	248 Pagnanella	0,044
242 Zetta (PC)	0,0160	249 Termidoro Int. Le Valli	0,0517
243 Gardone Riviera	0,0237	251 Torre del Brail - Int. Valsusa	0,0821
244 Bresso del Adorno	0,0281	252 Roncole Int. Casale	0,0300
245 Campodolcedo Int. Fracasso	0,0293	253 Pizzo Arera - Rif. Capanna 2000	0,0393
246 Montebello	0,0330	254 Varese centro	0,0871

Questi luoghi hanno traiettorie delle temperature leggermente spostate verso i primi mesi dell'anno rispetto alle altre. I valori sono comunque piccoli. Di questo gruppo fanno parte molte stazioni alpine e prealpine che simulano molto bene il comportamento in libera atmosfera e infatti Fisher ci dice che la loro campana è praticamente simmetrica. Sono presenti anche diversi strumenti situati nella parte nord-orientale della nostra area che registrano inverni più miti.

Ecco l'indice di Fisher applicato alle massime:

ASIMMETRIA DI FISHER - TEMPERATURE MASSIME (VALORI PIÙ BASSI)			
Stazione	Indice	Stazione	Indice
1 Saone (TN)	-0,2105	14 Montagna in Valtellina	-0,4497
2 Pagnanella	-0,1942	10 Ercoli	-0,4585
3 Casale Primo	-0,1762	11 Mazzano Bigli	-0,4480
4 Trento - Inaz. Garsolo	-0,1670	12 Casale	-0,4400
5 Oga - Pini, San Lorenzo	-0,1582	13 Casale - Rubbiano	-0,4408
6 Ottobiano	-0,1578	14 Bresso	-0,4402
7 Ottobiano Int. G. na Rotonda	-0,1518	15 Mantova	-0,4382
8 Lanzo	-0,1511		

I valori dell'indice di Fisher più negativi sono quelli di due località che d'inverno, per molti giorni, non vedono la luce del sole. Ecco perché la crescita delle loro temperature massime è lenta nei primi mesi. Nei primi 15 posti sono presenti altre stazioni in un contesto simile. Casorate Primo sorge vicino al Ticino che in primavera trasporta le acque fredde provenienti dai nevai alpi in scioglimento. Sono presenti anche alcune stazioni della pianura meridionale immerse in ampie aree coltivate. La primavera è la stagione in cui le piante sono più verdi e in cui viene praticata maggiormente l'irrigazione. Non sorprende che l'inerzia termica di un terreno ben umido ed erba più verde sia superiore a quella di un terreno autunnale bruciato dal sole estivo.

Vediamo ora i valori più positivi:

ASIMMETRIA DI FISHER - TEMPERATURE MASSIME (VALORI PIÙ ELEVATI)			
Stazione	Indice	Stazione	Indice
240 Leno	0,0994	247 Sestengo	0,0240
241 Corno centro pal. Cosselli	0,0965	248 Zambù alla	0,0250
242 Bresso	0,0980	249 Montebello	0,0333
243 Casale	0,0985	250 Piani di Bobbio	0,0401
244 Mantova	0,0995	251 Torre del Brail - Int. Valsusa	0,0814
245 Nara - Garsolo	0,0915	252 Pizzo Arera - Rif. Capanna 2000	0,0822
246 Bresso Inferiore	0,0922	253 Strada di Pagnanella Int. Collet	0,1101
		254 Zetta (PC)	0,1300

Come per le minime, abbiamo diverse stazioni "in libera atmosfera" a cui si aggiungono strumenti collocati nell'Oltrepò probabilmente sempre per questione di ventilazione, in questo caso diurna. L'ultimo indice della statistica descrittiva che considereremo è la curtosi di Paerson. Essa riguarda lo studio del maggiore o minore appuntamento e, conseguentemente, il minore o maggiore peso delle code rispetto alla parte centrale della forma.

L'indice di curtosi di Paerson è la media aritmetica delle quarte potenze della variabile standardizzata Z vista in precedenza alla quale viene sottratto un valore di 3 per centrarla attorno alla distribuzione normale.

$$\beta_n = (1/N) \sum ((x_n - \mu) / \sigma)^4 - 3$$

Quando la distribuzione ha una forma maggiormente appuntita rispetto a quella normale si parla di distribuzione leptocurtica e l'indice sarà maggiore di 0. Quando la distribuzione è meno appuntita di quella normale si parla di distribuzione platycurtica e l'indice sarà negativo.

Vediamo ora i risultati dell'applicazione di tale indice alle traiettorie delle nostre stazioni. Cominciamo dalle minime.

INDICE DI CURTOSI - TEMPERATURE MINIME (VALORI PIÙ BASSI)			
Stazione	Indice	Stazione	Indice
1 Termidoro Int. Le Valli	-18106	9 Trento - Inaz. Garsolo	-17911
2 Pavia	-18130	10 Casale	-17872
3 Ponte di Legno	-17958	11 Bresso	-17870
4 Oga	-17945	12 Sesto Int. Canobbio	-17860
5 Zetta (PC)	-17940	13 Monteggio	-17830
6 Gardone Riviera	-17928	14 Varese di Riva del Garda (TN)	-17826
7 San Felice del Benaco	-17920	15 Casale	-17827
8 Pagnanella	-17915		

I valori più bassi di curtosi e cioè le traiettorie delle minime annuali meno appuntite appartengono a località lacuali, in particolare quelle della parte orientale della regione, e a località montane in "libera atmosfera". La curtosi è collegata ai valori di escursione termica annuale: se c'è molta distanza tra inverno ed estate, allora, molto probabilmente (anche se non vi è piena correlazione), il comportamento della curva delle temperature sarà appunto. Nelle località lacuali il bacino mitiga il clima rendendolo più dolce e spianando la traiettoria termica. Nei siti "in libera atmosfera", la presenza del vento e l'assenza del terreno che si raffredda più velocemente dell'aria portano allo stesso effetto. Ecco i valori più alti di curtosi applicati alle minime.

INDICE DI CURTOSI - TEMPERATURE MASSIME (VALORI PIÙ ELEVATI)			
Stazione	Indice	Stazione	Indice
240 Casale (PR)	-0,4497	247 Zettone	-0,4692
241 Leno ad - ENAV	-17038	248 Cortina	-0,4665
242 Mantova	-17020	249 Voghera Sud	-0,4608
243 Casale di Branzueto	-17020	250 Pagnanella	-0,4604
244 Corno Mantova	-17028	251 Varese centro	-0,4675
245 Sesto Po	-17028	252 Andalo Valsabbia	-0,4678
246 Sesto Po	-17021	253 Santa Caterina Valfurva	-0,4671
247 Monteggio	-16996	254 Lanzo	-0,4639

Una curtosi alta significa una traiettoria più appuntita e quindi, spesso, una differenza più marcata tra estate e inverno. Le minime delle prime tre stazioni della lista d'inverno sono spinte molto verso il basso dalla posizione incassata che occupano. Gli strumenti nella Bassa presenti in questa classifica certo d'inverno sono influenzati dalla nebbia.

Presentiamo ora le statistiche relative alle temperature massime:

INDICE DI CURTOSI - TEMPERATURE MASSIME (VALORI PIÙ BASSI)			
Stazione	Indice	Stazione	Indice
1 Lugno	-18135	9 Borno	-17655
2 Santa Caterina Valfurva	-18083	10 Ponte di Legno	-17604
3 Oga	-17971	11 Valtellina Int. Pian del Prodi (TN)	-17510
4 Savona dell'Adorno	-17928	12 Casale Sagra	-17504
5 Piani di Bobbio	-17789	13 Pagnanella Int. Annunziata	-17472
6 Campodolcedo Int. Fracasso	-17685	14 Borno	-17472
7 Pizzo Arera - Rif. Capanna 2000	-17669	15 Villa Carcina	-17467
8 Torre del Brail - Int. Valsusa	-17650		



Appendici

T minime

Stazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Media	Varianza	SDM	Media	Asimmetria	Curva	
Ogg	-6,1	-5,1	-2,6	1,7	5,9	9,9	10,6	9,4	7,5	4,3	-1,1	-4,5	2,5	36,3	6,0	-0,0390	-1,7465		
Ogliate Comasco	-2,2	-1,4	-2,1	7,0	11,0	14,7	16,5	15,5	12,7	8,3	2,9	-1,7	7,1	49,3	7,0	-0,0255	-1,7377		
Oleggio	0,1	1,2	5,2	9,8	14,2	17,9	20,0	18,4	15,5	10,4	5,2	0,5	9,9	53,8	7,3	10,5	-0,0029	-1,7497	
Ossero	-2,8	-2,8	5,8	9,8	14,2	17,9	18,1	18,0	12,4	6,7	3,1	10,7	39,3	6,3	11,1	0,0272	-1,7470		
Ottobiano	-1,4	-0,4	3,9	8,7	13,8	17,0	18,4	17,0	13,8	9,0	4,3	-0,4	8,6	53,9	7,3	8,9	-0,0022	-1,7168	
Ottobiano loc. Cna Rotari	-1,7	-0,7	3,7	9,7	12,7	15,9	17,9	12,8	8,4	3,6	0,9	7,8	48,7	7,0	8,1	-0,0730	-1,7298		
Pagnanella	-6,4	-7,3	-6,0	-1,3	2,6	8,2	8,2	7,0	4,6	1,5	-3,6	-6,6	-0,1	33,9	5,8	0,1	0,0553	-1,7915	
Paladina	3,3	1,6	4,8	8,5	13,5	16,8	18,6	17,5	15,1	10,9	5,7	1,2	9,6	45,6	8,8	10,2	-0,0748	-1,7364	
Palazzo Pignone	-4,4	-0,2	4,0	8,7	13,6	17,0	18,7	17,5	14,7	10,0	5,2	0,1	9,1	52,6	7,3	9,4	-0,0659	-1,7333	
Palazzo d'Oglio	-0,5	0,5	3,8	8,8	12,9	16,4	18,1	17,2	14,5	10,2	4,7	4,9	8,9	48,6	7,0	9,5	-0,0748	-1,7388	
Palma Est	-0,6	-0,7	3,0	7,4	11,8	15,8	17,9	16,6	13,4	9,4	4,7	-0,2	8,2	48,7	7,0	8,4	-0,0072	-1,7058	
Passerella di Caprioglio	-1,0	-0,0	2,7	7,7	12,4	16,3	17,4	16,0	14,0	9,2	4,6	-0,2	8,3	49,8	7,1	8,5	-0,0440	-1,7073	
Passerella di Rho	8,3	1,3	5,3	14,0	17,7	19,7	18,4	15,4	10,4	5,6	0,7	9,9	51,6	7,2	10,3	-0,0524	-1,7087		
Pavia Cna Palazzo	-0,2	0,7	4,8	9,5	14,1	17,5	19,4	18,0	14,9	10,3	5,5	0,3	9,5	52,7	7,3	9,9	-0,0451	-1,7072	
Scavallina loc. Seltino (V)	0,5	0,4	4,2	8,6	13,2	16,8	19,2	17,9	14,5	10,1	4,4	0,5	9,2	50,2	7,1	9,4	-0,0135	-1,7050	
Pessano con Bornago	-0,5	0,0	3,5	8,2	12,7	16,8	18,2	17,7	14,5	9,6	4,7	-0,3	8,7	51,9	7,2	8,9	-0,0232	-1,7389	
Piacenza Montale	0,0	0,5	4,2	8,4	13,3	17,4	19,5	18,3	15,5	11,1	6,1	0,6	9,7	55,1	7,3	10,3	-0,0636	-1,7113	
Pianogio loc. Annunziata	-0,1	0,6	3,2	7,4	11,7	14,7	16,3	15,3	13,1	9,6	4,4	0,6	8,1	38,3	6,2	8,5	-0,0407	-1,7762	
Piani di Bobbio	-3,7	-4,8	-1,6	8,7	9,9	11,5	10,5	7,9	5,0	-0,2	-3,1	3,3	35,7	8,0	3,3	0,1337	-1,7689		
Pianico	-1,1	-0,9	3,9	8,2	12,7	15,5	17,0	16,3	13,8	9,4	4,0	6,9	47	40,3	6,3	9,0	-0,0196	-1,8130	
Pianiga	-2,6	-1,6	2,1	7,4	11,0	14,5	16,6	15,2	12,0	7,5	2,2	-2,2	6,8	48,6	7,0	7,4	-0,0030	-1,7408	
Piofoglio	0,5	1,2	5,1	9,9	14,9	18,2	20,0	19,0	16,2	11,4	6,2	0,9	10,3	54,4	7,4	10,7	-0,0715	-1,7499	
Poggia Nuova	-0,2	0,4	3,8	8,5	13,3	16,9	18,6	17,4	14,4	10,2	5,1	0,6	9,1	49,2	7,0	9,5	-0,0251	-1,7499	
Ponte Avena - Rti Caparone	0,8	0,5	3,7	8,0	12,7	15,8	17,0	16,2	13,6	9,0	4,4	0,8	8,0	48,0	6,8	9,1	-0,0083	-1,7505	
Poggio Rusco	-0,1	-0,5	2,8	7,4	12,3	15,9	17,6	17,3	13,8	9,7	4,8	0,2	8,4	48,5	7,0	8,6	-0,0081	-1,7468	
Ponte di Legno	-4,3	-4,0	-1,9	2,5	6,7	9,8	11,5	10,4	8,2	5,2	-0,4	-3,4	3,3	38,6	6,0	8,5	-0,0180	-1,7598	
Ponte S. Pietro	0,3	-1,1	4,5	9,2	13,6	16,8	18,3	17,7	15,0	10,7	5,0	0,8	9,4	47,5	6,9	9,9	-0,0073	-1,7608	
Pontremoli di Boffalora T.	-0,9	-0,8	3,1	7,7	11,9	15,7	17,6	16,6	14,0	9,4	4,5	-0,5	8,2	49,2	7,0	8,6	-0,0472	-1,7090	
Ponte Martignano	-0,3	-0,6	3,8	8,2	12,9	16,8	18,3	17,0	14,4	10,1	5,1	0,0	8,0	48,0	6,8	9,1	-0,0030	-1,7408	
Poviglio (RE)	-0,5	0,0	3,5	8,2	12,9	16,4	18,3	18,1	14,5	10,1	5,0	0,2	8,9	52,3	7,2	9,2	-0,0411	-1,7166	
Pozzognolo	-1,4	-0,2	3,3	8,8	12,9	16,7	18,5	16,8	13,5	9,1	4,8	1,1	8,9	48,2	6,8	9,0	0,0444	-1,7138	
Prevalle	-0,4	-0,4	3,8	8,2	12,9	16,8	18,3	17,0	14,4	10,1	5,1	0,0	8,0	48,0	6,8	9,1	-0,0030	-1,7408	
Provaio d'Intelvi	-0,9	-0,3	5,7	10,5	14,9	18,0	20,1	19,3	16,5	11,4	6,7	1,9	10,7	50,0	7,1	11,1	-0,0658	-1,7261	
Rasara	-0,6	-0,6	1,8	5,9	10,1	12,8	14,8	13,6	11,1	7,8	2,9	-0,8	6,6	34,7	5,9	6,8	-0,0075	-1,7587	
Reggio Emilia	0,0	1,3	4,3	8,4	13,3	16,9	18,1	17,3	15,2	11,2	7,0	1,4	9,1	48,2	6,8	9,1	-0,0024	-1,6968	
Roncole	-0,6	-0,4	4,1	9,1	13,7	17,1	19,3	18,3	16,3	10,6	5,2	0,3	9,4	54,4	7,4	9,8	-0,0653	-1,7387	
Roncole loc. Capovello	-2,1	-1,9	0,0	3,0	7,9	11,0	12,6	11,6	9,0	5,9	1,5	-1,8	4,7	31,4	5,6	4,4	-0,0650	-1,7271	
Rovate di Camogli	-0,3	0,6	4,8	8,2	12,9	16,8	18,3	17,0	14,4	10,1	5,1	0,0	8,0	48,0	6,8	9,1	-0,0030	-1,7408	
Rovate di Sestiano	-0,4	0,5	4,5	8,9	13,4	17,3	19,4	18,3	15,1	10,2	4,9	0,3	9,3	55,3	7,4	9,6	-0,0381	-1,7397	
S. Marzano di Samanale	-1,6	-0,7	3,4	7,9	11,7	15,8	17,5	16,4	13,6	9,0	3,8	-1,8	8,0	50,8	7,1	9,4	-0,0880	-1,7554	
S. Martino in strada	-0,6	-0,4	3,3	8,2	12,4	17,3	18,8	17,4	15,3	10,2	4,6	-0,1	9,0	50,3	7,4	9,7	-0,0030	-1,7574	
S. Giovanni Lupatoto (VR)	-1,2	-1,8	5,3	10,3	15,3	18,4	20,1	19,1	16,0	11,3	5,9	1,8	10,6	52,6	7,3	10,8	-0,0188	-1,7628	
Sabbio Chiese	-2,7	-3,1	0,0	5,2	8,8	12,7	13,9	12,8	10,3	7,1	-2,5	-1,1	6,3	43,8	6,6	6,8	-0,0058	-1,7503	
Sabbio loc. Cuneo	-2,7	-2,4	5,9	10,4	15,2	17,8	19,4	18,2	15,7	10,2	5,2	1,7	10,2	50,3	7,4	9,7	-0,0270	-1,7608	
San Damiano (PC) - AM	-1,5	-1,0	2,0	6,8	11,3	16,4	17,5	16,3	13,6	9,8	4,8	-0,5	7,8	50,1	7,1	8,2	-0,0417	-1,7522	
San Felice del Benaco	-2,7	-2,2	5,3	9,5	14,7	18,3	20,0	18,7	15,8	11,5	6,1	2,4	10,7	48,9	6,8	10,7	-0,0388	-1,7620	
San Giovanni Bianco	-0,2	-1,5	1,5	6,4	9,9	13,2	14,7	14,2	11,8	7,7	2,6	-1,4	6,4	41,5	6,4	7,0	-0,0659	-1,7509	
San Pellegrino Terme	-1,2	-0,8	3,2	7,0	10,8	14,3	15,6	14,9	12,4	8,5	3,4	-0,5	7,2	40,9	6,4	7,8	-0,0511	-1,7639	
San Possidoneo (NO)	-0,6	-0,7	2,6	7,0	11,6	15,2	17,1	16,4	13,9	8,6	4,4	-0,4	7,8	48,2	6,8	8,2	-0,0029	-1,7158	
San Prospero (MO)	-0,3	-0,4	3,2	7,7	12,4	16,0	18,3	17,4	14,0	9,6	4,8	0,1	8,6	49,8	7,1	8,6	-0,0006	-1,7221	
San Vito (Vercelli)	-12,1	-9,6	-0,5	-1,5	2,2	5,4	8,3	3,2	-0,5	-4,4	-9,9	-12,7	-6,5	-1,2	-16,9	-16,6	-1,6	-0,0029	-1,7601
Sanza (CY)	-3,6	-3,5	-0,5	4,3	8,3	12,8	14,1	12,6	10,1	6,1	-0,1	-3,7	4,7	46,8	6,8	8,2	-0,0441	-1,7461	
Santa	-0,7	-1,7	4,8	9,5	13,7	16,8	18,5	18,0	15,6	11,5	6,3	1,6	9,9	45,4	6,7	10,5	-0,0729	-1,7498	
Salvatore del Adamello	-1,9	-0,7	0,8	4,5	8,2	12,0	14,0	12,9	10,1	7,5	2,0	-1,0	5,8	34,3	5,9	6,0	-0,0251	-1,7578	
Sedico	-0,2	-1,0	5,1	9,6	14,1	17,9	19,8	18,4	15,5	10,4	5,3	0,2	8,6	59,1	7,4	10,2	-0,0620	-1,7079	
Sedico Roggionale	-0,2	0,6	4,4	8,9	13,4	17,1	19,0	17,7	14,8	10,2	5,3	0,3	9,3	50,8	7,1	9,6	-0,0444	-1,7162	
Seregno	0,1	1,2	5,0	9,5	13,8	17,3	19,3	18,2	15,3	10,2	5,6	0,5	9,7	51,0	7,1	10,2	-0,0384	-1,7335	
Sesate sud	0,0	1,5	5,0	9,6	13,6	17,0	19,0	17,7	15,3	10,4	5,6	0,7	8,7	47,7	6,8	10,2	-0,0004	-1,7287	
Sernide	0,1	0,4	3,9	8,7	13,9	17,1	18,2	15,0	10,6	5,5	0,7	9,4	52,3	7,2	9,6	-0,0300	-1,7461		
Sestino Milanese	-0,6	-0,8	4,3	9,1	13,3	16,8	18,8	17,7	14,9	10,3	5,4	0,6	9,3	50,3	7,1	9,7	-0,0709	-1,7327	
Sonoma Lombardo	-0,1	0,7	4,3	8,8	13,4	16,3	18,5	17,4	14,9	9,4	4,3	0,1	8,9	49,2	7,0	8,4	-0,0381	-1,7464	
Sondrio	-0,3	-1,1	4,0	8,7	12,7	15,5	17,5	16,4	13,8	9,0	3,3	-1,1	8,4	45,9	6,8	8,8	-0,0571	-1,7319	
Spessa Po	-1,1	-0,8	3,0	7,5	12,3	15,8	17,7	16,8	13,3	9,2	5,2	-0,3	8,2	48,8	7,0	8,4	-0,0488	-1,7501	
Spessa Adda	-0,3	-0,3	3,6	8,3	13,0	16,6	18,3	17,1	14,2	9,6	4,3	0,7	9,1	51,8	7,2	9,8	-0,0548	-1,7508	
Stefanigo	-0,7	-2,1	5,6	8,8	13,9	16,6	18,9	18,2	15,1	11,5	5,7	0,9	9,8	45,9	6,8	10,2	-0,0000	-1,7510	
Strozzano	-0,4	-1,6	5,2	9,5	13,7	17,3	18,8	18,3	15,7	11,3	5,4	0,9	8,8	49,5	7,0	10,4	-0,0338	-1,7598	
Torre del Buoi - loc. Valter	-2,3	-1,8	0,1	3,3	8,8	11,5	13,8	12,1	9,4	6,4	1,5	-2,0	5,1	35,8	6,0	4,9	-0,0021	-1,7660	
Tremosine loc. Le Viali	-1,6	-1,4	0,0	8,2	12,8	16,1	18,2	16,9	14,3	10,3	3,4	1,6	9,1	42,5	6,5	9,3	-0,0557	-1,7895	
Trento - Isola Gaviole	-0,4	-0,7	2,6	7,2	11,8	15,8	16,2	15,5	12,8	8,2	1,4	-1,7	7,2	51,8	7,2	7,7	-0,0458	-1,7511	
Trezzano Rosa	0,6	2,1	6,0	9,8	14,5	17,6	19,0	18,5	15,7	11,4	5,4	1,0	4,7	40,7	6,7	8,9	-0,0002	-1,7541	
Valmadrera	-1,2	-1,6	0,8	13,7	17,1	18,2	15,3</												

Bibliografia ragionata

DATI

La principale fonte di dati per questo Atlante è naturalmente costituita dal database che raccoglie le osservazioni quotidianamente rilevate dalle stazioni appartenenti alla rete CML. I dati in tempo reale, gli estremi del giorno precedente e i commenti mensili e stagionali sono reperibili sul sito www.centrometeolombardo.com.

Il Decreto legislativo n. 39 del 24/02/1997, stabilisce che le Amministrazioni Pubbliche rendano accessibili al pubblico i dati ambientali in loro possesso. I dati delle stazioni appartenenti alle reti ufficiali si trovano alle fonti seguenti.

Annali Idrologici

Ministero dei lavori pubblici – Servizio Idrografico: *Annali idrologici*.

Per la Lombardia sono stati pubblicati annualmente dal 1916 al 1991 nella sezione autonoma del Genio Civile di Parma; nel periodo 1926-1935 si trovano in una sottosezione di Milano. Per alcune località della Lombardia orientale occorre consultare i fascicoli delle sezioni di Venezia e di Bologna.

Gli annali riportano, nei fascicoli denominati "Parte prima", le temperature minime e massime giornaliere e le precipitazioni quotidiane delle stazioni appartenenti alla rete del Servizio Idrografico; a volte le precipitazioni nevose.

Nella "Parte Seconda" contengono dati di natura idrologica sui corsi d'acqua.

Dagli anni '90 le stazioni del Servizio Idrografico sono passate alle ARPA regionali; alcune regioni, come l'Emilia Romagna, continuano a pubblicare on line gli stessi Annali: altre regioni, come la Lombardia, hanno abbandonato lo schema degli Annali.

Gli Annali Idrologici già pubblicati su carta sono stati digitalizzati e sono reperibili on line sul sito www.annali.apat.gov.it; per alcune regioni, sono raggiungibili anche attraverso i siti delle ARPA regionali.

Dai dati raccolti negli Annali sono state ricavate le seguenti carte, in scala 1:1.000.000, corredate dai rispettivi fascicoli illustrativi.

Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-1950;

Carta della precipitazione nevosa media annua in Italia nel quarantennio 1921-60;

Carta delle temperature medie vere in Italia nel trentennio 1926-1955.

ARPA

I dati delle stazioni gestite dall'ARPA Lombardia sono pubblicati quotidianamente sul sito www.arpalombardia.it, dove si trovano anche riepiloghi settimanali. Su richiesta, attraverso lo stesso sito, vengono forniti dati pregressi per tutte le stazioni della rete.

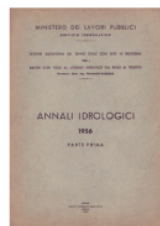
Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare

In virtù dei compiti operativi della Forza Armata e del DPR n. 556 del 25/10/1999, che attribuisce al Capo di Stato Maggiore dell'Aeronautica l'alta direzione tecnica, operativa e di controllo dell'intero Servizio Meteorologico, l'Aeronautica Militare gestisce una rete di osservatori meteorologici e di stazioni di telerilevamento sull'intero territorio nazionale.

Al Servizio Meteorologico dell'A.M. è inoltre assegnata la rappresentanza nazionale in diverse organizzazioni internazionali: l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (CMM – Agenzia dell'O.N.U.); l'Agenzia Europea per la gestione operativa dei satelliti meteorologici (EUMETSAT); il Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche a Medio Termine (CEPMMT – ECMWF). Per conto di tali Agenzie il Servizio Meteorologico dell'A.M. svolge quindi il ruolo di unico agente nazionale per la distribuzione dei dati/prodotti generati dalle specifiche attività di cooperazione internazionale.

I dati relativi alle stazioni gestite dall'A.M. nel quadro di queste attività sono reperibili sul sito www.meteoam.it.

Allo stesso indirizzo sono pubblicati: il *CLINO* (acronimo di CLimate NOrmal), un'elaborazione statistica su base trentennale (1961-1990) dei parametri meteorologici al suolo; e l'*Atlante Climatologico* (1971-



338

Centro Meteorologico Lombardo

2000), con le stesse elaborazioni CLINO slittate di dieci anni.

I dati storici sono facilmente reperibili anche sul sito www.tuitempo.net oltre che sui siti americani <http://weather.noaa.gov> e www.wunderground.com.

Dati storici ed elaborazioni statistiche della rete gestita dall'A.M. sono stati in passato pubblicati su:

Rivista di Meteorologia Aeronautica (pubblicata dal 1937, ma che ha cessato le pubblicazioni cartacee nel 2010), con riepiloghi mensili; *Cartello Meteorologico quotidiano* (pubblicato dal 1956 fino agli anni '90), con dati giornalieri e riepiloghi mensili; *Frequenze e medie delle osservazioni meteorologiche in superficie* (in due volumi, con elaborazioni relative al periodo 1951-1979), ed altre pubblicazioni non sistematiche.

ISTAT

L'Istat ha raccolto annualmente i principali dati delle stazioni appartenenti alle diverse reti ufficiali, pubblicando l'*Annuario di statistiche meteorologiche*, a partire dal 1959; i dati, riportati in medie mensili ed annuali, sono riferiti ad un numero di stazioni che nel corso degli anni è andato diminuendo, dalle 950 del 1961 fino a 108 stazioni nel 1998 (pubblicazione dell'annuario 2000); in seguito la pubblicazione è diventata meno sistematica (manca il 1999) ed è pubblicata, con molto ritardo, anche sul sito www.istat.it.

Radiosondaggi

I dati dei radiosondaggi (che per la nostra regione riguardano Milano-Linate) sono messi a disposizione dall'Università del Wyoming attraverso il sito www.uwyo.edu/lupperain/europe.html, una elaborazione di facile accesso, proveniente dalla stessa fonte, è fornita anche da www.meteonetwork.it. La serie storica disponibile risale al 1973.

CARTOGRAFIE

Le mappe pubblicate nell'Atlante sono tutte – salvo qualche eccezione precisata in didascalia – elaborazioni originali create esclusivamente per il CML, con i dati delle stazioni della propria rete o – ove indicato – delle reti ufficiali.

Per le mappe sinottiche – sia al suolo che in quota – le fonti adoperate per la rielaborazione sono di volta in volta quelle più adatte alla rappresentazione richiesta, ed in particolare gli archivi di www.wetterzentrale.de, comprendenti le carte al suolo UKMO prodotte dal centro di Bracknell (dal 27 gennaio 1998), le carte al suolo e in quota GFS – ex AVN (dal 7 settembre 1999), le carte di reanalisi NCEP (dal 1 gennaio 1948), e di www.weather.unisys.com.

Per alcune descrizioni di fenomeni a scala locale sono state utilizzate informazioni cartografiche provenienti da www.lamma.rete.toscana.it e www.meteogiuria.it.

Per le rappresentazioni geografiche e topografiche, la cartografia adoperata è in prevalenza ricavata dalla Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia (www.cartografia.regione.lombardia.it) o dalle tavolette IGM al 25.000 o al 100.000. Raramente, citando la fonte, è stata riprodotta una parte delle carte originali.

STRUMENTI E METODI

La fonte principale per le modalità di rilevazione e restituzione dei dati meteorologici è la guida dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale: *Wmo guide to meteorological instruments and methods of observation - Wmo-No. 8 (Seventh edition)* (6 August 2008), scaricabile dal sito:

http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.html

Allo stesso indirizzo si trovano le proposte di aggiornamento di alcuni capitoli del manuale, che saranno ufficializzate con la prossima edizione.

METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

Fra i tanti libri e manuali che vanno dal popolare allo scientifico, ci sentiamo di citare, per completezza e leggibilità:

M. Giuliacci (a cura di): *Manuale di meteorologia*, Milano, Alpha Test, 2003.

Un testo semplice per la comprensione dei fenomeni di irraggiamento locale:

A. Mezzetti, G. Veronesi: *Gelate in agricoltura*, Bologna, Edagricole, 1974

Con rimando ad ulteriore bibliografia.

PALEOCLIMATOLOGIA E GLOBAL WARMING

Per le informazioni relative alla storia climatologica dei secoli scorsi e delle ere geologiche (richiamata nel capitolo *I climi della Lombardia*) una base di partenza è stata:

AA.VV.: *L'Italia Fisica*, Milano, Touring Club Italiano 1957.

Le notizie generali sono comunque reperibili in qualunque testo di geografia o in rete.

I dati relativi all'andamento termico globale ed alle concentrazioni di anidride carbonica nell'atmosfera si trovano nel sito della NASA: <http://data.giss.nasa.gov/>.



Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia

339





Perfedi, una delle più recenti installazioni della rete CML, non ancora in lista alla fine del 2010. (Foto di Stefano Angileri)

I collaboratori della rete CML

al 31 dicembre 2010



Lombardia



Provincia di Milano

Abbiategrosso centro	D. Ticozzelli	Melzo	I. Ponzoni
Abbiategrosso Stadio	D. Ferrari	Milano C na Selvanesco	F. Colombo
Abbiategrosso sud	D. Ferrari	Milano Cadorna	MilanoCam.it
Asnonte di Ossona	A. Bosoni	Milano est Lambrate	L. Casorati
Basiglio	T. Scandolara	Milano nord Bicocca	M. Negri
Bucinasco	P. Maestri	Milano nord - via Arbe	A. Kothari
Calepio di Settala	L. Boscani	Milano San Leonardo	M. Mazzoleni
Canegrate	Protezione Civile Canegrate	Nerviano	N. Cervelli
	A. Santambrogio	Nosate	A. Bosoni - F. Rugoni
Carpiano	D. Zlatarski	Ossona	A. Bosoni
Casarle	Aspen 2000	Passirana di Rho	G. Ferri - Lucmedia.eu
Casorezzo	S. Pitzalis	Peschiera Borromeo fraz. Bellaria	M. Cereda
Cassano d'Adda	S. Falone	Pessano con Bornago	F. Merletti
Castano Primo	P. Guzzi	Pieve Emanuele	M. C. Pocchia
Cernusco sul Naviglio	S. Becuzzi	Pioltello	M. Falcone
Cesano Boscone	M. Valle	Pontenuovo di Boffalora Ticino	A. Bosoni - Bar la Badiola
Cesate	G. Finocchiaro - MeteoCesate.it	Porto d'Adda	M. Colombo
Corbetta	S. Viganò	Rescaldina	A. Raimondi
Corsico Europa	L. Bai	Robecco sul Naviglio	A. Deola
Gaggiano	L. Rovescala - F. Reffo	Roveda di Sedriano	A. Colombo
Inveruno	S. Ferrario	S. Stefano Ticino	A. Bertani
Legnano	A. Amboldi	Sedriano	A. Bosoni
Legnano ovest	Protezione Civile di Legnano	Segrate Milano 2	M. R. Pillitteri
Linate Paese	L. Ceresa	Segrate Rovagnasco	M. R. Pillitteri
Linate sud - ENAV	ENAV	Settimo Milanese	A. Bellicchi
Malvaglio - Robecchetto con In-	F. Baroli	Trezzano Rosa	G. Cagliani
duno	D. Valenti	Truccazzano	Ogenkide s.r.l.
Marcallo con Casone		Vimodrone	L. Bertelletti



Provincia di Monza e Brianza

Bariassina	M. Burato	Macherio	M. Bonavitacola
Besana in Brianza est	G. Mascia	Meda	Comes Edilizia s.r.l.
Carate Brianza loc. Realdino	M. Galli - P. Fregonese		ComesEdilizia.com
Giussano fraz. Paina	A. Brambilla	Monza est	S. Nava
Lazate	Comune di Lazate	Nova Milanese	M. Buttacchio
Lentate sul Seveso	I.C. Bariassina-Lentate	Seregno	M. Galli

Atlante dei Climi e Microclimi della Lombardia



CAPITOLO COMPLEMENTARE

Conclusione dell'opera.

Abbiamo dunque finito, caro lettore, la descrizione del meraviglioso complesso meteorico che costituisce la vita e la bellezza della Terra. Abbiain visto in qual modo il fluido atmosferico accompagni il globo nel suo corso, in qual modo il Sole vi dispieghi gli splendori della luce, in qual modo vi distribuisca i benefici della temperatura, delle stagioni e dei climi; abbiamo visto come nascano i venti e le tempeste, come la circolazione aerea si compia in ogni luogo, come le nubi s'innalzino nelle alte regioni dell'aria e versino le piogge sulle assetate pianure. Abbiamo udito rombare la bufera sul nostro capo, ed abbiamo seguita la capricciosa elettricità, dalla scintilla sottile, che si diverte a mandar sossopra una casa, fino ai grandiosi distendimenti dell'aurora boreale nella profondità dei cieli. Ora la nostra mente è arricchita di nozioni esatte sui grandi fenomeni della natura, sulla conservazione della vita del globo da noi abitato, e noi non siamo più, nel fondo di questa atmosfera, come ciechi nati, o vegetali, che respirano senza conoscere ciò che li circonda, senza sapere nè dove siano nè come vivano. Almeno il teatro sul quale siamo venuti a rappresentare una parte più o meno brillante, più o meno utile, non è più lettera morta per noi, e possiamo apprezzare bastantemente la situazione nostra, così

come l'artifizio delle decorazioni svariate che si succedono intorno a noi durante la nostra vita. Ormai la natura avrà per ciascuno di noi molto maggior interesse, maggiori attrattive. Inoltre, per mala sorte, gli uomini ci parranno, in generale, assai più ignoranti e nulli che finora nol supponessimo; imperocchè invece di consacrare gli ozî loro ad illuminare ed isviluppare la propria intelligenza, essi sciupano il tempo in una invidia scambievole, ad accarezzare politiche chimere, ed a rappresentare scioccamente il soldato per divertire qualche principe che li guida quali armenti.

Centro Meteorologico Lombardo



ATLANTE

dei climi e microclimi
della Lombardia



Edizione 2011