

IL TEMPO, IL CLIMA E LA PROGNOSI METEOROLOGICA

Guido Caroselli

Che cos'è "il tempo"? Si può rispondere: è l'insieme delle condizioni atmosferiche che rappresentano una situazione momentanea, contingente. Si può anche dire che il tempo costituisce uno degli elementi dinamici del paesaggio di un luogo. Infatti il vento conferisce movimento all'aria, le nubi sono in continua evoluzione, le piogge, se presenti, sono intermittenti e a intensità variabile, mentre la temperatura, la pressione, l'umidità e la radiazione solare sono soggette a variazioni di ora in ora e per questo vengono misurate così spesso.

Il clima, più difficile da definire, può essere descritto come l'insieme delle condizioni meteorologiche che, in prevalenza o con comportamenti minoritari ma possibili nell'arco di almeno 25-30 anni, caratterizzano una località o una regione più o meno vasta. Di solito si trascurano i casi meno frequenti e si usa ritrarre il clima con una serie di valori medi. È un sistema molto comodo e sintetico, che ha il pregio della semplicità ma che nasconde insidie. Nel caso di climi molto variabili, le medie offrono un quadro falsato, stabilendo compromessi, tra gli estremi, che non esistono. Più valida, anche se concettualmente più complessa, mi sembra la definizione come stato di equilibrio dinamico raggiunto dagli elementi dei sistemi atmosfera-idrosfera-criosfera-litosfera-biosfera (aria, acqua, ghiacci, terre, esseri viventi) in presenza di condizioni in parte costanti ma in una certa misura mutevoli (attività solare, posizione Terra-Sole, presenze e concentrazioni di vapori, gas e polveri nell'atmosfera).

Per seguire le condizioni effettive del tempo, per cercare di prevederle con successo a breve o a medio termine (la lunga scadenza è ancora un sogno non realizzato e forse lontano!), oppure per mettere ordine alle variabilità con le descrizioni climatologiche, per tutti questi scopi è fondamentale seguire uno dei principi basilari del metodo scientifico, misurando le varie grandezze rappresentative del tempo e del clima.

I dati costituiscono dunque gli elementi salienti dello scenario atmosferico, per offrirne un' "istantanea" o un "ritratto in posa". È inutile aggiungere che, anche in quest'ultimo caso e come nel caso degli esseri umani, il ritratto in posa (il clima) dà una buona rappresentazione generale ma non garantisce una fedeltà invariabile nei decenni. I dati, per tutte le ragioni esposte, devono essere ben rilevati e rappresentativi. Non è sufficiente per questo una buona strumentazione (non è invece detto che debba essere costosa), ma occorrono regolarità nella frequenza dei rilevamenti e doti di conoscenza meteorologica e di esperienza in chi misura e raccoglie i dati. A parte l'indagine con l'impiego dei radar meteorologici, delle radiosonde, dei sa-

telliti e di altri strumenti a bordo di vettori di modernissima concezione (piattaforme spaziali, aquiloni in materiali ultraleggeri, aerei-robot, sommergibili-robot, ecc.), resta fondamentale l'uso della strumentazione tradizionale a terra. Gli strumenti possono essere di sempre più moderna concezione, ma la misura della temperatura, della pressione, dell'umidità, delle precipitazioni, dei venti, della visibilità, della nuvolosità e della radiazione solare è sempre la base di una buona indagine meteorologica o climatologica. Quale uso si fa di questi dati? Eccone alcuni esempi.

Indagini idrologiche

L'acqua è l'elemento che fa della Terra "il bel pianeta azzurro" (così come l'hanno visto gli astronauti dallo spazio), tanto diverso dagli altri oggetti del sistema solare. Ma la maggior parte dell'acqua terrestre è salata e solo una piccola frazione, forse il 2% o anche meno, è dolce. Questo 2% comprende i fiumi, i laghi, le lastre ghiacciate e i ghiacciai, ma per la maggior parte le acque dolci sono nel sottosuolo, nelle falde acquifere e nel vapor acqueo atmosferico. Tutta l'acqua del mondo è legata al ciclo idrologico, il processo che muove il prezioso elemento in forma solida, liquida e gassosa, con trasformazioni e trasporto anche di enormi quantità di energia. La misura del movimento e del deposito delle acque dolci è un lavoro importante e difficile. Importante perché l'acqua è elemento vitale per quasi tutte le attività dell'uomo e fondamentale nei processi ambientali. È difficile perché le misure delle quantità e delle qualità delle acque richiedono speciali sistemi strumentali, installati, messi in opera e con i dati analizzati da esperti studiosi e ingegneri.

Le azioni dell'uomo modificano il ciclo idrologico e possono seriamente inquinare le acque disponibili. Il disboscamento, l'eliminazione delle aree prative, l'espansione di quelle cementate, la costruzione di dighe e di canali influiscono ad esempio sul bilancio idrico. Gli effetti stimati di queste modifiche e i consumi idrici domestici, industriali e agricoli rafforzano la richiesta di un accurato monitoraggio quantitativo e qualitativo. Molti altri avanzati progetti saranno necessari per soddisfare intorno alla metà del secolo entrante una domanda di acque dolci pressoché raddoppiata rispetto ad ora. Tutti dovranno essere studiati sulla base delle misure disponibili e sull'analisi dei dati. Va aggiunto poi che tali dati costituiscono il presupposto necessario per lo studio del sistema climatico presente e futuro.

Le indagini sul clima

I cento anni compresi tra il 1850 e il 1950 hanno contrassegnato per l'emisfero nord della Terra un periodo caldo. Dopo una successiva flessione, tra il 1950 e il 1975, è stato registrato un nuovo aumento, tuttora in atto. L'andamento più recente delle piogge, dalla metà di questo secolo ad oggi, è un aumento in corrispondenza delle latitudini medio-alte e una diminuzione alle latitudini tropicali e subtropicali.

Il clima, oltre alle variazioni dovute a cause naturali -variazioni che si manifestano in parte con oscillazioni periodiche e in parte con eventi impulsivi o irregolari- è anche soggetto a modifiche dovute a cause antropiche. Il cambiamento più importante, in questo secondo ordine di azioni, è secondo la quasi totalità degli scienziati l'effetto-serra. Prendendo a prestito il linguaggio dell'acustica, si può dire che le cause naturali costituiscono un rumore, perché la somma di tutte le azioni, periodiche e non, non segue una legge periodica e non è dunque assimilabile a un suono. Le cause dovute all'uomo (l'effetto-serra), caratterizzate da un'azione sempre presente, per il momento addirittura crescente, sono invece paragonabili a un segnale. Per capire con chiarezza la tendenza del clima nel prossimo secolo, dovremo essere in grado di distinguere il segnale dal rumore. A detta di molti studiosi, è probabile che il segnale verrà distinto con chiarezza -e dunque l'effetto-serra si manifesterà con un inequivocabile aumento della temperatura dei bassi strati dell'atmosfera terrestre- a partire dai prossimi dieci anni. Si comprende bene, allora, quanto sia importante, anzi fondamentale, per l'Italia come per ogni altro angolo del mondo, misurare con precisione e regolarità le grandezze rappresentative dell'atmosfera.

La difesa del territorio

Le violenze atmosferiche, in Italia e altrove, rappresentano una fonte di danni alle opere dell'uomo e, soprattutto, una fonte di minacce per la sua integrità e per la sua stessa vita. Ma anche l'ambiente naturale è in quelle occasioni offeso o sconvolto. Noi non abbiamo fortunatamente uragani né tornado, però la grandine nel nostro paese fa ogni anno danni per quasi mille miliardi di lire. E le alluvioni ci hanno colpito 150 volte nell'arco degli ultimi 40 anni. Le piogge, per essere eccezionali (l'uso dell'aggettivo è inflazionato dai "media") devono raggiungere almeno 50 millimetri in un'ora, oppure a 110 mm in 24 ore, soglie statisticamente corrispondenti a "tempi di ritorno" (cioè probabilità di ricorrenza) di 20 anni. Però, stanti le condizioni del nostro territorio, per metterci in ginocchio basta meno, e a volte e in certe zone molto meno. Al di là di una serie di ben progettate ed efficienti opere di difesa, all'Italia servono valide previsioni a piccola scala (preziosi sarebbero i radar...) e una saggia ed efficace politica di gestione e di controllo del territorio. Ancora una volta, dunque, buoni e diffusi dati meteorologici e climatologici.

L'agricoltura

Le decisioni a lungo termine nella pianificazione agricola sono legate a fattori climatici. L'impiego dei dati sul clima per determinare le aree più favorevoli alla cre-

scita di nuove culture o per la sperimentazione di nuove varietà è un esempio di come si possano trarre dei benefici agricoli. Le decisioni a breve termine dipendono da fattori meteorologici (dalle condizioni come dalle previsioni del tempo). In particolare sono sensibili al tempo gli stadi successivi del ciclo vitale agricolo: la preparazione del terreno, la semina, la germinazione, la coltivazione, la crescita, la maturazione, il raccolto, l'essiccamento, l'immagazzinamento, il trasporto e la vendita dei prodotti, la risistemazione del terreno per il raccolto seguente. Gli elementi atmosferici principali dai quali dipendono i raccolti sono la radiazione solare, il vento, la temperatura e le precipitazioni atmosferiche, la temperatura e l'umidità del suolo.

Le influenze del tempo sulla salute

Le meteoropatie, il buco dell'ozono stratosferico e, negli strati bassi dell'atmosfera, i danni prodotti dallo smog all'apparato respiratorio (soprattutto dagli eccessi di monossido di carbonio nei mesi freddi e di ozono in quelli luminosi) sono solo i casi più evidenti dell'influenza della composizione e dei comportamenti dell'aria sulle condizioni di salute. Estendendo le influenze a tutti gli esseri viventi, si potrebbero ricordare, ancora a causa del deficit dell'ozono stratosferico, i numerosi casi di cecità provocati in pecore e conigli del Cile e della Terra del Fuoco; oppure i danni provocati alle foreste dalle piogge acide. Ma, per restare all'uomo, le temperature estreme, le elevate umidità in estate e i venti forti in pieno inverno sono altri esempi di un forte legame atmosfera-salute. La biometeorologia, come tante altre discipline e tante altre attività, ha bisogno di dati accurati e sempre aggiornati dell'ambiente che ci circonda.

I sistemi produttori di energia

La domanda di energia dipende dal tipo di utenza, dal periodo dell'anno, dall'ora del giorno e dalle condizioni meteorologiche. L'energia elettrica, salvo che per piccoli quantitativi, non è immagazzinabile e bisogna perciò produrre, istante per istante, quantitativi pari ai consumi, altrimenti le reti distributrici possono entrare in crisi. Il sistema di produzione e di trasmissione deve quindi assecondare continuamente l'andamento del consumo, a volte suscettibile di sensibili variazioni da un giorno all'altro o da un'ora all'altra. È allora necessaria una programmazione a medio e a breve termine dell'energia elettrica. Per la prima si determinano le curve di invaso e svaso dei serbatoi idroelettrici e i quantitativi di combustibile da approvvigionare. Risulta di conseguenza evidente l'importanza dei dati meteorologici e climatologici. La previsione della fusione delle nevi, per fare un esempio, è un'informazione preziosa perché la produzione di energia dipende dalla disponibilità idrica e dunque anche dal comportamento del manto nevoso. Per la programmazione a breve, eseguita ogni giorno per ogni ora di quello seguente, sono richiesti dati meteorologici attuali e previsti, soprattutto quelli relativi alle temperature, all'insola-

zione, al vento e alle precipitazioni. Le fonti di energia cosiddette “alternative”, in particolare quelle rinnovabili come quella solare e quella eolica, hanno con maggiore evidenza bisogno di una conoscenza strumentale dell’ambiente atmosferico, sia nella fase della progettazione degli impianti, sia nella fase operativa.

Costruzioni

Le perdite economiche e i danni alle strutture conseguenti alle condizioni meteorologiche possono essere ridotti sfruttando al meglio le relative informazioni disponibili. Una pianificazione attenta ai fattori atmosferici consente una migliore scelta dei luoghi, dei materiali e delle decisioni da prendere. Una volta iniziati i lavori in cantiere, risultano preziose le previsioni a breve scadenza per una più economica e rapida gestione delle opere. Il freddo, la pioggia e il vento sono in sostanza gli elementi più importanti. Le temperature vicine o inferiori allo zero, ad esempio, rallentano o arrestano la presa del cemento, creano disagi al personale e problemi ai macchinari; il ghiaccio rallenta poi gli scavi, aumenta i rischi nel trasporto dei materiali e ostacola la verniciatura e la stuccatura. La pioggia ritarda l’asciugatura delle opere, può rovinare le superfici appena rifinite, rallenta i movimenti nel quartiere e lo impantana. Il vento forte limita o impedisce le operazioni delle gru e rende rischioso l’innalzamento di costruzioni in acciaio, delle impalcature e dei tetti.

Trasporti, turismo, tempo libero e sport

A parte i grandi esodi automobilistici in occasione dei weekend, dei ponti festivi e delle vacanze, l’importanza dei dati meteorologici è fondamentale per gli spostamenti dei pendolari sulle strade (in caso di nebbie, ghiaccio o di maltempo invernale), per la navigazione aerea, per quella marittima, e per il trasporto via terra di merci deperibili. Non vale la pena soffermarsi ulteriormente sull’evidente dipendenza dell’industria delle vacanze e delle attività sportive dai dati rappresentativi del tempo e del clima. Ma naturalmente l’uso più conosciuto dei dati atmosferici è quello finalizzato alla prognosi del tempo.

La previsione meteorologica

La sorveglianza del tempo in atto è indispensabile non solo nel caso di intense perturbazioni e, alle latitudini tropicali, dei cicloni, ma, quotidianamente, per la definizione dello stato iniziale delle condizioni atmosferiche, ovvero del primo passo del cammino dei processi logici, fisici e di calcolo che conducono alla rappresentazione del tempo previsto.

a) Nowcasting

Per previsioni a corto raggio, entro le 12-24 ore, una buona indagine del tempo in

atto, con dovizia di particolari e di informazioni provenienti da stazioni meteo, radar e satelliti, porta necessariamente numerosi elementi di previsione, stante la continuità fisica dei fenomeni naturali in tempi così brevi e data la possibilità di estrapolare i fenomeni fisici e le grandezze che li caratterizzano. Questo tipo di previsione, detta *nowcasting*, è particolarmente adatta per la cornice mediterranea, dove assumono grande importanza le caratteristiche orografiche, la peculiarità di un mare caldo e perciò dispensatore di energia (calore sensibile e calore latente) nei fenomeni meteorologici, specie quelli a piccola scala. Tutte le notizie fornite fino ad ora sulla strumentazione tradizionale e avanzata sono da ritenere attinenti a questo tipo di indagine.

b) *Le previsioni numeriche*

Quando la prognosi deve spingersi oltre le 24 ore, non è più possibile limitarsi alla estrapolazione dei fenomeni in corso e, ferma la necessità dei dati di partenza, occorre immetterli in processi di indagine diversi. Quelli che ormai tutti i servizi meteorologici adottano sono basati sulla risoluzione delle equazioni della fisica dell'atmosfera mediante potenti e veloci computer.

Nel 1904, Vilhelm Bjerknes, dell'Istituto Geofisico Norvegese, ricordò che le previsioni del tempo potevano essere considerate un problema risolvibile attraverso la conoscenza dello stato iniziale e il calcolo matematico delle equazioni rappresentative delle leggi fisiche. Una situazione meteorologica è definita quando si conoscono i valori di 7 elementi, vale a dire la pressione, la temperatura, la densità dell'aria, la velocità del vento (3 componenti: direzione, verso e intensità) e l'umidità. Queste 7 variabili sono governate da 7 equazioni: quella dei gas, quelle che traducono il primo e il secondo principio della termodinamica, le tre equazioni generali del moto e l'equazione di continuità. Il problema è quindi teoricamente determinato. In pratica, però, le equazioni sono di difficilissima soluzione, perché sono di tipo "non lineare", ossia non possono essere risolte senza far uso di complesse tecniche matematiche.

Nel 1922, l'inglese Lewis Fry Richardson pubblicò il libro "Weather Prediction by numerical process", ovvero previsioni del tempo mediante un procedimento numerico. Nella sua opera Richardson propose il metodo della risoluzione approssimata delle equazioni rappresentative dell'atmosfera mediante un procedimento *step by step*, ossia a piccoli passi successivi. Nel suo libro era presente un esercizio, il calcolo della variazione della pressione al suolo in Europa nello spazio di 6 ore con l'impiego di una semplice calcolatrice meccanica da tavolo.

Nel 1948, John von Neumann, insieme ai suoi colleghi della Princeton University, sfruttò le capacità di uno dei primi calcolatori (grande come un enorme armadio) per realizzare il sogno di Richardson. Verso la fine degli anni '50, altri ricercatori, partendo dal lavoro di von Neumann, svilupparono tecniche numeriche mediante un calcolatore per prevedere la pressione, la temperatura e il vento su una larga scala geografica. La storia successiva delle elaborazioni segue passo passo i progressi delle generazioni degli elaboratori elettronici.

Il Centro Europeo per le Previsioni a Medio Termine

Nato a Reading (Londra) nel 1979 dal progetto di alcuni paesi europei, il Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine si avvale oggi della collaborazione di 18 componenti, tra i quali l'Italia, che naturalmente beneficia dei suoi frutti. Il Centro di Reading elabora per una finestra europea, nord-atlantica e nord-africana, analisi previste dei moti atmosferici, orizzontali e verticali, della pressione e della temperatura al suolo e in quota, fino a una gittata di 6 giorni e con indicazioni di tendenza fino a 9 giorni. Il modello adottato comporta la suddivisione dell'atmosfera in 31 strati sovrapposti, formati da più di 3 milioni di cubi di 55 km di lato, fino al raggiungimento di 30 km d'altezza. I dati iniziali, ricevuti dalle reali osservazioni atmosferiche, vengono immessi nel modello, in modo da definire con tecniche di interpolazione lo stato iniziale dell'atmosfera ai vertici di tutti i cubi. Il calcolo porta poi a definire a un tempo successivo, supponiamo di 6 ore, i nuovi valori assunti ai vertici dei cubi, valori che vengono immessi come nuovi dati iniziali per dar vita a un nuovo passo di elaborazione. Passo dopo passo si arriva alle tappe richieste, con definizione dello stato dell'atmosfera a più giorni. Non si tratta ancora, si badi bene, di una vera previsione del tempo, ma di calcoli di successivi stati dell'atmosfera. Per arrivare ai veri e propri aspetti caratteristici del tempo, quali ad esempio le piogge che cadono in un certo numero di ore oppure la nuvolosità a una certa quota o le temperature minime e massime in date località, occorrono successivi e diversi processi di post-elaborazione, che, partendo dai parametri atmosferici calcolati e tenendo conto degli scenari ambientali, nonché dei processi fisici alla base della formazione delle nubi, degli scambi di radiazione, dei moti verticali dell'atmosfera, dei passaggi di stato dell'acqua, riescano alla fine a fornire una vera e propria prognosi meteorologica. Oltre a quello di Reading, esistono nel mondo diversi altri centri di calcolo di grande potenza e capacità prognostica.

Dal 1979 al 1985, grazie all'impiego di macchine sempre più potenti e veloci (supercomputer), la capacità di gittata delle previsioni di Reading e la qualità delle stesse sono migliorate. Dalla fine degli anni '80 non sono stati registrati sensibili progressi. Questo significa un fatto molto importante, e cioè che i limiti della previsione non dipendono solo dalla capacità dei supercomputer. Certo, anche da questa. I computer più veloci attualmente impiegati calcolano al ritmo di quasi 20 gigaflop (20 miliardi di operazioni al secondo). L'obiettivo dei progettisti delle nuove generazioni di supercomputer, sulla spinta delle richieste degli studiosi dei sistemi più complessi, quali quelli impegnati nella decodificazione dei cromosomi cellulari o, appunto, nella rappresentazione quadridimensionale dei fenomeni atmosferici, è la realizzazione di macchine con velocità di un teraflop (1000 miliardi di operazioni al secondo) e l'impiego di molte macchine in grado di dividere il processo di calcolo, lavorando in parallelo e comunicando continuamente tra di loro. Ma almeno altri due fattori intervengono nella limitazione dei modelli e sono dovuti alla imperfetta determinazione dello stato iniziale dell'atmosfera e ai limiti del modello fisico-matematico che simula l'atmosfera stessa.

Limiti della prognosi numerica e possibili progressi

Gli errori del primo fattore sono di osservazione e di interpolazione. Quelli di osservazione sono strumentali, come quelli che intervengono nella misura della temperatura (vedi soprattutto i radiosondaggi, errori fino a un grado, e le letture da satellite, fino a due gradi), nella misura dell'umidità relativa (imprecisione del 10%) e della velocità del vento (qualche unità in km/h). Gli errori di interpolazione possono essere contenuti infittendo le sorgenti di osservazione. Questi problemi devono dunque essere affrontati con l'uso di una strumentazione sempre più diffusa e raffinata. Occorrono, si può dire, "occhi più numerosi e più acuti". Ma ciò non è sufficiente.

Con un articolo scientifico apparso nell'ormai lontano 1963, il meteorologo Edward Lorenz, introdusse per la prima volta la "teoria del caos". Lorenz cominciò a mettere in discussione il concetto che l'atmosfera si comporti in modo deterministico, ma affermò anzi che, essendo un sistema enormemente complesso, a prima vista non è prevedibile. Gli sviluppi degli ultimi anni della teoria del caos hanno tentato di scorgere una logica che possa legare fenomeni apparentemente irregolari, quali ad esempio il processo formativo di una nube o la scarica di un fulmine. I processi molto complessi sono tali da risentire fortemente della precisione dei dati iniziali. Due stati di partenza molto vicini tra loro possono in tempi brevi portare a due stati molto diversi tra loro, tanto che una valutazione iniziale di poco diversa dalla realtà può condurre a una valutazione prevista del tutto errata. Si può dimostrare che il tempo di raddoppio dell'errore è proporzionale al logaritmo della precisione.

Consideriamo un insieme di stati iniziali rappresentativi di condizioni dell'atmosfera di poco diverse tra loro ma tutte relative al tempo zero. Assimiliamo questi stati a una piccola nuvola di punti. Dopo un prefissato tempo t , da ciascuno di questi punti il calcolo ci porterà, a un nuovo punto rappresentativo di un nuovo stato dell'atmosfera. Poiché il sistema è caotico non tutti i nuovi punti (stati) saranno tra loro vicini, ma anzi alcuni saranno lontani (condizioni molto diverse). Se associamo il concetto di probabilità a quello di densità della nuvola di punti -cosa logica e intuitiva- potremo concludere che i nuovi stati dell'atmosfera si addenseranno intorno a certe posizioni più probabili, mentre esisteranno altri stati più isolati, poco o comunque meno probabili. Le posizioni di maggiore probabilità vengono detti "attrattori". Un esempio figurativo di uno stato attrattore di tutte le posizioni di un pendolo in libera oscillazione frenata dalla resistenza dell'aria è la posizione centrale (verticale). Altri esempi sono le pressoché infinite forme geometriche assunte dai cristalli di neve e la configurazione esagonale che costituisce l'attrattore del novero delle possibilità. Così anche gli esseri umani sono tutti diversi l'uno dall'altro ma hanno tutti dei comuni denominatori fisici, appunto i nostri attrattori genetici. Tornando al caso dell'atmosfera, possiamo artatamente perturba-

re lo stato iniziale (sommando o sottraendo piccole quantità nelle misure e simulando in questo modo la possibilità dell'errore strumentale). Il processo di calcolo fornirà nuvole di nuovi scenari ("clusters") ma quelli più vicini tra loro saranno i più probabili e tale probabilità potrà essere calcolata in base alla densità della nube. La soluzione, per concludere, non è più univoca ma è costituita da un insieme di soluzioni più o meno probabili. Si perde in nitidezza ma si guadagna in termini di probabilità. Questo tipo di previsioni si chiamano "d'insieme" oppure "ensemble forecast". Per fare un esempio, si possono rappresentare in base a questi metodi non posizioni calcolate di determinate isobare, ma fasci di isobare corrispondenti alle maggiori probabilità (gli americani chiamano queste rappresentazioni "isobare-spaghetti").

I limiti del modello matematico possono essere corretti raffinando i modelli stessi e cioè rendendoli sempre più vicini alla realtà. Impresa ardua. Problemi, ad esempio, derivano dall'orografia e dalla piccola dimensione degli ostacoli naturali opposti alle correnti aeree, con influenza sui venti, sui moti verticali e sulla struttura delle nubi. Fino a modelli che utilizzano "passi di griglia" (che sono le dimensioni delle maglie del reticolo) superiori a 10 km è possibile adottare l'ipotesi semplificativa di un'atmosfera idrostatica (variazioni della pressione dipendenti unicamente dalle variazioni di altezza). I modelli a passo di griglia inferiori a 10 km devono invece tener conto necessariamente della realtà dinamica delle nubi (accelerazioni verticali nei cumuli e nei cumulonembi, che sono le nubi temporalesche).

I modelli a scala nazionale e quelli ad area limitata

L'esigenza di adottare le previsioni numeriche di Reading, o quelle di altri grandi centri mondiali, a scenari a scala inferiore, scendendo a dimensioni nazionali o regionali, deriva dalla volontà di migliorare un prodotto di grande qualità (forse il migliore del mondo) ma necessariamente troppo poco dettagliato per soddisfare le realtà meteorologiche di aree particolari e poco estese. In Italia il primo adattamento in questo senso è stato fatto dall'Aeronautica Militare che ha rielaborato i dati previsti dal Centro europeo secondo un modello che tiene conto in misura più adeguata della complessa struttura fisica del nostro paese e dei mari che lo circondano.

È però evidente che la nostra realtà geografica, climatica, ma anche economica, organizzativa e strutturale, è così complessa e articolata da giustificare esigenze di modelli di previsione a dimensioni regionali. Sono così sorti i primi servizi meteorologici regionali e, a partire dal 1993, i primi modelli ad area limitata (LAM) in grado di elaborare previsioni fino a 48, massimo 72 ore, partendo dai dati a larghe maglie previsti da Reading. Altri centri e modelli si sono poi via via aggiunti e ancora altri si stanno aggiungendo.

Conclusioni

Di fatto, il limite temporale delle attuali previsioni meteorologiche è di una settimana al massimo. Oltre, i computer dei centri mondiali di calcolo non sanno andare, o meglio non sanno dare un prodotto di valore utilizzabile dai meteorologi e dagli altri utenti del tempo. Le esigenze di numerose attività dell'uomo, in primo piano quelle dell'agricoltura, premono d'altro canto per prognosi a più lunga gittata e sempre più circostanziate. Non mancano certo gli studi e le ricerche nei centri di indagine climatica di tutto il mondo.

Per quanto ci riguarda, è opportuno incoraggiare tutta una serie di iniziative. Si rende necessario lo studio approfondito della fisica dei fenomeni a piccola scala e ad alta energia, quali le intense cellule temporalesche, le nubi grandinogene, le trombe d'aria, fenomeni dalle caratteristiche tropicali ma che si sviluppano con una certa frequenza alle nostre latitudini e che possono arrecare danni ingenti all'agricoltura come a molte opere, beni materiali e attività dell'uomo, oltre a mettere a volte in pericolo la sua stessa vita. Occorre nello stesso tempo potenziare e coordinare tutti i mezzi di osservazione del tempo e le reti che li gestiscono. In particolare, ove non esistano grossi ostacoli orografici, possono dimostrarsi preziosi i radar, o meglio una flessibile rete di miniradar, ai fini dell'osservazione della genesi, dello sviluppo e del transito dei sistemi nuvolosi preventivamente individuati come potenzialmente "pericolosi" con tecniche di osservazione via satellite. I radar, come detto in precedenza, si dimostrano particolarmente utili per la misura delle precipitazioni. È opportuno poi investire nelle tecnologie satellitari, al fine di migliorare la precisione delle letture dallo spazio dei parametri meteorologici. I modelli di previsione numerica, tra loro integrati e comunicanti, possono ancora migliorare e offrire un contributo notevole per la parametrizzazione dell'atmosfera e per la previsione del tempo, sia con messi di dati sia con mappe a varie scadenze. Per l'Italia, auspicata la nascita e lo sviluppo di servizi meteorologici regionali su tutto il territorio, sarà conveniente convogliare le energie in un progetto unico che coordini senza sprechi di energie o vuoti indesiderati queste e altre strutture -siano esse territoriali, nazionali o internazionali, siano pubbliche o private, già esistenti o di prevista realizzazione- nonché coinvolga la comunità scientifica in studi approfonditi dell'atmosfera, del territorio e delle risorse idriche.